



ประสิทธิผลในการใช้ผนังช่องเกล็ด และช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ  
กรณีศึกษา : ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์

โดย  
นายศรีเดช ใจสูง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
ภาควิชาสถาปัตยกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2552  
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประสิทธิผลในการใช้ผนังช่องเกล็ด และช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ

กรณีศึกษา : ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์

โดย

นายตรีเดช ใจสูง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**THE EFFICIENCY OF LOUVERED - WALL AND OPENINGS FOR VENTILATION  
CASE STUDY : VEHICLE MAINTENANCE CENTER**

**By  
Sridet Jaisung**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree**

**MASTER OF ARCHITECTURE**

**Department of Architecture**

**Graduate School**

**SILPAKORN UNIVERSITY**

**2009**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ ประสิทธิผลในการใช้  
ผนังช่องเกล็ด และช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ กรณีศึกษา : ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ” เสนอโดย  
นายศรีเดช ใจสูง เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตั้งกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์มาลินี ศรีสุวรรณ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถนัย เศรษฐบุตร )

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนนทวิ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช)

...../...../.....

48054213 : สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คำสำคัญ : ผนังเคลื่อน, ช่องเปิด, การระบายอากาศ

ศรีเดช ใจสูง : ประสิทธิภาพในการใช้ผนังช่องเคลื่อน และช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ  
กรณีศึกษา : ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์, อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช.  
122 หน้า.

การใช้กระแสลมจากธรรมชาติ สามารถเป็นเครื่องมือในการปรับสภาพอากาศ และสามารถปรับความเย็นในอาคาร เป็นวิธีการแบบ Passive Cooling โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาคารประเภทอุตสาหกรรมในสายการผลิตมีการบริโภคพลังงานเป็นอย่างมาก และก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อม การนำกระแสลมมาปรับใช้ต่ออาคารประเภทนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้วยการระบายอากาศ และลดการใช้พลังงานภายในอาคาร

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลการใช้กระแสลมจากธรรมชาติ ต่อผนังเคลื่อนทั้งหมด 5 แบบ และช่องเปิดของอาคาร โดยเลือกอาคารอุตสาหกรรมประเภทศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งอาคารประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะติดตั้งผนังเคลื่อนเพื่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติ แนวทางในการศึกษาจึงได้ทำการสำรวจจากอาคารจริง และศึกษาในห้องทดลองโดยใช้โต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) รวมทั้งการจำลองพฤติกรรมของอาคารกับสภาพอากาศโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ด้านพลศาสตร์ของไหล Computational Fluid Dynamics (CFD) ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Flovent7.2 ในการจำลองลักษณะของกระแสลมที่กระทำต่ออาคารกรณีศึกษา ผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้ ในกรณีเปิดช่องเปิดชั้นล่างของอาคาร ผนังเคลื่อนขนาดใหญ่ (ผนังเคลื่อนแบบที่ 1) มีประสิทธิภาพของความเร็วลมดีที่สุด แต่ในทางกลับกัน ผนังเคลื่อนขนาดเล็ก (ผนังเคลื่อนแบบที่ 5) จะมีประสิทธิภาพของความเร็วลมดีกว่าผนังเคลื่อนประเภทอื่นที่นำมาจำลอง ต่อเมื่อผนังอาคารชั้นล่างปิดสนิทแล้ว ทั้งนี้เป็นการเกิดปรากฏการณ์ของทั้ง turbulent และปรากฏการณ์ air curtain หรือม่านอากาศในกรณีผนังเคลื่อนแบบที่ 5 ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้ จึงได้ทำการจำลองผนังเคลื่อนแบบที่ 5 อีกครั้ง โดยใช้การติดตั้งกันสาดทั้งด้านผนังลมเข้าและด้านผนังลมออก ผลที่ได้ใหม่นี้แสดงถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศ ซึ่งกันสาดที่ติดตั้งนั้นสามารถเพิ่มความเร็วกระแสลมภายในอาคาร และลดการเกิด air curtain ทั้งยังได้ผลที่สัมพันธ์ต่อการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศ (air change rate) ภายในอาคาร.

---

ภาควิชาสถาปัตยกรรม   บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

48054213 : MAJOR : ARCHITECTURE

KEY WORD : LOUVERED-WALL, OPENINGS WALL, VENTILATION

SRIDET JAISUNG : THE EFFICIENCY OF LOUVERED - WALL AND OPENINGS FOR VENTILATION CASE STUDY : VEHICLE MAINTENANCE CENTER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KITCHAI JITKHAJORNWANICH, Ph.D. 122pp.

Natural ventilation is a method of passive cooling to applying in building for both reducing energy consumption and providing comfort. It will be a better situation if it is possible to apply natural wind in industrial building which normally consume a lot of energy and product plenty side effects to environment. This thesis aims to achieve the above mention situation : cooling down the temperature and reducing energy consumption.

Case study of vehicle maintenance center in Chiang Mai has been studied in the effect of natural ventilation. There are five typed of louvered and open/close window below. The mean to study is to measure of environmental parameter at the building site and to experiment in the laboratory, Firstly the simulation Flow Visualization Apparatus, Then the program Flovent 7.2 Computational Fluid Dynamics.(CFD) The result show that when opening the window below the first type of Louvered works best whereas closing the window, the fifth type does. It is due to the effect of turbulent in the former and of air certain in the later. To improve a better result, extra simulation has been processed by installing overhang between louver and window on both side of the inward and outward air. The new result now is in a good relationship with the calculation.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิจชัย จิตขจรวานิช ที่ชี้แนะแนวทางในการศึกษา รวมทั้งรองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ ได้ให้ความรู้ แนะนำต่อการจำลองด้วยโต๊ะน้ำ และเป็นประธานกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธุดา พุฒิไพโรจน์ ซึ่งช่วยชี้แนะหัวข้อวิจัยนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐบุตร ได้ให้แนวทางต่อผลการศึกษาค้นคว้าด้วยคอมพิวเตอร์ CFD ทั้งยังเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญามัทธนาภิกรรมกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วย

นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ทำให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการศึกษาจนเป็นผลให้สำเร็จได้ด้วยดี คือ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ และนักศึกษาคณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ช่วยให้คำแนะนำด้านพลศาสตร์ของไหล

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ช่วยเหลือในเรื่องสถานที่ ที่ใช้ในการศึกษาโต๊ะน้ำ และคอมพิวเตอร์ CFD

ขอขอบพระคุณ คุณกชกร สุวรรณะบุญย์ สถาปนิกบริษัท ซีวิลดีไซน์ แอนด์ อาร์ช จำกัด ที่ช่วยแนะนำอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงในกรุงเทพฯ และปริมณฑล

ขอขอบคุณ คุณวสันต์ โรตินิกุล ผู้จัดการศูนย์ฮอนด้า สาขาสี่แยกสนามบิน จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่อการสำรวจอาคารกรณีศึกษา

ขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ กิติโรจน์พันธ์ ที่ได้แนะนำเพิ่มเติมวิธีการจำลองคอมพิวเตอร์ CFD ด้วยโปรแกรม Flovent7.2

ขอขอบใจ เพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากขึ้น โดยเฉพาะคุณสุกรี เส้นคงและคุณวุฒิพงศ์ แสนบุคคา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องสาว และคุณเกศินี ที่ช่วยเหลือคอยให้กำลังใจในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ระเบียบวิธีการศึกษา.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	5
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
รูปแบบการไหลของกระแสลม .....	6
การวิเคราะห์ทางมิติ (Dimensional Analysis) .....	7
ม่านอากาศ (Air Curtain).....	7
ภูมิประเทศและภูมิอากาศ.....	8
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลมกับสถาปัตยกรรม .....	11
รูปแบบการไหลผ่านของกระแสลมภายในอาคาร .....	12
การไหลของกระแสลมกับการจัดแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร .....	13
อาคารอุตสาหกรรม .....	15
ชนิดของอาคาร .....	17
โครงสร้างอาคาร .....	18
รูปร่างอาคาร.....	18
หน้าต่าง .....	19
หลังคาและเพดาน.....	19
การระบายอากาศและหลักการระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม.....	20

บทที่	หน้า
ขั้นตอนและวิธีการทดลอง .....	21
3  วิธีดำเนินการศึกษา.....	24
การสำรวจอาคารการศึกษา.....	25
การวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา.....	29
รายละเอียดจากการสำรวจอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา .....	34
ด้านสถาปัตยกรรม.....	34
ด้านสภาพภูมิอากาศ .....	37
ชนิดของเกล็ดที่ใช้ในการศึกษา.....	43
การจำลองอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา.....	46
การจำลองอาคารโดยโต๊ะน้ำ.....	46
ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณ	
พลศาสตร์ของไหล.....	51
การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (CFD).....	52
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	55
รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูล.....	57
4  ผลของกรณีศึกษา .....	58
การจำลองด้วยโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus).....	58
การจำลองด้วยโปรแกรม (CFD) ในอาคารกรณีศึกษา .....	66
การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม (CFD).....	81
ผลการไหลของกระแสลมในการจำลอง.....	81
การเปรียบเทียบทิศทาง และความเร็วของกระแสลมภายในอาคาร .....	83
สรุปผลการศึกษาการจำลองตามเงื่อนไขโดยโปรแกรม (CFD) .....	85
เปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร โดยการคำนวณ .....	88
5  การปรับปรุงผลการจำลอง.....	91
การจำลองเพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา .....	92
การจำลองที่เพิ่มกันสาด 1.50 เมตร.....	92
การจำลองที่เพิ่มกันสาด 3.50 เมตร.....	95
การจำลองเพื่อปรับปรุงความเร็วของกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา .....	98
การจำลองที่เพิ่มกันสาด 1.50 เมตร ผนังด้านกระแสลมออก.....	98

บทที่	หน้า
การจำลองที่เพิ่มกันสาด 1.50 เมตร ทั้งผนัง 2 ด้าน .....	103
การปรับปรุงโดยการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร .....	109
6  สรุปผลการศึกษา.....	110
ภูมิประเทศและภูมิอากาศ.....	110
ประเภทอาคารและอาคารกรณีศึกษา .....	110
ผนังเกล็ดสำหรับอาคารอุตสาหกรรม.....	111
การจำลองอาคารกรณีศึกษา.....	111
การคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร .....	112
ประสิทธิภาพของผนังเกล็ด .....	113
การปรับปรุงประสิทธิภาพของผนังเกล็ด .....	113
บรรณานุกรม .....	114
ภาคผนวก .....	116
ภาคผนวก ก.....	117
ภาคผนวก ข.....	121
ประวัติผู้วิจัย .....	122

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่าง ๆ .....	23
2	การสำรวจอาคารศูนย์บริการยานยนต์เพื่อคัดเลือกเป็นอาคารกรณีศึกษา .....	25
3	เกณฑ์การคัดเลือกเพื่อใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา .....	30
4	การหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ภายในรอบ 10 ปี .....	31
5	การหาค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ภายในรอบ 10 ปี .....	32
6	การหาค่าเฉลี่ยกระแสลมของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ภายในรอบ 10 ปี .....	33
7	รายละเอียดของเกสต์แต่ละชนิด .....	43
8	รายละเอียดในการจำลองรูปตัดโดยโต๊ะน้ำ .....	47
9	อัตราการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 .....	121

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะและคุณสมบัติของม่านอากาศ .....	7
2	แผนที่อำเภอต่างๆในจังหวัดเชียงใหม่และแนวเขตติดต่อโดยรอบ .....	10
3	รูปตัดแสดงความกดของอากาศกับอาคาร .....	12
4	ความเร็วลมเพิ่มขึ้นเมื่อช่องเปิดทางเข้าเล็กกว่าช่องเปิดทางออก .....	12
5	ส่วนประกอบ เช่น ชายคawang ในลักษณะต่างกัน ทำให้แนวการไหล ของอากาศต่างกัน .....	13
6	ช่องเปิดทางออกของอากาศ วางในตำแหน่งต่างกัน ทำให้แนวการไหล ของอากาศต่างกัน .....	13
7	การใช้ชายคา และบานเกล็ด ทำให้เกิดแนวการไหลของอากาศ.....	14
8	อาคารโรงงานในรูปร่างแบบต่าง ๆ .....	18
9	ตัวอย่างโครงสร้างหลังคาอาคารโรงงาน .....	19
10	ภาพถ่ายดาวเทียม ของอาคารศูนย์ฮอนด้า สาขาสี่แยกสนามบิน จังหวัดเชียงใหม่ ..	29
11	แปลนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษา.....	35
12	แปลนชั้นสองของอาคารกรณีศึกษา .....	35
13	แปลนชั้นหลังคาของอาคารกรณีศึกษา .....	36
14	บริเวณทางเข้าด้านหน้าอาคาร .....	37
15	การแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน เพื่อสำรวจภายในอาคารกรณีศึกษา .....	38
16	พื้นที่ส่วนที่ 1 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 5 จุด .....	39
17	พื้นที่ส่วนที่ 2 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 5 จุด .....	39
18	พื้นที่ส่วนที่ 3 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 5 จุด .....	39
19	พื้นที่ส่วนที่ 4 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 5 จุด .....	39
20	อาคารที่ใช้จำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD .....	52
21	การกำหนดตำแหน่ง เพื่อการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ 2 ของอาคาร.....	53
22	รูปตัดแนวยาว การกำหนดตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ .....	53
23	รูปตัดแนวขวาง การกำหนดตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ .....	54
24	การใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศในอาคารกรณีศึกษา .....	55
25	การจำลองปรากฏการณ์ (simulation) โดยโต๊ะน้ำ .....	56
26	การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 1 .....	58

ภาพที่	หน้า
27 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 2 .....	59
28 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 3 .....	59
29 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 4 .....	60
30 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 5 .....	60
31 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของฝั่งบริเวณ .....	61
32 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของอาคาร ในรูปแบบผนังชั้นล่าง .....	62
33 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของอาคารในรูปแบบผนังชั้นบน .....	62
34 แบบแปลนแสดงแนวรูปตัดสำหรับจำลองด้วยโต๊ะน้ำ .....	63
35 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 3 ในรูปตัดส่วนที่ 1 .....	63
36 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 3 ในรูปตัดส่วนที่ 2 .....	64
37 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 3 ในรูปตัดส่วนที่ 3 .....	64
38 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 3 ในรูปตัดส่วนที่ 4 .....	65
39 การจำลองลักษณะรูปร่างของอาคารกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม (CFD).....	66
40 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษากับการกำหนดโดเมนเพื่อการวิเคราะห์ .....	67
41 แสดงเงื่อนไขในการแบ่งโดเมนของการไหลที่สร้างขึ้นออกเป็นตาราง (mesh) ย่อย .....	68
42 แสดงผลลัพธ์จากการเพิ่มความถี่ของตาราง (mesh) ในตัวอาคารที่ทำการศึกษา...	68
43 การกำหนดเงื่อนไขในการจำลอง .....	69
44 เปิดช่องผนังชั้นล่างให้โล่ง .....	70
45 การเปิดช่องผนังชั้นล่าง 2.00 เมตร .....	70
46 การปิดช่องผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร .....	71
47 การปิดช่องผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร .....	71
48 การปิดช่องผนังชั้นล่าง .....	72
49 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง) .....	72
50 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง) .....	73
51 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง) .....	73

ภาพที่	หน้า	
52	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง).....	73
53	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง).....	74
54	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร)....	74
55	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร)....	74
56	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร)....	75
57	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร)....	75
58	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร)....	75
59	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1 เมตร) ....	76
60	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1 เมตร) ....	76
61	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1 เมตร) ....	76
62	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1 เมตร) ....	77
63	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1 เมตร) ....	77
64	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร) ....	77
65	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร) ....	78
66	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร) ....	78
67	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร) ....	78
68	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร) ....	79
69	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่าง) .....	79
70	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่าง) .....	79
71	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่าง) .....	80
72	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่าง) .....	80
73	ลักษณะของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่าง) .....	80
74	การแตกตัวของ Streamline ที่เรียกว่า Separation .....	81
75	การเกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศ .....	82
76	ตำแหน่งการจำลองกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา .....	83
77	ตำแหน่งการหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบกันค่าที่ได้จากการคำนวณ การเปลี่ยนถ่ายอากาศของผนังเกล็ดแบบที่ 2 กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่าง ..	89

ภาพที่	หน้า
78 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรในด้านกระแสดมเข้า .....	92
79 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรในด้านกระแสดมออก .....	92
80 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน .....	93
81 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตรในด้านกระแสดมเข้า .....	95
82 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตรในด้านกระแสดมออก .....	95
83 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน .....	96
84 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้าน กระแสดมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง .....	98
85 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้าน กระแสดมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่างสูง 2 เมตร .....	98
86 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้าน กระแสดมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่าง 1 เมตร .....	99
87 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้าน กระแสดมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่าง 2 เมตร .....	99
88 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้าน กระแสดมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่าง .....	100
89 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน พร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง .....	103
90 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน พร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นสูง 2 เมตร .....	103
91 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน พร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่าง 1 เมตร .....	104
92 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน พร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่าง 2 เมตร .....	104
93 ลักษณะกระแสดมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้าน พร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่าง .....	105
94 ลักษณะและทิศทางของกระแสดม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง) .....	117

ภาพที่	หน้า
95	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง)..... 118
96	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง)..... 118
97	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง)..... 118
98	ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง)..... 119

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	อุณหภูมิราย 3 ชั่วโมงภายในรอบ 1 วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี ...	31
2	ความชื้นสัมพัทธ์ราย 3 ชั่วโมง ภายในรอบ 1 วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี.....	32
3	ความเร็วลมราย 3 ชั่วโมง ภายในรอบ 1 วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี.....	33
4	แสดงสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยในส่วนซ่อมบำรุง .....	34
5	อัตราส่วนกรอบผนังภายนอกส่วนอาคารซ่อมบำรุง .....	36
6	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทั้ง 4 ส่วน .....	40
7	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในอาคารทั้ง 4 ส่วน .....	41
8	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารทั้ง 4 ส่วน .....	42
9	ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างทางเข้าและทางออก ในกรณีเปิดผนังชั้นล่าง .....	84
10	ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างทางเข้าและทางออก ในกรณีปิดผนังชั้นล่าง .....	84
11	ความเร็วของกระแสลมที่ผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ (แสดงแบบแผนภูมิแท่ง) .....	86
12	ความเร็วของกระแสลมที่ผ่านช่องเปิดและผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ (แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น) .....	87
13	การคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ .....	90
14	เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารกรณีที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร ...	94
15	เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารกรณีที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร ...	97
16	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1. ถึง 5. และ เมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก (แสดงแบบแผนภูมิแท่ง) .....	101
17	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1. ถึง 5. และ เมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก (แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น) .....	102
18	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1. ถึง 5. และ เมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน (แสดงแบบแผนภูมิแท่ง) .....	106

แผนภูมิที่		หน้า
19	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1. ถึง 5. และ เมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน (แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น) .....	107
20	เปรียบเทียบความเร็วกระแสลม ระหว่างก่อนการติดตั้งกันสาด ติดตั้งกันสาดบนผนังด้านลมออกและบนผนังทั้ง 2 ด้าน .....	108
21	เปรียบเทียบผลจากการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร .....	109
22	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเมื่อผ่านช่องเปิดที่ต่างกัน .....	120

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษานี้ได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ในด้านการบริโภคพลังงานที่ส่งผลร้ายต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นพลังงานทางเลือก หรือพลังงานบริสุทธิ์ จึงเป็นทางเลือกที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถลดภาวะโลกร้อน โดยเป็นมิตรต่อธรรมชาติ รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัจจุบัน กิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากเป็นอันดับต้นๆ คือกิจกรรมประเภทอุตสาหกรรม กิจกรรมประเภทนี้จำเป็นต้องใช้พลังงานในการผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นอาคารของภาคอุตสาหกรรมจึงเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อลดการก่อกมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง การนำพลังงานบริสุทธิ์เข้ามาปรับใช้ต่ออาคารซึ่งสามารถสร้างสภาพภายในอาคารให้น่าอยู่อาศัย ลดความร้อน และลดมลพิษทางอากาศต่อตัวอาคาร โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานที่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อม

ฉะนั้นอาคารประเภทอุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องใช้พลังงานอย่างมาก สมควรที่จะต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม การปรับใช้อาคารโดยอาศัยกระแสลมซึ่งผลจากการปรับใช้กระแสลมต่ออาคารจึงทำให้เกิดรูปแบบเฉพาะทางสถาปัตยกรรม (สมสิทธิ์ นิตยะ 2536 : 37) วิธีการใช้กระแสลมในการระบายอากาศสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวางตำแหน่งอาคารหรือการใช้วัสดุ ที่ส่งเสริมการลดการใช้พลังงานในอาคาร ผนังเกล็ดเป็นส่วนประกอบของผนังอาคารที่ต้องการกระแสลมจากธรรมชาติเพื่อการระบายอากาศภายในอาคาร และผนังเกล็ดเป็นที่รู้จักจึงนิยมใช้ ในอาคารประเภทอุตสาหกรรม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาอาคารอุตสาหกรรมประเภทศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ซึ่งกิจกรรมประเภทนี้ต้องการประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่เกิดจากการซ่อมบำรุงและควั่นเสี้ยนจากรถยนต์ รวมถึงกลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากการทำสีรถยนต์

การประยุกต์ใช้อาคารต่อกระแสลม โดยใช้ผนังเกล็ด และช่องเปิดของอาคาร เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดความร้อนภายในอาคาร และช่วยเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร ซึ่งควรที่จะสอดคล้องต่อการวางตำแหน่งของอาคาร จึงต้องคำนึงถึงการเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทาง

กระแสลมเข้าและกระแสลมออก (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 212) ยังผลต่อการช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการลด การเกิดมลพิษทางอากาศ ลดความร้อนสะสมจากกิจกรรมภายในอาคาร รวมถึงการลดความร้อนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ส่งผลที่ดีต่อผู้ใช้อาคาร และสามารถลดการใช้พลังงานภายในอาคารได้ดีพอสมควร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อบริเวณข้างเคียง

## 2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ในอาคารประเภทอุตสาหกรรมที่มีส่วนประกอบของช่องเปิด และผนังเคลื่อนเป็นสำคัญ

2.2 เพื่อหาแนวทาง ในการปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของผนังเคลื่อนทั้ง 5 แบบ ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งสัมพันธ์ต่อช่องเปิดอาคาร

## 3 ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ศึกษารูปแบบอาคารอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอาคารประเภทศูนย์ซ่อมบำรุง ยานยนต์ ซึ่งมีส่วนประกอบของผนังเคลื่อน และช่องเปิดผนังอาคาร เพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

3.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ทั้งทางด้านข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม จากกรมอุตุนิยมวิทยาสถานีเชียงใหม่

3.3 ศึกษาตัวอย่างอาคารกรณีศึกษา ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งองค์ประกอบทางกายภาพอาคารนี้ ได้ใช้การระบายอากาศโดยธรรมชาติ จากช่องเปิดผนังอาคารควบคู่ไปกับผนังเคลื่อน

3.4 เนื่องจากรูปแบบการปฏิบัติงาน ของพนักงานแต่ละแผนก จึงทำให้การสำรวจอาคารกรณีศึกษาต้องปรับไปตามสภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

3.5 ศึกษาการไหลของกระแสลมแบบพัดผ่านตลอด (cross ventilation) โดยเน้นที่ผนังเคลื่อนทั้ง 5 แบบ ช่องเปิดอาคาร ซึ่งการจำลองประกอบด้วยโต๊ะน้ำ

(Flow Visualization Apparatus) และคอมพิวเตอร์ด้านพลศาสตร์ของไหล Computational Fluid Dynamics (CFD) โปรแกรม Flovent 7.2

3.6 ปรับปรุงประสิทธิภาพการระบายอากาศโดยเปรียบเทียบกับการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ

#### 4 ระเบียบวิธีการศึกษา

ระเบียบในการศึกษานี้ ได้ใช้อาคารเป็นเครื่องมือในการจำลองสภาพอากาศภายใน โดยมีผนังเคลื่อนที่และช่องเปิดผนังอาคารเป็นตัวแปรสำคัญในการหาประสิทธิภาพของการระบายอากาศ ดังนั้นเพื่อให้แนวทางการศึกษานี้จึงได้กำหนดวิธีการศึกษาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.1 การศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระแสลม ที่มีผลต่อรูปแบบทางสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมประเภทอาคารอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนมากจะมีปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในด้านพลังงาน รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปัจจัยของปัญหาเหล่านี้ค่อนข้างที่จะชัดเจน จึงได้นำมาสู่กระบวนการวิเคราะห์เบื้องต้น รวมถึงวิธีการลดการใช้พลังงานในอาคารประเภทอุตสาหกรรม และได้ทำการศึกษาสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ตั้งอาคารกรณีศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ของสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาสถาณเชียงใหม่

##### 4.2 การศึกษาในอาคารกรณีศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น จากงานวิจัย เอกสารทางวิชาการ และการศึกษาต่ออาคารจริง ย่อมส่งผลต่อความชัดเจนในการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และเปรียบเทียบในการจำลองอาคาร ซึ่งในการศึกษานี้จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติของอาคารที่จะทำการศึกษา ในกรณีนี้ได้กำหนดอาคารประเภทอุตสาหกรรมชนิดศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ซึ่งได้ทำการศึกษา สภาพอากาศ รูปแบบช่องเปิด และผนังเคลื่อนที่

#### 4.3 การจำลองอาคารกรณีศึกษาเพื่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

การศึกษาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติในอาคารประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งมีปริมาณพื้นที่ และกิจกรรมภายในอาคารต่างจากอาคารประเภทอื่น ดังนั้นผนังเคลื่อนที่ถูกรอกแบบมา เพื่ออาคารประเภทอุตสาหกรรมและช่องเปิดผนังอาคาร จึงมีส่วนสำคัญในการระบายอากาศ การศึกษานี้มีวิธีการเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศ และได้กำหนดการจำลองอาคารออกเป็น 2 ประเภท เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ดังนี้

##### 1 การจำลองอาคารกรณีศึกษาแบบของไหลโดยโต๊ะน้ำ

การจำลอง โต๊ะน้ำต่ออาคารกรณีศึกษาโดยใช้ช่องเปิดผนังอาคารแต่ละแบบ ต่อผนังเคลื่อนที่ทั้ง 5 แบบ ซึ่งเป็นการจำลองเพื่อหารูปแบบ และทิศทางการไหลของของไหลผ่านหุ่นจำลอง เนื่องจากการจำลองด้วยโต๊ะน้ำนั้นมีความง่ายใช้เวลาสั้น และไม่ต้องใช้ความรู้มาก ผลที่ได้ขึ้นอยู่กับรูปเคลื่อนที่ของของไหล ที่กระทำต่อหุ่นจำลองแบบสองมิติ

##### 2 การจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (CFD) ที่เรียกว่า Flovent7.2

การจำลองนี้ เป็นการหาค่าความเร็ว และรูปแบบของกระแสลมที่กระทำต่ออาคารกรณีศึกษา ตามเงื่อนไขในแต่ละแบบ ได้แสดงถึงประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยมีการกำหนดขั้นตอนในการจำลองดังนี้

1 ศึกษาข้อมูล เพื่อจำลองรูปแบบทางกายภาพของอาคารที่ทำการสำรวจโดยเฉพาะช่องระบายอากาศที่มีผลต่อความเร็วกระแสลมภายในอาคาร

2 กำหนดรูปแบบของการจำลองเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศต่อช่องเปิดในอาคารแต่ละแบบที่สัมพันธ์ต่อผนังเคลื่อนที่ทั้ง 5 แบบ

3 ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อการจำลองอาคารเพื่อหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

4 รวบรวมผลที่ได้จากการจำลอง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลจากการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ

## 5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทำให้ทราบถึงวิธีการ และแนวทางกำหนดช่องเปิดของอาคาร ต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบที่ใช้ในอาคารประเภทอุตสาหกรรม

6.2 ทำให้ทราบถึงสาเหตุ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของรูปแบบ ทิศทาง และความเร็ว กระแสลมภายในอาคารกรณีศึกษา

6.3 เพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการกำหนดประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายใน อาคาร แต่ละประเภทที่มีเงื่อนไขใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษานี้ โดยเฉพาะอาคารประเภท อุตสาหกรรม ซึ่งมีความต้องการในด้านการระบายอากาศที่แตกต่างกัน

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้ได้กล่าวถึงบทความทางวิชาการ และผลงานวิจัยเกี่ยวเนื่องต่อเนื้อหาที่ทำการศึกษาโดยตั้งประเด็นให้สอดคล้อง และเกี่ยวพันกับบทความ ดังเช่นข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ทฤษฎีด้านพลศาสตร์ของไหล ประเภทอาคารที่ทำการศึกษารวมถึงแนวทางการนำเอาหลักการของการระบายอากาศ ผสมกับการจำลองด้วยเครื่องมือที่น่าเชื่อถือ ทั้งหมดดังกล่าวนี้เป็นวิธีการ ซึ่งนำไปสู่ผลลัพธ์ในกระบวนการศึกษานี้ และได้จำแนกข้อมูลดังนี้

#### 1 รูปแบบการไหลของกระแสลม

รูปแบบการไหลของกระแสลมมีอยู่ 2 แบบได้แก่ การไหลแบบ Laminar\* และแบบ Turbulent\*\* สำหรับการไหลแบบ Laminar นั้น จะมีลักษณะเป็นการไหลของชั้นบางๆ (Layer) ที่ชิดติดกัน ถึงแม้จะมีความเร็วต่างกันเพราะเกิดมี Viscous frictional force\*\*\* ก็ตาม ต่างก็จะไหลอยู่ในชั้นของตัวเอง ไม่มีการไหลเข้าไปผสมในชั้นอื่น ๆ ส่วนการไหลแบบ Turbulent จะเป็นการไหลซึ่งอนุภาคเคลื่อนที่อลวนไหลในทิศทางต่าง ๆ กัน โดยอาจจะกระโดดไปไหลในชั้นอื่น ๆ กลับไปกลับมา การเคลื่อนที่แบบ Turbulent จึงเป็นการเคลื่อนที่ของ mean motion ของของไหล ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงการไหลแบบ Laminar จะกลายเป็น Separated+ แต่การไหลแบบ Turbulent จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของวัตถุที่กีดขวาง หรือ

---

\* การไหลของอากาศที่มีลักษณะการไหลเป็นชั้นบางๆชิดติดกันและมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

\*\* การไหลของของไหลหรืออากาศที่มีลักษณะการไหลแบบอลวน ข้ามกระโดดไปชั้นอื่นแต่มีการไหลไปในทิศทางเดียวกัน

\*\*\* แรงที่เกิดจากความหนืดของของไหล หรืออากาศ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ

+ การแยกของของไหลในแต่ละชั้นซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่นชั้นที่ชิดผิววัตถุจะมีแรงเสียดทานสูง

ความเร็วลมที่ไหลในขณะนั้น บ่อยครั้งที่การไหลแบบ Turbulent จะก่อให้เกิดลมหมุนหรือ eddy ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของทิศทางการไหลและการมองเห็นสภาพการไหลแบบนี้ได้ จำเป็นจะต้องอาศัยการจำลองในอุโมงค์ลม (wind-tunnel) หรือการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computation fluid dynamics) (อรรถจน์ เศรษฐบุตร 2547)

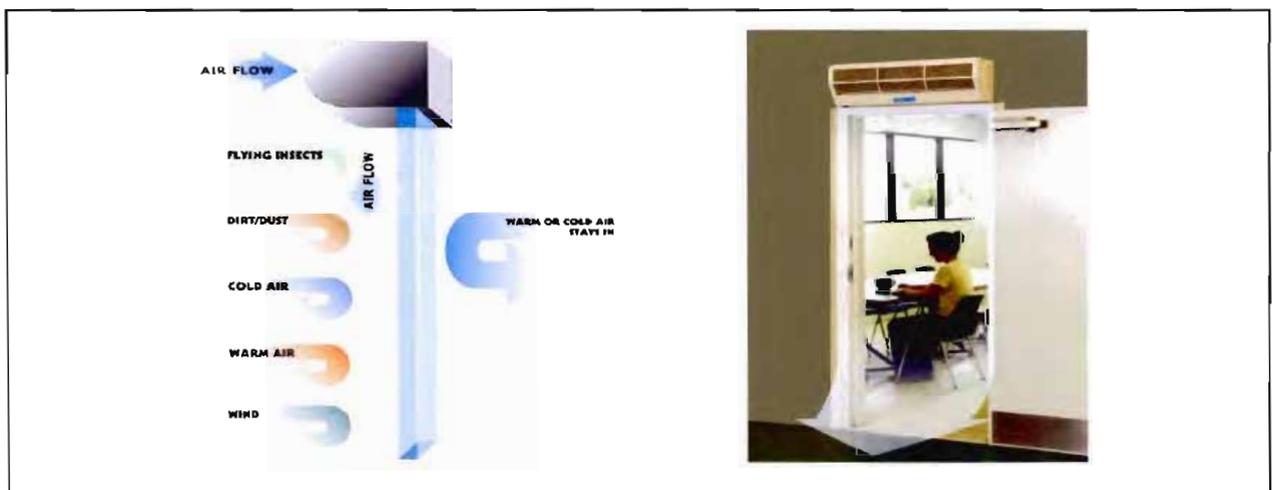
### การวิเคราะห์ทางมิติ (Dimensional Analysis)

ทฤษฎีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับของมิติ (Theory of Dimensional Homogeneity) ในวิชากลศาสตร์ของไหลได้อธิบายว่า ตัวแปรตัวหนึ่งจะสามารถแสดงคุณสมบัติได้เมื่อเกิดความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นอีกหลายๆ ตัวที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการทำความเข้าใจในการวิเคราะห์ทางมิติจึงมีประโยชน์มาก เมื่อต้องนำมาใช้กับการวิเคราะห์ผลของการทดลองต่างๆ

ในกรณีนี้การเกิดขึ้นของจุดที่เรียกว่า eddy ไม่ได้เกิดที่จุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นใหม่เป็นห้วงๆ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าความถี่ (frequency) ของการเกิด eddy จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น ขนาดของวัตถุที่ถูกกระทำ ความเร็วของของไหล เป็นต้น (สัมพันธ์ ไชยเทพ 2549 : 111-112)

### ม่านอากาศ (Air Curtain)

ม่านอากาศคือกระแสลมที่มีความเร็วมากกว่า และมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของลมโดยปกติ การทำให้เกิดม่านอากาศโดยเครื่องกลนั้น จะเห็นได้ทั่วไปตามทางเข้าห้างสรรพสินค้ามีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันอากาศจากภายนอก และแมลงเข้ามายังภายในอาคาร



ภาพที่ 1 ลักษณะและคุณสมบัติของม่านอากาศ

ที่มา : IMTS2010, [Air Curtain provides climate control/blocks contaminants](http://news.thomasnet.com/fullstory/531637)

[Online], accessed 18 February 2010 Available from <http://news.thomasnet.com/fullstory/531637>

## 2 ภูมิประเทศและภูมิอากาศ

การแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกหรือภาคตะวันออกเฉียงใต้ และภาคใต้ ภูมิภาคเหล่านี้จะมีองค์ประกอบทางกายภาพ และทางด้านวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ให้ความสนใจพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งประกอบไปด้วยทิวเขาสลับกับหุบเขา โดยที่บริเวณกันหุบเขา มักจะมีที่ราบขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้างปรากฏอยู่ ทิวเขาส่วนใหญ่เรียงขนานกัน ในทิศทางเหนือ-ใต้ ที่ราบกันหุบเขาจึงมีลักษณะแคบและยาวในแนวเหนือ-ใต้ เช่นเดียวกัน แม่น้ำสายสำคัญ ซึ่งไหลอยู่กันหุบเขาจึงมักมีทิศทางในแนวเหนือ-ใต้ด้วย ทิวเขาที่สำคัญ ได้แก่ ทิวเขาแดนลาว ทิวเขาถนนธงชัย ทิวเขาผีปันน้ำ และทิวเขาหลวงพระบาง ส่วนที่ราบลุ่มแม่น้ำที่สำคัญ ได้แก่ ที่ราบลุ่มแม่น้ำปิง วัง ยม น่าน ปาย ยวม เมย ผ่าง กก ลาว และอิง พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือเป็นภูเขา พื้นที่ราบมีเพียงประมาณ ¼ ของพื้นที่ทั้งหมด (นวลศิริ วงศ์ทางสวัสดิ์ 2534 : 1-13)

ภาคเหนือประกอบด้วย 9 จังหวัด คือ เชียงราย เชียงใหม่ น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน และอุตรดิตถ์ การจัดพื้นที่อันประกอบด้วย 9 จังหวัดดังกล่าวนี้เข้าเป็นหนึ่งภูมิภาค ก็ด้วยเหตุผลที่มีลักษณะภูมิศาสตร์ทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านวัฒนธรรมใกล้เคียงกันและอาคารในกรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้มีที่ตั้งอยู่ที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,027 ฟุต (310 เมตร) ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 17-21 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 98-99 องศาตะวันออก โดยมีส่วนกว้างที่สุดจากทิศตะวันออกถึงตะวันตก กว้างประมาณ 138 กิโลเมตร และส่วนยาวที่สุด คือจากทิศเหนือถึงทิศใต้ ยาวประมาณ 320 กิโลเมตร และเป็นจังหวัดที่อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ไปทางทิศเหนือประมาณ 750 กิโลเมตร โดยทางรถไฟ และประมาณ 720 กิโลเมตร โดยทางรถยนต์

จังหวัดเชียงใหม่ มีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดประเทศเมียนมา (สาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า) ซึ่งมีพรมแดนยาวประมาณ 227 กิโลเมตร

ทิศใต้ ติดจังหวัดลำพูน และจังหวัดตาก

ทิศตะวันออก ติดจังหวัดเชียงราย และจังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน

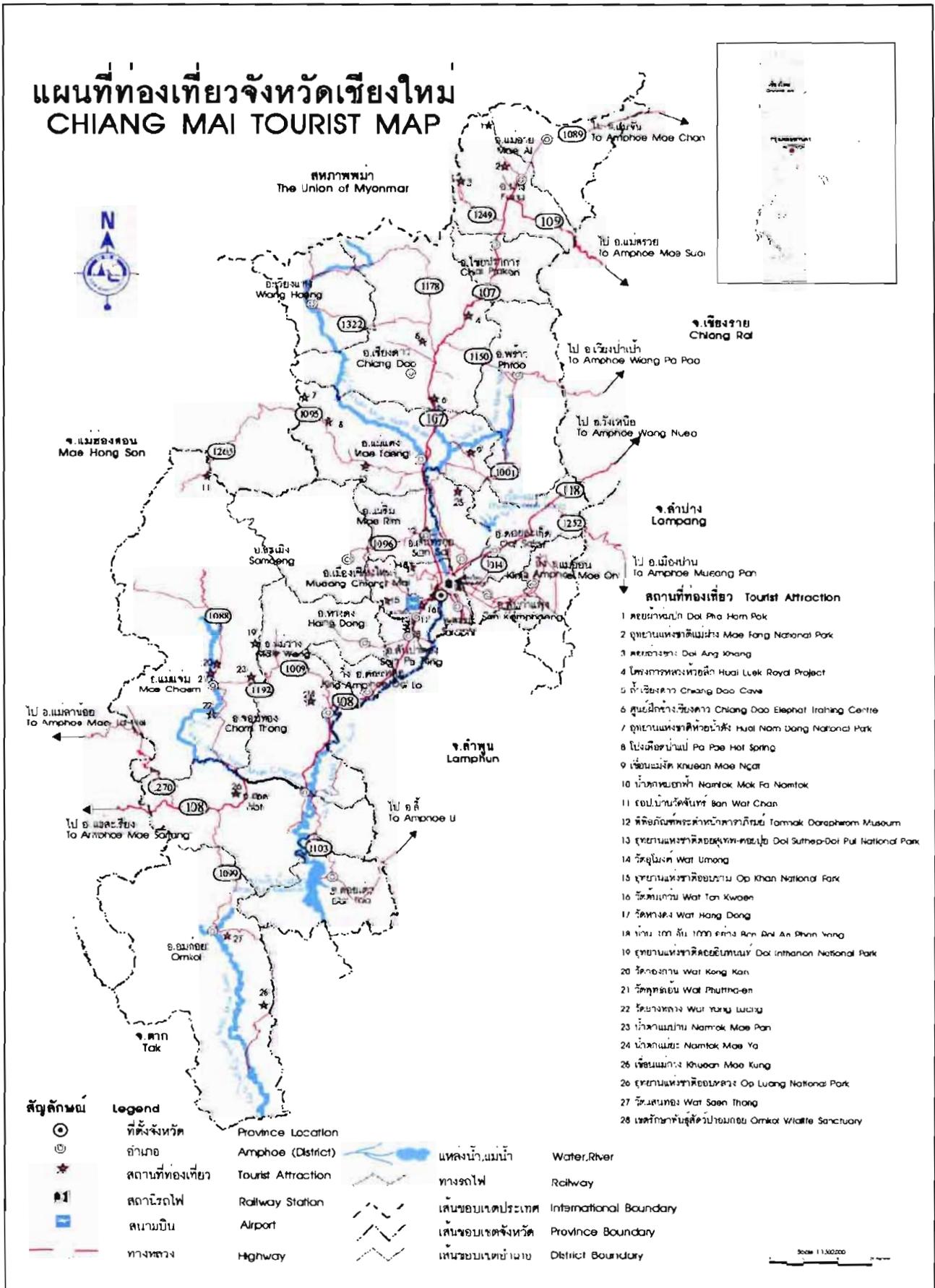
ทิศตะวันตก ติดอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การแบ่งเขตปกครองในจังหวัดเชียงใหม่ แบ่งออกเป็น 22 อำเภอ 2 กิ่งอำเภอ 104 ตำบล 1,942 หมู่บ้าน โดยมีอำเภอและกิ่งอำเภอ ดังนี้ อำเภอเมืองเชียงใหม่ อำเภอจอมทอง อำเภอเชียงดาว อำเภอไชยปราการ อำเภอดอยเต่า อำเภอดอยสะเก็ด อำเภอฝาง อำเภอพร้าว อำเภอแม่แจ่ม อำเภอแม่แตง อำเภอแม่ริม อำเภอเวียงแหง อำเภอสันกำแพง อำเภอสันทราย อำเภอสันป่าตอง อำเภอสารภี อำเภอสะเมิง อำเภอหางดง อำเภออมก๋อย อำเภอฮอด อำเภอแม่วาง กิ่งอำเภอแม่ฮอน กิ่งอำเภอดอยหล่อ

ประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ ประกอบไปด้วยชาวไทยภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่อพยพเข้ามาตั้งถิ่นฐานอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนใหญ่จะนับถือศาสนาพุทธรองลงมาได้แก่ ศาสนาคริสต์ อิสลาม ภาษาที่นิยมใช้กันมากคือ ภาษาไทยภาคเหนือ และภาษาไทยภาคกลางเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ประชากรของจังหวัดเชียงใหม่ส่วนหนึ่งยังเป็นชาวเขา ประชากรชาวเขาทั้งหมดในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วยเผ่าต่าง ๆ คือ กะเหรี่ยง มูเซอ แม้ว ลีซอ ลัวะ อีก้อ และเย้า อาชีพหลักของเขาคือ การทำเกษตรกรรม และการรับจ้าง

ประชากรในปี 2543 จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ 20,107.057 ตารางกิโลเมตร ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ย 79.09 คนต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด ได้แก่ ในเขตเทศบาล โดยมีความหนาแน่นต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 4,789.87 คน รองลงมา ได้แก่ อำเภอเมือง 1,546.14 คน ส่วนพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุดต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ อำเภอแม่แจ่ม 19.27 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร

ภูมิอากาศในปี 2543 สภาพอากาศของจังหวัดเชียงใหม่แบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 19.1-34.5 องศาเซลเซียส ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26.6-31.5 องศาเซลเซียส ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15.2-31.7 องศาเซลเซียส (สมุดรายงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่ 2544 : 1-6)



ภาพที่ 2 แผนที่อำเภอต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่และแนวเขตติดต่อโดยรอบ

ที่มา : NOVABIZZ,แผนที่ประเทศไทย (ออนไลน์),เข้าถึงเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2553 หาได้จาก <http://www.novabizz.comMappingmap-2changmai.gif>

### 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลมกับสถาปัตยกรรม

การเปิดโล่งรับลม เป็นรูปแบบของการแก้ปัญหาในเขตร้อนชื้น แสดงถึงความพยายามที่จะนำเอาลมประจำถิ่นเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อการระบายอากาศ และคลายความร้อน

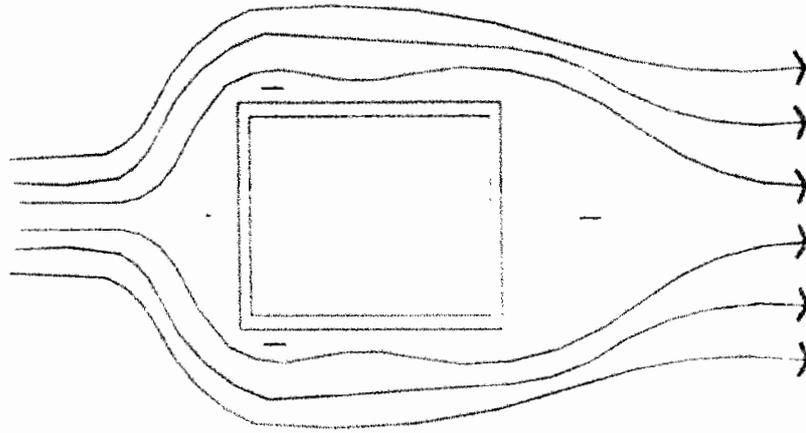
การพัดผ่านของกระแสลมโดยธรรมชาติ มีปัจจัยที่ควรพิจารณาคือ

1 ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ เนื่องจากเมื่อความสูงยิ่งมากความเร็วกระแสลมก็จะมากตามด้วยเช่นกัน

2 การหักเหของกระแสลมในสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น การพัดผ่านของกระแสลมนั้นควรคำนึงถึงทั้งภายนอก และการระบายอากาศภายในอาคาร อาคารควรมีแนวเปิด หรือปิดของสิ่งแวดล้อม เพื่อให้กระแสลมพัดผ่าน หรือช่วยสกัดกั้นไม่ให้ลมพัดมายังตัวอาคารตามต้องการได้

ในการศึกษานี้ลมประจำถิ่นที่นำมาพิจารณาจะมีอิทธิพลต่อการวางทิศทางของอาคาร (ORIENTATION) ในที่นี้ได้ใช้ข้อมูลกระแสลมที่แยกเป็นราย 3 ชั่วโมง รายวัน และรายเดือน ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วยทิศทางลม และความเร็วกระแสลม นอกจากนี้ยังได้พิจารณาเกี่ยวกับการระบายอากาศโดยการพัดผ่านอาคาร ในทิศทางเดียว (CROSS VENTILATION) การที่กระแสลมพัดผ่านอาคาร ช่วยแก้ปัญหาเบื้องต้นของการปรับสภาพบรรยากาศภายในอาคาร ทำให้เกิดความสดชื่น ทำให้การระเหยของเหงื่อในร่างกายดีขึ้น และยังทำให้อุณหภูมิบนผิวหนังลดลง ปัญหาความชื้นในอากาศก็สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความเร็วของกระแสลม

กระแสลมเมื่อพัดผ่านอาคาร จะทำให้ความเร็วลมลดลง และด้านปะทะเกิดความกดอากาศสูง ในขณะที่ความกดอากาศต่ำ จะเกิดขึ้นทางด้านตรงข้าม และจะมีเนื้อที่ค่อย ๆ น้อยลงตามระยะห่างของช่วงความกดอากาศต่ำนี้ จะมีระยะประมาณ 2 เท่า ถึง 7 เท่า จึงจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วลมก่อนผ่านอาคาร ความกดอากาศที่ต่างกันทางด้านช่องลมปะทะ กับด้านตรงข้าม ทำให้เกิดการไหลของอากาศ ฉะนั้นการวางตำแหน่งของช่องเปิดจะได้ผลดีที่สุด จึงอยู่ที่ตำแหน่งความกดอากาศสูงและต่ำ (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 101-126)

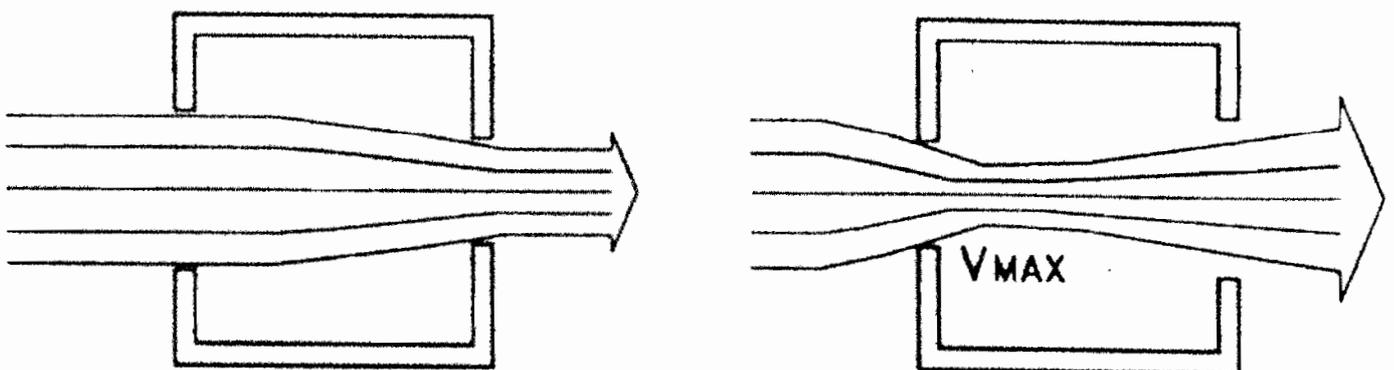


ภาพที่ 3 รูปตัดแสดงความกดของอากาศกับอาคาร

### รูปแบบการไหลผ่านของกระแสลมภายในอาคาร

การเปิดช่องของอาคาร โดยมีแต่ทางกระแสลมเข้า แต่ไม่มีช่องเปิดสำหรับกระแสลมออกนั้น จะไม่สามารถทำให้กระแสลมพัดผ่านเข้าไปได้อย่างสะดวก แต่ถ้าช่องเปิดเข้า และออกวางไว้ตรงกันข้ามกัน และตรงตำแหน่งความกดอากาศสูง และต่ำจะให้ปริมาณอากาศไหลผ่านมากที่สุด

อย่างไรก็ตาม ความเร็วของกระแสลมที่สูง จะมีความสำคัญกว่าปริมาณของลมที่ไหลผ่านการใช้ทางเข้าที่เล็กลง ทำให้เกิดการคอคดตัวของกระแสลม และมีความเร็วมากขึ้น แต่ถ้าช่องทางออกเล็ก และช่องเปิดทางเข้าใหญ่ กระแสลมจะมีความเร็วสูงขึ้นที่ภายนอกอาคาร



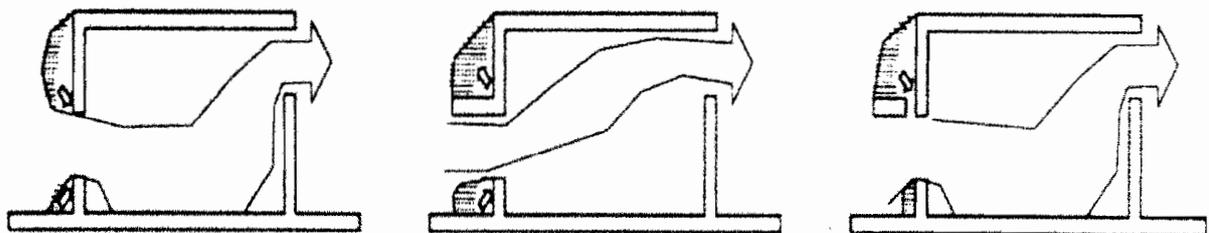
ภาพที่ 4 ความเร็วลมเพิ่มขึ้นเมื่อช่องเปิดทางเข้าเล็กกว่าช่องเปิดทางออก

## การไหลของกระแสลมกับการจัดแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร

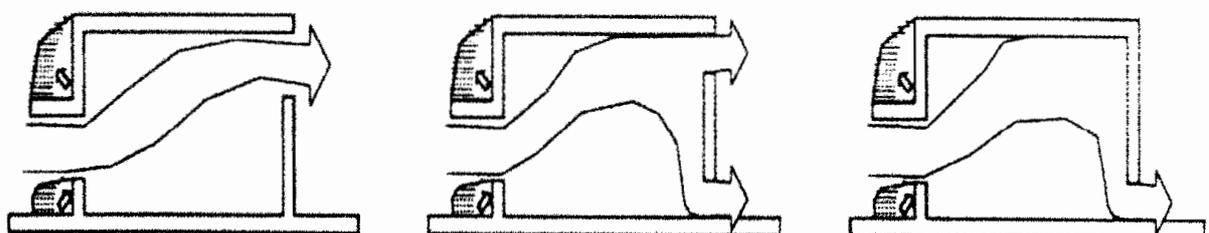
การพัดเข้าออกได้ที่ตรงกันให้ผลดีที่สุดกับการไหลของกระแสลม ฉะนั้น การออกแบบภายในอาคารใดๆ การจัดวางผังเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ควรพิจารณาแนวการไหลของกระแสลมด้วย

การวางตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า และทางออกของอาคาร ทำให้เกิดความเร็วลม และ อุณหภูมิภายในอาคารลดลง แนวการไหลของอากาศภายในอาคารควรจะผ่านบริเวณที่ใช้อยู่อาศัย หรือทำกิจกรรมนอกจากนี้การไหลของกระแสลม ยังขึ้นอยู่กับรูปแบบและสิ่งประกอบอื่นๆ บริเวณช่องเปิดทางเข้า-ออกด้วย เช่น ชายคา ถ้าชายคาอยู่ที่ระดับขอบบนของช่องทางเข้า กระแสลม จะทำให้กระแสลมพุ่งขึ้นสูงสู่ฝ้าภายในอาคาร เนื่องจากการเปลี่ยนความกดอากาศ ภายนอกแต่ถ้าชายคาที่วางระดับขอบบนหน้าต่างแต่ดึงออกเล็กน้อย เพื่อให้เป็นช่องปรับความกดอากาศ จะทำให้แนวการไหลของกระแสลมต่ำลงสู่ระดับที่เป็นประโยชน์

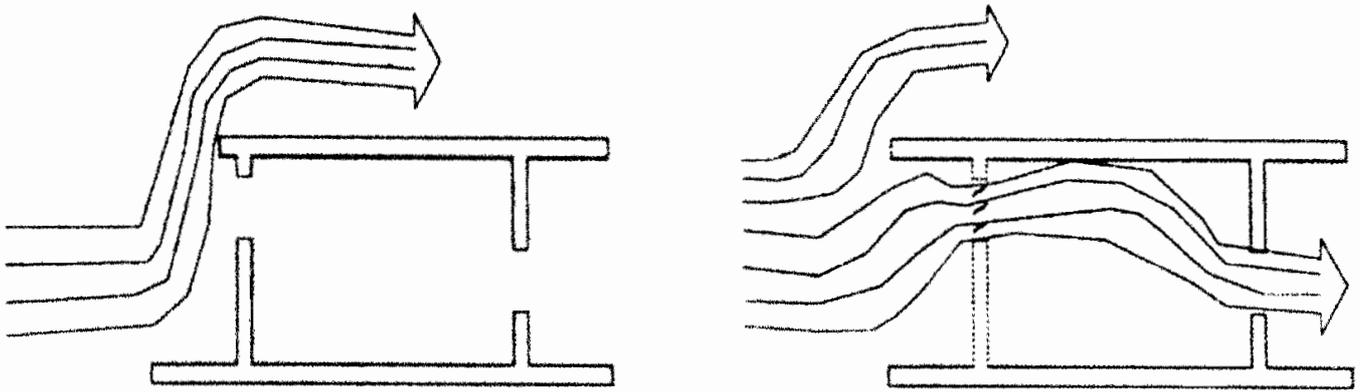
รูปแบบของสิ่งประกอบชนิดอื่น ได้แก่ แผงกันแดด เกล็ดติดตาย หรือเกล็ดหมุน ช่วยปรับให้แนวการไหลของกระแสลมเป็นไปในทิศทางที่ต้องการภายในอาคาร



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบ เช่น ชายคาวางในลักษณะต่างกัน ทำให้แนวการไหลของอากาศต่างกัน



ภาพที่ 6 ช่องเปิดทางออกของอากาศ วางในตำแหน่งต่างกัน ทำให้แนวการไหลของอากาศต่างกัน



ภาพที่ 7 การใช้ชายคา และบานเกล็ด ทำให้เกิดแนวการไหลของอากาศต่างกัน

การระบายอากาศตามธรรมชาติแบบ Cross Ventilation เป็นวิธีการระบายอากาศที่ดีที่สุด โดยเฉพาะเมื่อขนาดของช่องลมเข้าและช่องลมออกมีขนาดใหญ่ ในกรณีช่องเปิดทั้งสองช่องตรงกันข้ามกัน ช่องลมเข้าควรจะหันเอียงต่อทิศทางของลมเพื่อให้ได้รับลมทั่วทั้งห้อง และในกรณีที่ช่องเปิดทั้งสองช่องอยู่บนผนังที่ตั้งฉากกัน ช่องลมเข้าควรจะหันตรงกับทิศทางของลม แต่ในกรณีที่ช่องลมเข้าและออกอยู่บนผนังเดียวกัน ควรใช้อุปกรณ์ดักลม (Vertical Projections) เพื่อบังคับให้ลมเข้าทางช่องลมเข้า ขนาดของอุปกรณ์นี้ ควรจะมีระยะมากกว่าครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งอุปกรณ์ และจุดเริ่มต้นของช่องลมออก ดังนั้นช่องเปิดที่ดีไม่ใช่เพียงมีจำนวนที่มาก หรือขนาดใหญ่โตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมเข้าและออก จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด เกิดการระบายอากาศที่ดี และช่วยให้ความสบายขึ้นในอาคาร

สำหรับลมที่พัดผ่านนั้นอาจเป็นได้ทั้งการพาความเย็น หรือพาความร้อนเข้ามาสู่อาคาร ขึ้นอยู่กับช่วงเวลา และทิศทางของอาคาร ดังนั้น การใช้ลมพัดผ่านก็ควรศึกษาคุณลักษณะคุณสมบัติของลมด้วย เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการเลือกใช้ ตามหลักการแล้ว การวางอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลม โดยให้มีช่องลมเข้าและช่องลมออก เพื่อให้เกิด Cross Ventilation จะทำให้ลมเข้าอาคารเต็มที่ (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 27)

#### 4 อาคารอุตสาหกรรม

อาคารอุตสาหกรรมนั้นมีความแตกต่างไปจากอาคารประเภทอื่น ๆ การออกแบบอาคารประเภทนี้จะต้องพยายามออกแบบให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดทั้งยังต้องคำนึงถึงด้านความสวยงามและคงทน อาคารที่ดีจะต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อการเปลี่ยนแปลงหรือต่อเติมได้โดยง่ายและประหยัด การดัดแปลงอาคารเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการผลิต ซึ่งอาจเกิดจากความผันผวนของความต้องการทางการตลาด การออกแบบอาคารอุตสาหกรรมจึงควรกำหนดให้มีโครงสร้างพื้นฐานที่แข็งแรง สามารถขยายต่อเติมดัดแปลงได้สะดวก และเหมาะสมกับการวางผังที่หลากหลาย คำนึงถึงความปลอดภัย สภาพแวดล้อม การถ่ายเทของอากาศ ภูมิทัศน์โดยรอบ และต้องมีการลงทุนที่ต่ำ

อาคารอุตสาหกรรมสามารถแยกประเภทตามการผลิตได้ 3 ประเภทคือ

1 อุตสาหกรรมการผลิต (MANUFACTURING INDUSTRIAL) ได้แก่ อุตสาหกรรมในรูปแบบของโรงงานต่างๆ ส่วนของเนื้อที่ใช้สอยหลักจะประกอบไปด้วย ส่วนผลิต ส่วนโกดัง ส่วนสำนักงาน และส่วนอำนวยความสะดวก

2 อุตสาหกรรมบริการ ได้แก่ อุตสาหกรรมในรูปแบบของการให้บริการต่าง ๆ เนื้อที่ใช้สอยหลักขึ้นอยู่กับประเภทของการให้บริการนั้น ๆ

3 อุตสาหกรรมการจำหน่าย ได้แก่ อุตสาหกรรมในรูปแบบของการจำหน่ายต่าง ๆ ส่วนของเนื้อที่ใช้สอยหลักจะประกอบไปด้วย ส่วนเก็บของ ส่วนสำนักงาน และส่วนอำนวยความสะดวก (มาลินี ศรีสุวรรณ 2542 : 152)

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้กรณีศึกษาที่เป็นอาคารอุตสาหกรรม การผลิตในรูปแบบของโรงงาน ซึ่งมีรายละเอียดของรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1 อาคารชั้นเดียว เหมาะสำหรับสถานที่ซึ่งที่ดินมีราคาถูก เป็นอาคารที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างด้านโครงสร้างต่ำ ข้อได้เปรียบของอาคารชั้นเดียวพอสรุปได้ดังนี้

- 1.1 การจัดผังโรงงานมีความยืดหยุ่นมาก
- 1.2 พื้นที่ใช้สอยมีมากกว่า เพราะไม่ต้องเสียพื้นที่สำหรับบันไดหรือลิฟต์
- 1.3 การติดตั้งและดูแลควบคุมเครื่องจักรในชั้นเดียวกันทำได้ง่าย
- 1.4 ดัดแปลงต่อเติมและขยายได้ง่าย

1.5 ป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุเพลิงไหม้ได้ง่าย

1.6 การปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายใน โรงงานทำได้ง่าย

2 อาคารหลายชั้น จะเหมาะสำหรับสถานที่ตั้ง โรงงานในเขตชุมชน ซึ่งมีราคาที่ดินสูง และมีพื้นที่จำกัด การลงทุนค่าก่อสร้างจะสูงกว่า พื้นที่ใช้สอยสำหรับอาคารหลายชั้นจะเพิ่มขึ้นได้ตามจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น ถ้ามีการลงทุนฐานรากเตรียมไว้สำหรับการขยายตัวในอนาคต ส่วนการต่อเติมคัดแปลงอาคารจะมีความยุ่งยากในชั้นล่างของอาคารเพราะอาจมีผลกระทบต่อโครงสร้าง แต่ก็เป็นไปได้ ปัญหาของอาคารหลายชั้น ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับปัญหาการขนย้ายวัสดุ และความมั่นคงแข็งแรง โดยเฉพาะชั้นสูงขึ้นไปจะพบปัญหาการสั่นสะเทือนมาก

3 อาคารเปิด เป็นอาคารที่ออกแบบให้มีระบบการถ่ายเทอากาศได้ดี โดยเน้นด้านการมีโครงสร้างที่มีการติดตั้งระบบขนย้ายขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่เป็นอาคารที่มีเพียง โครงสร้างหลังคา โรงงานที่ใช้อาคารเปิดมักจะต้องใช้บริเวณพื้นที่นอกอาคารมาก และมักจะเป็น โรงงานที่มีปัญหาด้านมลภาวะ เช่น โรงถลุงเหล็ก โรงหล่อ โรงงานผลิตสารเคมี ฯลฯ

4 อาคาร โรงงานแบบผสม เป็นอาคารที่เป็นได้ทั้ง 3 แบบ โดยสามารถคัดแปลงให้เหมาะสมกับการออกแบบและการทำงาน อาคารผสมที่ออกแบบเพื่อรองรับกระบวนการผลิต มักจะขาดความยืดหยุ่นและอาจจะต้องปรับเปลี่ยนตามวัตถุประสงค์การผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป

สำหรับการออกแบบอาคารอุตสาหกรรม ควรคำนึงดังต่อไปนี้

1 ควรเป็นอาคารที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต

2 โครงสร้างอาคารต้องแข็งแรง สามารถรองรับน้ำหนักตามความต้องการทางการใช้งานได้ดี

3 ควรคำนึงถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ทางการผลิต การเก็บรักษาวัสดุ การรักษาความปลอดภัย ฯลฯ

4 ควรออกแบบพื้นที่ให้มีความยืดหยุ่นสูง ง่ายแก่การปรับขยายโรงงานได้

5 ให้มีความโปร่ง สามารถรับแสงสว่างธรรมชาติได้มาก

6 ให้มีการระบายและหมุนเวียนของอากาศที่ดี ทำให้ไม่อบอ้าว

7 ต้องพิจารณาด้านความปลอดภัยในการออกแบบบันได ลิฟต์ และทางเดิน

8 ต้องพิจารณาด้านสภาพแวดล้อมและภูมิทัศน์ประกอบกับตัวอาคารด้วย

9 ต้องมีการออกแบบระบบกำจัดของเสียของอาคารทั้ง น้ำเสีย ขยะ กากของเสีย และ อากาศเสีย

10 ต้องออกแบบระบบป้องกันภัยที่อาจจะเกิดขึ้นในอาคาร โดยมีทางหนีไฟกว้างและ มากเพียงพอ มีห้องเก็บสารพิษ ห้องควบคุมวัสดุไวไฟ

11 การใช้สีในอาคารควรเป็นสีที่ดูสะอาดและช่วยให้อาคาร โปร่งแสงมากขึ้น

12 ควรมีระบบรหัสสัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าใจง่าย ชัดเจน และตรงตามจุดที่ใช้งาน

13 ประตู หน้าต่าง และหลังคา ควรออกแบบให้สามารถรับแสงสว่างและถูกต้องตาม ทิศทางลม

14 ช่วงห่างของเสาควรอยู่ระหว่าง 6X12 เมตร หรือ 9X15 เมตร

15 ความสูงของเพดานไม่ต่ำกว่า 3.00-4.50 เมตร

### ชนิดของอาคาร

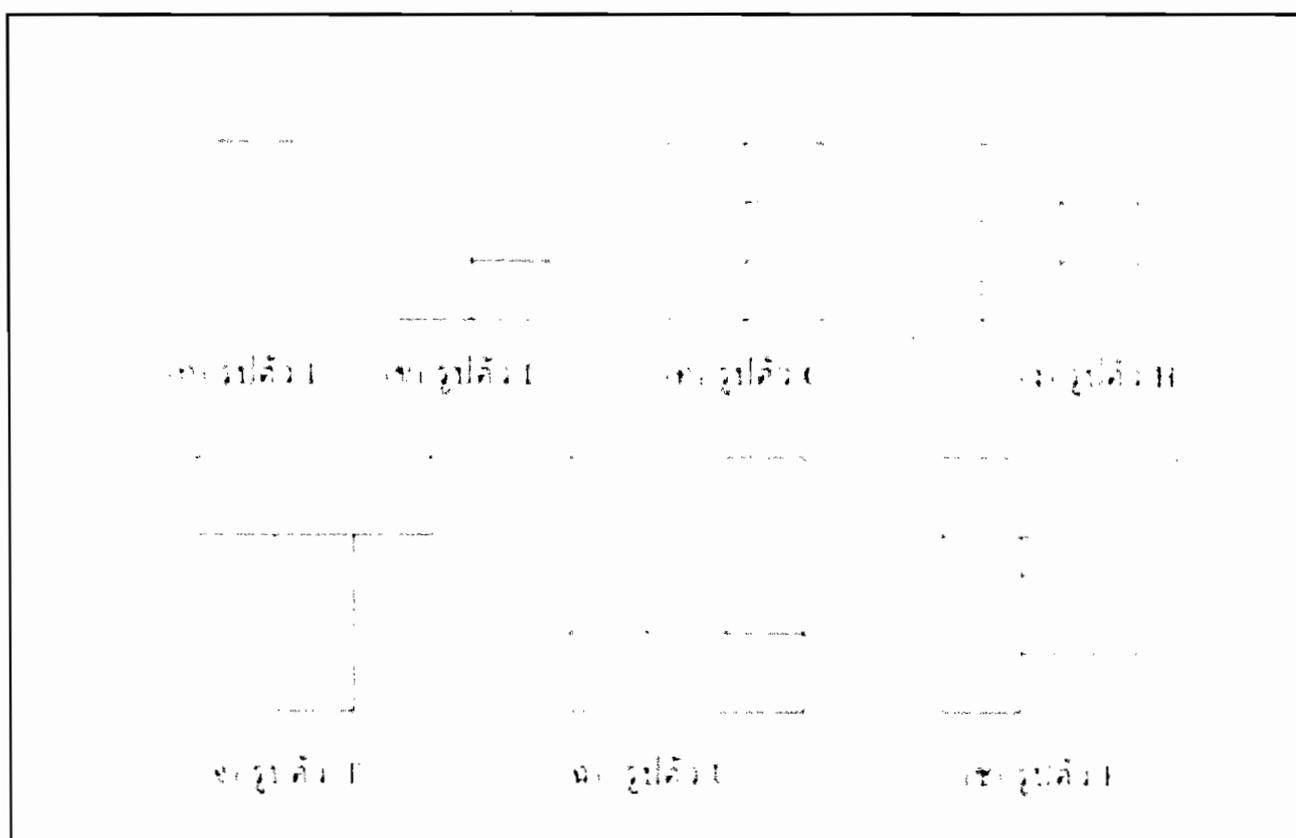
อาคารที่ใช้เป็นโรงงานจะเป็นอาคารที่ตอบสนองความต้องการของโครงการได้ดี แต่มี ต้นทุนสูงกว่าและมักจะใช้เวลาในการก่อสร้างนานกว่า ซึ่งจะตรงกันข้ามกับอาคารที่ใช้ผัง มาตรฐาน ใช้วัสดุก่อสร้างในราคาถูก จะมีต้นทุนถูกกว่าและการก่อสร้างนี้รวดเร็วกว่า ซึ่งจะมีผล ต่อเนื่องไปถึงการกำหนดการเปิดทำการผลิตที่เร็วขึ้น ฉะนั้นการจัดผังโรงงานในแบบ มาตรฐาน ถึงแม้จะมีข้อจำกัด แต่ก็ไม่เป็นปัญหามากนัก ถ้าสามารถเลือกแบบผังที่มีความใกล้เคียง กับความต้องการของการใช้พื้นที่ และด้วยเหตุผลดังนี้ การจัดผังโรงงานแบบมาตรฐาน ต้องเตรียม สำหรับกระบวนการผลิตหลากหลายรูปแบบหรือสามารถปรับเปลี่ยนการจัดวางเครื่องจักรได้ง่าย

## โครงสร้างอาคาร

โครงสร้างอาคาร โรงงานในปัจจุบันมักจะเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหรือ โครงสร้างเหล็ก ซึ่งจับยึดแน่น โดยการเชื่อม หมุดย้ำ หรือด้วยวิธีการอื่น ๆ การใช้โครงสร้างทั้งสองแบบจะไม่มีปัญหาในด้านความแข็งแรงของอาคาร อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีความปลอดภัยด้านการใช้ไฟฟ้ามากกว่า แต่จะมีลักษณะที่ค่อนข้างตายตัว การปรับขยายอาคาร โรงงานจะทำให้ต่อเมื่อมีการทบทวน ซึ่งต่างกับอาคารที่มีโครงสร้างเหล็กสามารถถอดประกอบได้ ปรับเปลี่ยนได้ง่าย และการก่อสร้างก็ทำได้รวดเร็วกว่า (สมศักดิ์ ตรีสัตย์ 2538 : 23-32)

## รูปร่างอาคาร

อาคาร โรงงานจะสามารถออกแบบให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งการออกแบบอาคารรูปร่างต่าง ๆ จะสามารถรับแสงสว่างและลมธรรมชาติได้ดีแตกต่างกัน รวมทั้งยังตอบสนองความต้องการในกระบวนการผลิตที่ต่างกันด้วย รูปร่างอาคารจึงมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผังโรงงานโดยทั่วไปอาคาร โรงงานจะมีรูปร่างแบบรูปสี่เหลี่ยมซึ่งเป็นรูปร่างที่มีความยืดหยุ่นสูง



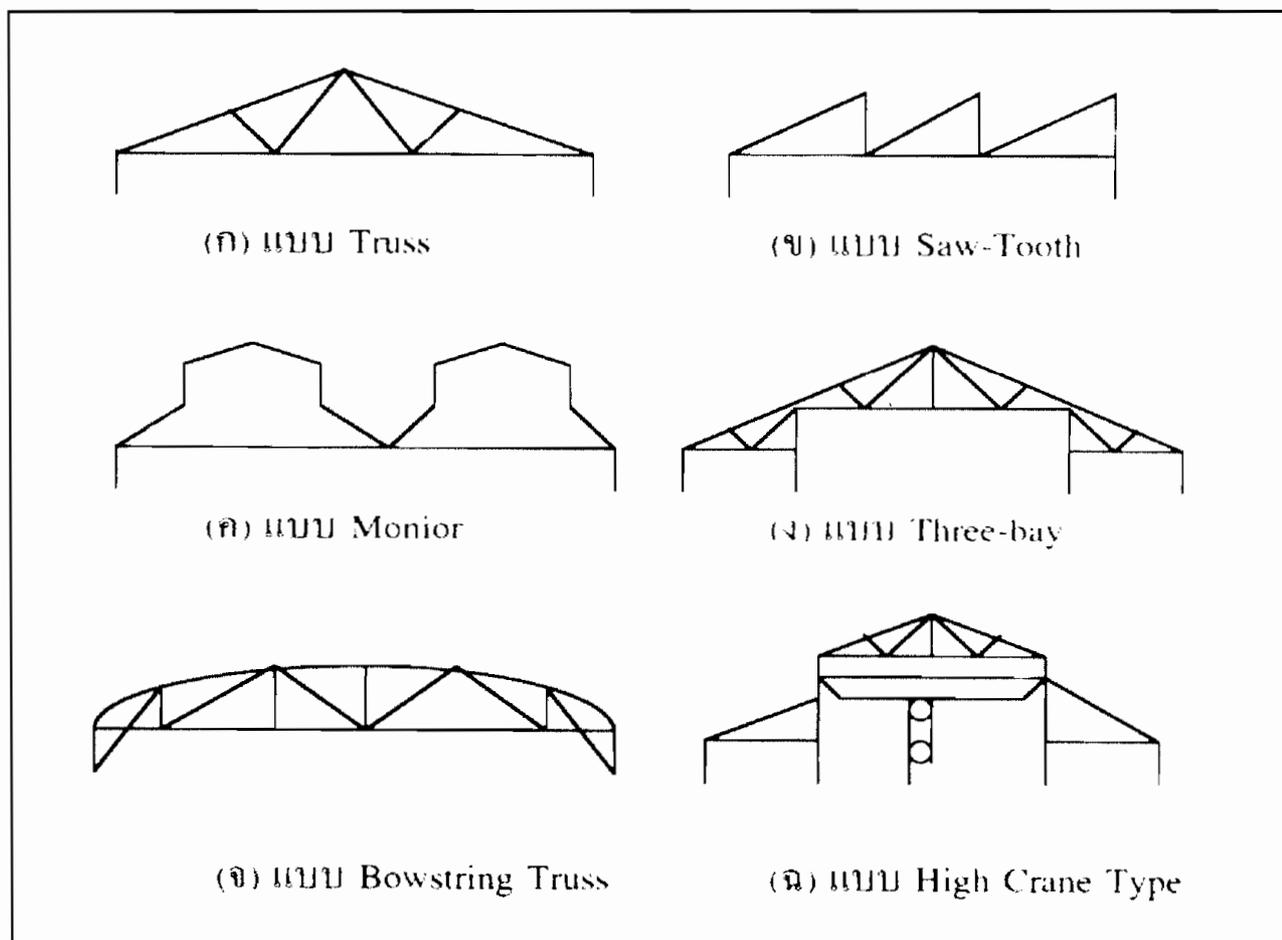
ภาพที่ 8 อาคาร โรงงานในรูปร่างแบบต่าง ๆ

## หน้าต่าง

หน้าต่างในอาคารโรงงาน มีส่วนช่วยให้เกิดสภาพแวดล้อมภายในโรงงานดีขึ้น รับแสงสว่างตามธรรมชาติ เกิดการไหลเวียนของอากาศ ทำให้ระบบระบายอากาศดีขึ้น ฉะนั้น ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนหน้าต่างที่ต้องการจะต้องสอดคล้องกับการออกแบบผังโรงงาน อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิบางประเภทก็ไม่เหมาะที่มีหน้าต่าง เช่น โรงงานที่มีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก หรือ โรงงานที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ เป็นต้น

## หลังคาและเพดาน

ความสูงของหลังคาและเพดาน มีผลกระทบต่อกรออกแบบ โครงสร้างอาคาร โรงงาน เพราะส่วนสูงของหลังคาและเพดานเป็นข้อจำกัดของการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ โครงสร้างของอาคารในส่วนของหลังคาและเพดานในบางโรงงานจะทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของระบบอุปกรณ์การขนย้ายวัสดุเหนือศีรษะ ท่อส่งไอน้ำ ท่อเก็บฝุ่น ท่อลมอัด ระบบป้องกันไฟ และสายไฟฟ้า โครงสร้างของหลังคามีหลายรูปแบบ (วันชัย วิจารณ์ช 2541 : 345-355)



ภาพที่ 9 ตัวอย่างโครงสร้างหลังคาอาคาร โรงงาน

## 5 การระบายอากาศและหลักการระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

อากาศหรือกระแสลม (Air Flow) เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ การระบายอากาศเป็นมาตรการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมต่อการทำงาน นอกจากนี้การระบายอากาศยังช่วยลดความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของความเหนื่อยล้า ความรู้สึกไม่สบายของคน ตลอดจนควบคุมปัญหาเรื่องกลิ่น ความชื้น และคุณภาพอากาศภายในอาคาร นอกจากนี้การระบายอากาศยังสามารถเจือจางสารปนเปื้อนภายในอาคาร ให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ เพื่อให้มีคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IAQ)

ในปี 1989 ASHRAE ได้จัดทำมาตรฐาน ASHRAE 62-1989 เสนอแนะอัตราการไหลต่ำสุดของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารซึ่งเท่ากับ 10 ลิตรต่อวินาทีต่อคน การควบคุมให้อัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารนี้ เรียกว่า “Ventilation Rate Procedure” ซึ่งวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องคำนวณหรือประเมินอัตราการเกิดของสารปนเปื้อนในอาคาร นอกจากนี้การระบายอากาศยัง แบ่งประเภทได้อีก 2 ประเภทคือ 1) การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation) หรือ การระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) และ 2) การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) และเนื่องจากอากาศเป็นสสาร จึงต้องการพื้นที่ครอบครอง อากาศจากภายนอกจะเคลื่อนที่เข้ามาภายในได้ก็ต่อเมื่ออากาศภายในห้องได้เคลื่อนที่ออกไปก่อน ดังนั้น การระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพจึงต้องประกอบด้วยระบบที่สำคัญสองระบบเสมอ นั่นคือ ระบบระบายอากาศออก (Exhaust system) ทำหน้าที่นำอากาศออกจากพื้นที่ และระบบส่งอากาศ (Supply system) ทำหน้าที่ส่งอากาศที่ผ่านการปรับสภาพให้เหมาะสม แล้วเข้ามาแทนที่ เมื่อระบบทั้งสองมีความสมดุลจะทำให้ความดันภายในและภายนอกอาคารเกิดความสมดุลด้วย (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ 2549 : 21-25)

## 6 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ขั้นตอนในการศึกษานั้นควรมีแบบแผน และวิธีการ เพื่อให้ได้ผล ตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือด้วย ในศึกษานี้มีขั้นตอนการทำงานคือ ทำการรวบรวมข้อมูลทางวิชาการ แล้วจึงสำรวจในอาคารกรณีศึกษานำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการจำลองด้วยโต๊ะน้ำ แล้วจึงทำการจำลองอาคารกรณีศึกษากับสภาพอากาศ โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ด้านพลศาสตร์ของไหล Computational Fluid Dynamics นอกจากนี้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของการระบายอากาศกับการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศ

การศึกษาด้านพลศาสตร์ของไหลในงานสถาปัตยกรรมในขั้นต้นจะเป็นการร่างลักษณะทิศทางการไหลของอากาศ โดยใช้ศรฉลาด (Smart arrows) ลงในผังพื้นที่หรือรูปตัดอาคาร วิธีการดังกล่าวเป็นการศึกษาในระดับพื้นฐานที่สามารถคาดคะเนถึงพฤติกรรมการไหลเวียนอากาศได้ ในขั้นต่อมา การศึกษาจะใช้การจำลองด้วยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ โต๊ะจำลองของไหล (Flow Visualization Apparatus หรือที่รู้จักกันว่า “โต๊ะน้ำ”) อุโมงค์ลม (Wind tunnel) และการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัตดี 2547)

เครื่องมือจำลองการไหลเวียนของอากาศทั้งสามประเภทข้างต้น มีข้อดี-ข้อเสีย รวมทั้งความเหมาะสมกับงานออกแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนที่ต่างกัน โต๊ะน้ำจำลองของไหลมีข้อดีคือ สามารถได้ผลจำลองค่อนข้างเร็ว ราคาค่อนข้างถูก และไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้พิเศษมากนัก แต่มีข้อเสียคือ การใช้น้ำเป็นตัวแทนในการจำลองการไหลเวียนของอากาศ จะทำให้ได้ผลที่ไม่แม่นยำมากนัก เนื่องจากน้ำมีค่าความหนืด (Viscosity) ที่ต่างจากอากาศ จึงเหมาะสมกับการศึกษาในขั้นต้นที่ต้องการทราบลักษณะการไหลเวียนอากาศอย่างคร่าวๆ โต๊ะน้ำสามารถทำการจำลองได้เพียงระนาบสองมิติเท่านั้น โดยจำเป็นต้องจำลองผังพื้นที่และรูปตัดอาคารแยกจากกัน นอกจากนั้นยังไม่สามารถใช้ประเมินค่าตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความเร็วลม ความดัน หรืออุณหภูมิได้

อุโมงค์ลมเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงและให้ผลถูกต้องแม่นยำกว่าโต๊ะจำลอง เนื่องจากใช้อากาศและควันทันจำลองการไหลเวียนของอากาศ และสามารถจำลองได้ในระนาบสามมิติ รวมทั้งสามารถวัดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการทราบได้ ยกเว้นอุณหภูมิและความหนาแน่นของก๊าซต่างๆ อย่างไรก็ตาม การจำลองด้วยอุโมงค์ลมก็มีข้อเสียหลายประการได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง ระยะเวลาที่ทำหุนจำลองค่อนข้างมาก และการแก้ไขปรับปรุงได้ยาก รวมทั้ง

จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดความเร็วลมหลายจุด ซึ่งมีราคาแพงและต้องการความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคพิเศษของผู้ใช้ประกอบด้วย (อวิรุทธิ์ ศรีสุธาพรรณ 2545) การจำลองด้วยอุโมงค์ลมจึงเหมาะสมกับขั้นตอนปลายของงานออกแบบสถาปัตยกรรม ที่อาคารมีรูปทรงที่ชัดเจนแล้ว หรืองานวิจัยที่ได้รับงบประมาณสูงเท่านั้น

การคำนวณพลศาสตร์ของไหลเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับอุโมงค์ลมเนื่องจากการคำนวณตามสมการ โดยกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศในโปรแกรมการจำลองได้ รวมทั้งสามารถจำลองได้ค่อนข้างรวดเร็วและสามารถแก้ไขแบบจำลองได้ง่าย ข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ให้ผลที่สามารถแสดงรูปการไหลเวียนของอากาศและค่าต่าง ๆ ที่ต้องการทราบเป็นตัวเลข สี และกราฟฟิคที่ชัดเจน จึงมีความเหมาะสมกับกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมตั้งแต่ขั้นต้นจนถึงขั้นปลาย อย่างไรก็ตามการคำนวณพลศาสตร์ของไหลอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีผู้จำลองที่มีความเชี่ยวชาญพิเศษในการใช้โปรแกรม รวมทั้งโปรแกรมที่เป็นเชิงพาณิชย์นั้นยังมีราคาสูงอยู่ ในปัจจุบันจะเห็นได้ชัดว่าการคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีความเหมาะสมกับการออกแบบงานสถาปัตยกรรมมากกว่าเครื่องมือจำลองอื่นๆ สามารถเปรียบเทียบผลการจำลองจากโปรแกรมกับผลการทดลองอื่น ๆ ได้เช่น ผลจากการวัดสภาพจริง หรือผลจากห้องทดลอง ก่อนการใช้งานจริง (Chen and Srebric 2001)

### วิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (CFD)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Computation Fluid Dynamics มีหน้าที่หลัก คือการหาผลลัพธ์ด้วยการแก้สมการประกอบทั้ง 3 แบบ คือ 1 ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equations) 2 เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) 3 ลักษณะรูปร่าง (geometry) ซึ่งหากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเปลี่ยนไป ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โปรแกรม (CFD) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณหาผลลัพธ์สถานะของไหล ซึ่งผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของเวกเตอร์ (Vector) ของความเร็วและระดับสี (Scalar)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่าง ๆ

คุณสมบัติ	โต๊ะน้ำจำลองของไหล	อุโมงค์ลม	การคำนวณ พลศาสตร์ของไหล
ความถูกต้องแม่นยำ	ต่ำ	สูง	สูง
ความครบถ้วนของ ข้อมูล	ต่ำ (เฉพาะรูปแบบการ ไหลในสองมิติ)	ปานกลาง (ครบถ้วน ยกเว้นอุณหภูมิและ ความเข้มข้นของก๊าซ)	ครบถ้วน
การสร้างความเข้าใจ ต่อผลจำลอง	ปานกลาง (ด้วยสีต่าง ทับทิมที่ผสมกับน้ำ)	ยาก (ด้วยควันที่ผสม กับอากาศ และค่าที่วัด ได้จากอุปกรณ์วัด)	ง่าย (ด้วยกราฟฟิกส์ และเวกเตอร์)
ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ระยะเวลา	สั้น	นาน	ปานกลาง
ความต้องการความรู้ พิเศษ	น้อย	ปานกลาง	มาก
ความเหมาะสมกับ กระบวนการ ออกแบบ สถาปัตยกรรม	ขั้นต้น	ขั้นปลาย	ตั้งแต่ขั้นต้นถึงขั้น ปลาย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

ในบทนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทาง และวิธีดำเนินการ โดยได้กำหนดอาคารประเภทอุตสาหกรรมที่มีช่องเปิด และผนังเกล็ด ดังนั้นจึงได้เลือกอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ซึ่งอาคารเหล่านี้ส่วนมากจะใช้วิธีการระบายอากาศจากกระแสนลมตามธรรมชาติ การศึกษานี้ได้นำอาคารที่ทำการศึกษาแต่ละแห่งมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกอาคาร ที่มีองค์ประกอบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งศึกษาสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศของที่ตั้งอาคารกรณีศึกษา โดยการรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความทางวิชาการ และในวิทยานิพนธ์นี้ยังได้ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีเชียงใหม่ แล้วจึงสำรวจรูปแบบอาคารกรณีศึกษาพร้อมทั้ง สภาพบรรยากาศภายนอกอาคาร และภายในด้วยเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วกระแสนลม เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสำรวจอาคาร รวมถึงศึกษารูปแบบของผนังเกล็ดแต่ละแบบที่ใช้กับอาคารประเภทนี้ เพื่อคัดเลือกรูปแบบแผ่นเกล็ดที่ชัดเจนต่ออาคารที่ใช้ทดสอบด้วยเครื่องมือจำลองปรากฏการณ์ ได้แก่ “โต๊ะน้ำ” และคอมพิวเตอร์ด้านพลศาสตร์ของไหลใน โปรแกรม CFD แล้วจึงนำผลการวิเคราะห์จากคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบต่อการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศ (Air Change Rate) ทั้งนี้ได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาดังนี้.

## 1 การสำรวจอาคารการศึกษา

การสำรวจอาคารกรณีศึกษานั้น ได้คำนึงถึงอาคารที่มีรูปแบบการใช้ผนังช่องเกล็ดเป็นสำคัญ และได้เลือกอาคารประเภทศูนย์บริการยานยนต์ ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้สำรวจอาคารประเภทนี้ ทั้งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัดเพื่อคัดเลือกเป็นอาคารศึกษา

### ตารางที่ 2 การสำรวจอาคารศูนย์บริการยานยนต์เพื่อคัดเลือกเป็นอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	อาคารที่ทำการสำรวจ	รายละเอียดอาคารที่ทำการสำรวจ
1	 <p data-bbox="453 1115 775 1160">รูปแสดงด้านหน้าอาคาร</p>  <p data-bbox="469 1541 775 1585">รูปแสดงภายในอาคาร</p>  <p data-bbox="421 2011 823 2056">รูปแสดงกิจกรรมภายในอาคาร</p>	<p data-bbox="979 792 1410 891">บริษัท แรงค์ พี.ที. โอคอร์เนอร์ จำกัด (มาสด้าสาขาลาดพร้าว)</p> <p data-bbox="979 904 1410 1240">ที่ตั้งอาคาร 1677/2 ถนนพหลโยธิน ซอย 17 (ซอยพิมล) เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โดยด้านหน้าอาคาร อยู่ทางทิศใต้ ตัวอาคารตั้งอยู่ในแนว Latitude 13°49' 9.99" N, Longitude 100°33'47.01"</p> <p data-bbox="979 1263 1410 1420">ผนังอาคารในส่วนซ่อมบำรุงยานยนต์ มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 486.00 ตารางเมตร ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้</p> <ol data-bbox="979 1442 1410 2159" style="list-style-type: none"> <li>1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีพื้นที่ทั้งสิ้น 340.59 ตารางเมตร หรือ 70% ของ พื้นที่ผนังทั้งหมด</li> <li>2. ผนังช่องเกล็ดมีพื้นที่ทั้งสิ้น 68.31 ตารางเมตร หรือ 14 % ของ พื้นที่ผนังทั้งหมด ผนังช่องเกล็ดมี ความสูง 1.50 เมตร ความยาวระยะอยู่ ในช่วงเสา และติดตั้งสูงจากพื้น 3.65 เมตร</li> <li>3. ช่องเปิดผนังอาคาร(ประตูและ หน้าต่าง) มีพื้นที่ทั้งสิ้น 77.10 ตารางเมตร หรือ 16% ของ พื้นที่ผนังทั้งหมด</li> </ol>

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	อาคารที่ทำการสำรวจ	รายละเอียดอาคารที่ทำการสำรวจ
2	<div data-bbox="328 600 948 842" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="469 846 791 891" data-label="Caption">รูปแสดงด้านหน้าอาคาร</div> <div data-bbox="328 967 948 1326" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="481 1330 778 1375" data-label="Caption">รูปแสดงภายในอาคาร</div> <div data-bbox="328 1451 948 1908" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="427 1912 836 1957" data-label="Caption">รูปแสดงกิจกรรมภายในอาคาร</div>	<p>บริษัท ชัมมิท ออโต้ เซลส์ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด (มาสด้าสาขาพัฒนาการ) ที่ตั้งอาคาร 1526-1540 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โดยด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือตัวอาคารตั้งอยู่ในแนว Latitude 13°44' 08.29" N, Longitude 100°37'56.86"E</p> <p>ผนังอาคารในส่วนซ่อมบำรุงยานยนต์มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 885.00 ตารางเมตร ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน มีพื้นที่ทั้งสิ้น 199.80 ตารางเมตร หรือ 22.60% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด</li> <li>2. ผนังช่องเกล็ดมีพื้นที่ทั้งสิ้น 276.00 ตารางเมตร หรือ 31.20% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด ผนังช่องเกล็ดมีความสูง 2.00 เมตร ความยาวอยู่ในระยะช่วงเสา และติดตั้งสูงจากพื้น 1.20 เมตร</li> <li>3. ช่องเปิดของผนังอาคารมีพื้นที่ทั้งสิ้น 37.50 ตารางเมตร หรือ 4.20% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด</li> <li>4. ผนังโครงเหล็กกรุด้วยแผ่น METAL SHEET 371.70 ตารางเมตร หรือ 42% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด</li> </ol>

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

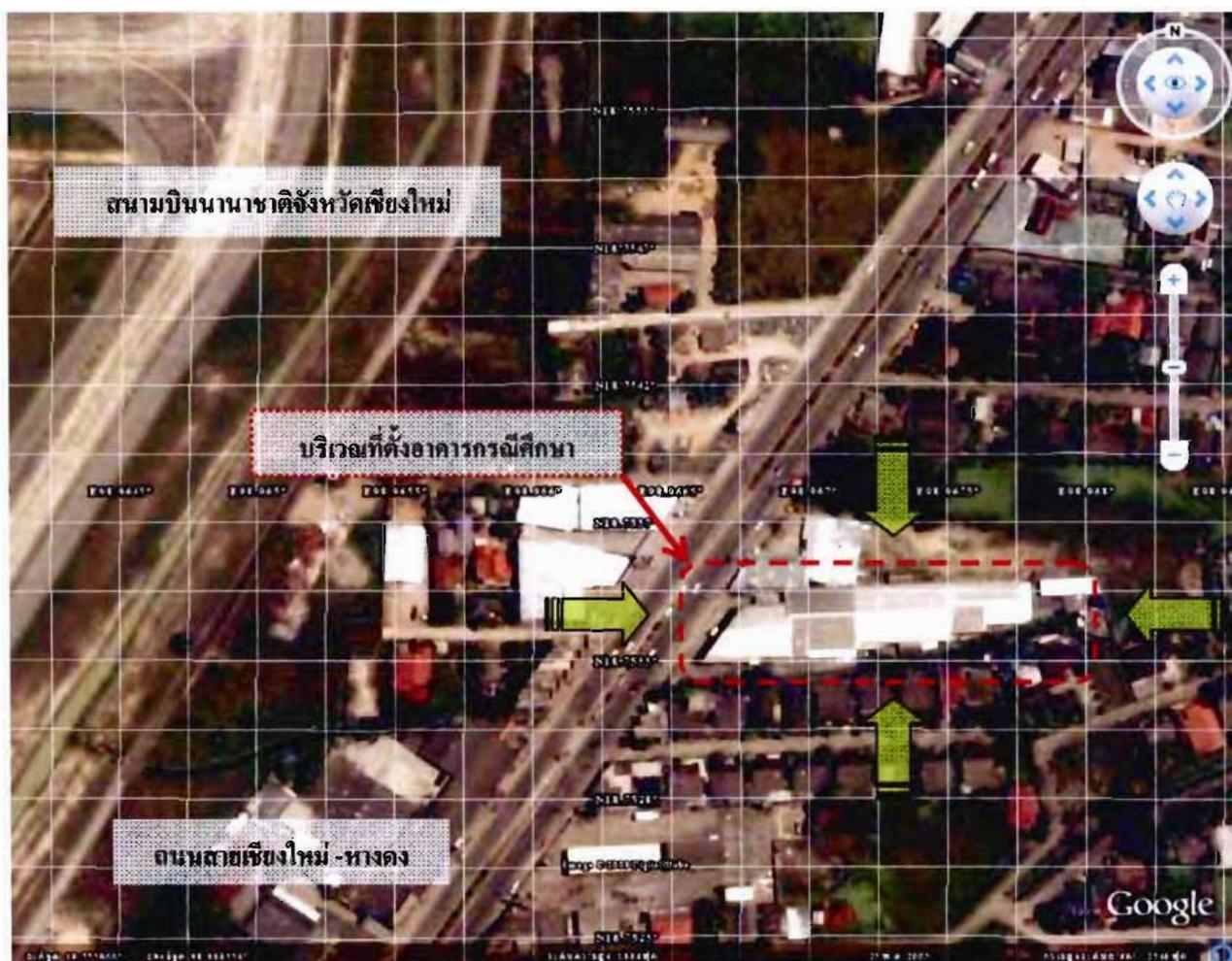
ลำดับ	อาคารที่ทำการสำรวจ	รายละเอียดอาคารที่ทำการสำรวจ
3	<div data-bbox="392 510 906 878" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="480 884 805 929" data-label="Caption">รูปแสดงด้านหน้าอาคาร</div> <div data-bbox="392 1005 900 1382" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="493 1391 793 1435" data-label="Caption">รูปแสดงภายในอาคาร</div> <div data-bbox="427 1509 869 2085" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="408 2092 880 2136" data-label="Caption">รูปแสดงผนังเหล็กและช่องเปิดผนัง</div>	<p data-bbox="1023 501 1422 884">ศูนย์อีซูซู สาขาลำลูกกา ที่ตั้งอาคารถนน ลำลูกกา อำเภอ ลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศใต้และ ผนังอาคารในส่วนซ่อมบำรุงยาน ยนต์ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้</p> <ol data-bbox="1023 902 1422 1525" style="list-style-type: none"> <li>1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีพื้นที่ ทั้งสิ้น 25% ของพื้นที่ผนัง ทั้งหมด</li> <li>2. ผนังช่องเหล็กมีพื้นที่ทั้งสิ้น 35 % ของพื้นที่ผนังทั้งหมดผนัง ช่องเหล็กมีความสูง 2.50 เมตร ความยาวอยู่ในระยะช่วงเสา และ ติดตั้งสูงจากพื้น 3.65 เมตร</li> <li>3. ช่องเปิดผนังอาคาร (ประตูและ หน้าต่าง) มีพื้นที่ทั้งสิ้น 40% ของ พื้นที่ผนังทั้งหมด</li> </ol>

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	อาคารที่ทำการสำรวจ	รายละเอียดอาคารที่ทำการสำรวจ
4	<div data-bbox="395 510 906 887" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="485 891 810 943" data-label="Caption">รูปแสดงด้านหน้าอาคาร</div> <div data-bbox="395 949 906 1326" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="472 1330 829 1382" data-label="Caption">ผนังเกล็ดและช่องเปิดผนัง</div> <div data-bbox="422 1388 880 1989" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="501 1993 801 2045" data-label="Caption">รูปแสดงภายในอาคาร</div>	<p>บริษัท ฟิงคนคร เซล แอนด์ เซอร์วิส จำกัด (ศูนย์ฮอนด้าสาขาสี่แยกสนามบิน) ที่ตั้งอาคารเลขที่ 101 หมู่ 6 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศตะวันตก ตัวอาคารตั้งอยู่ในแนว Latitude 18.7533°N, Longitude 98.9665°E ถึง Longitude 98.968°E</p> <p>ผนังอาคารในส่วนซ่อมบำรุงยานยนต์ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีพื้นที่ทั้งสิ้น 59% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด</li> <li>2. ผนังช่องเกล็ดมีพื้นที่ทั้งสิ้น 30% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด ผนังช่องเกล็ดมีความสูง 2.20 เมตร ความยาวอยู่ในระยะช่วงเสา และติดตั้งสูงจากพื้น 3.40 เมตร</li> <li>3. ช่องเปิดผนังอาคารมีพื้นที่ทั้งสิ้น 11% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด</li> </ol>

## 2 การวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจอาคารเบื้องต้นนั้น ได้กำหนดหลักเกณฑ์ เพื่อให้สัมพันธ์ต่อวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ที่สำคัญคือ มีผนังเกล็ดมากถึง 30% มีช่องเปิดที่ไม่มากเกินไป และไม่มีวัสดุหลากหลาย ซึ่งการศึกษานี้ได้ศึกษาผนังเกล็ดเป็นสำคัญ รวมถึงมีผู้แนะนำซึ่งการเข้าถึงอาคารเนื่องจากอาคารเหล่านี้เป็นกิจการของเอกชน ซึ่งมีความยากที่จะเข้าไปสำรวจ เพราะเหตุผลทางธุรกิจ จากเงื่อนไขเหล่านี้ จึงได้เลือกอาคารที่เข้าตามกฎเกณฑ์ คืออาคารในลำดับที่ 4.ศูนย์บริการฮอนด้า สาขาสี่แยกสนามบิน ของบริษัท ฟิงคนคร เซล แอนด์ เซอร์วิส จำกัด เนื่องจาก 1 ลักษณะอาคารเป็นอาคารประเภทอุตสาหกรรม 2 มีผนังเกล็ดที่มากกว่าช่องเปิดผนังอาคาร 3 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศจะแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ ซึ่งในฤดูหนาวจะมีอากาศที่แห้งและหนาวเย็นกว่า 4 มีความสามารถในการสำรวจอาคารนี้ตลอด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 10 ภาพถ่ายดาวเทียม ของอาคารศูนย์ฮอนด้า สาขาสี่แยกสนามบิน จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 3 เกณฑ์การคัดเลือกเพื่อใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	รายละเอียด	ศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์			
		ศูนย์มาสด้า สาขา ลาดพร้าว	ศูนย์มาสด้า สาขา พัฒนาการ	ศูนย์อีซูซุ สาขา ลำลูกกา	ศูนย์ฮอนด้า สาขาสี่แยก สนามบิน
1	ที่ตั้งและการวางตำแหน่ง อาคาร	1	1	3	3
2	มาตรฐานรูปแบบอาคาร	3	1	3	2
3	พื้นที่ผนังเหล็กต่อพื้นที่ ช่องเปิดผนังอาคาร	2	1	3	3
4	ความหลากหลายของ วัสดุประกอบอาคาร	3	1	3	3
5	ความสามารถในการ สำรวจอาคาร	1	1	1	3
รวมคะแนน		<b>10</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

หมายเหตุ 1 = พอใช้    2 = ดี    3 = ดีมาก

การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ จากสำนักงานอุตุนิยมวิทยา ซึ่งตั้งอยู่บริเวณสนามบินจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศราย 3 ชั่วโมงตั้งแต่ปี พ.ศ.2541 ถึงปี พ.ศ.2550 มาจำลองในโปรแกรม SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย จะได้อุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปี อยู่ที่ 25.70 องศาเซลเซียส

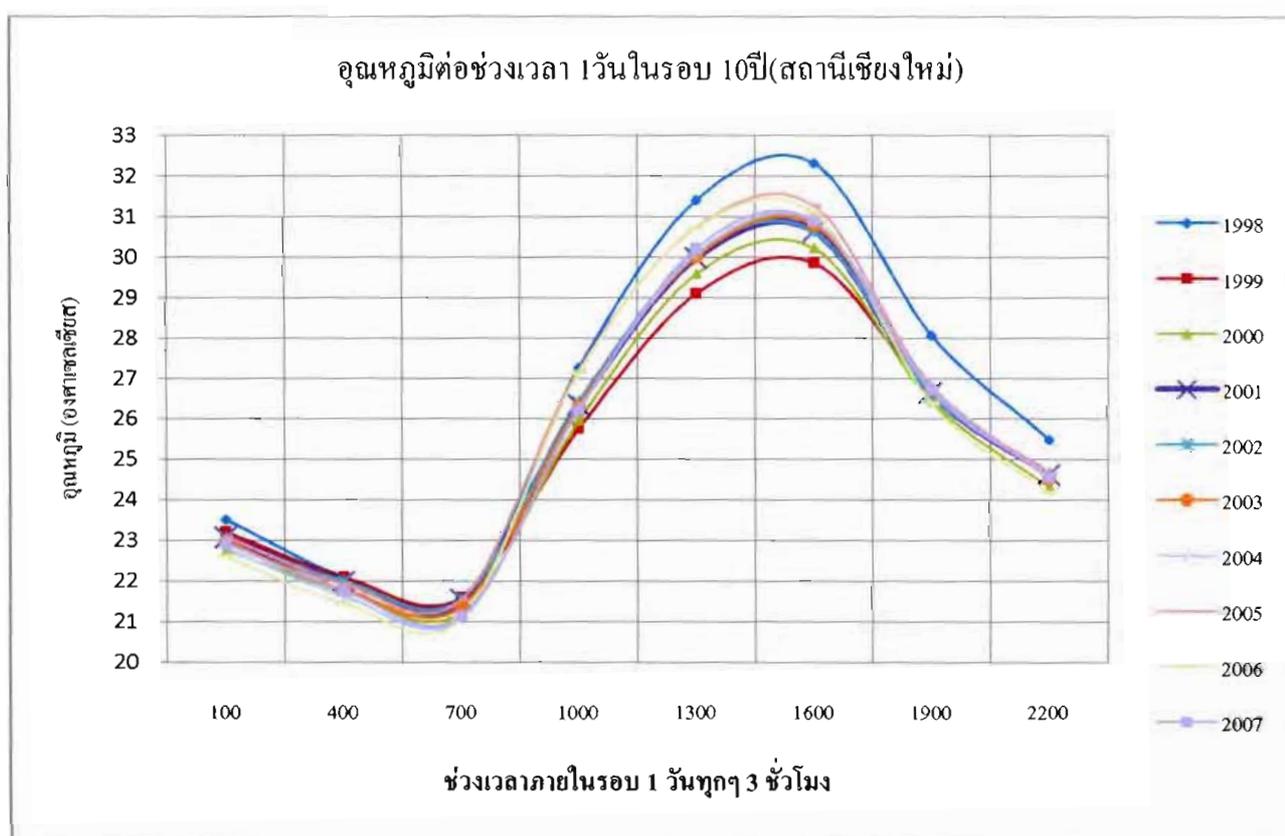
ตารางที่ 4 การหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ภายในรอบ 10 ปี

### Statistic

TEMP

N	Valid	29,216
	Missing	0
Mean		25.658
Variance		21.89665

จากการวิเคราะห์ตารางทำให้ทราบว่าข้อมูลที่ใช้ทั้งหมด 29,216 ข้อมูล มีค่าความผิดพลาดเป็น 0 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 25.66 องศาเซลเซียสและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 21.90



แผนภูมิที่ 1 อุณหภูมิราย 3 ชั่วโมงภายในรอบ 1 วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี

สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งใช้วิธีวิเคราะห์ แบบเดียวกับอุณหภูมิได้ค่าเฉลี่ย 10 ปีอยู่ที่ 73.58 เปอร์เซ็นต์

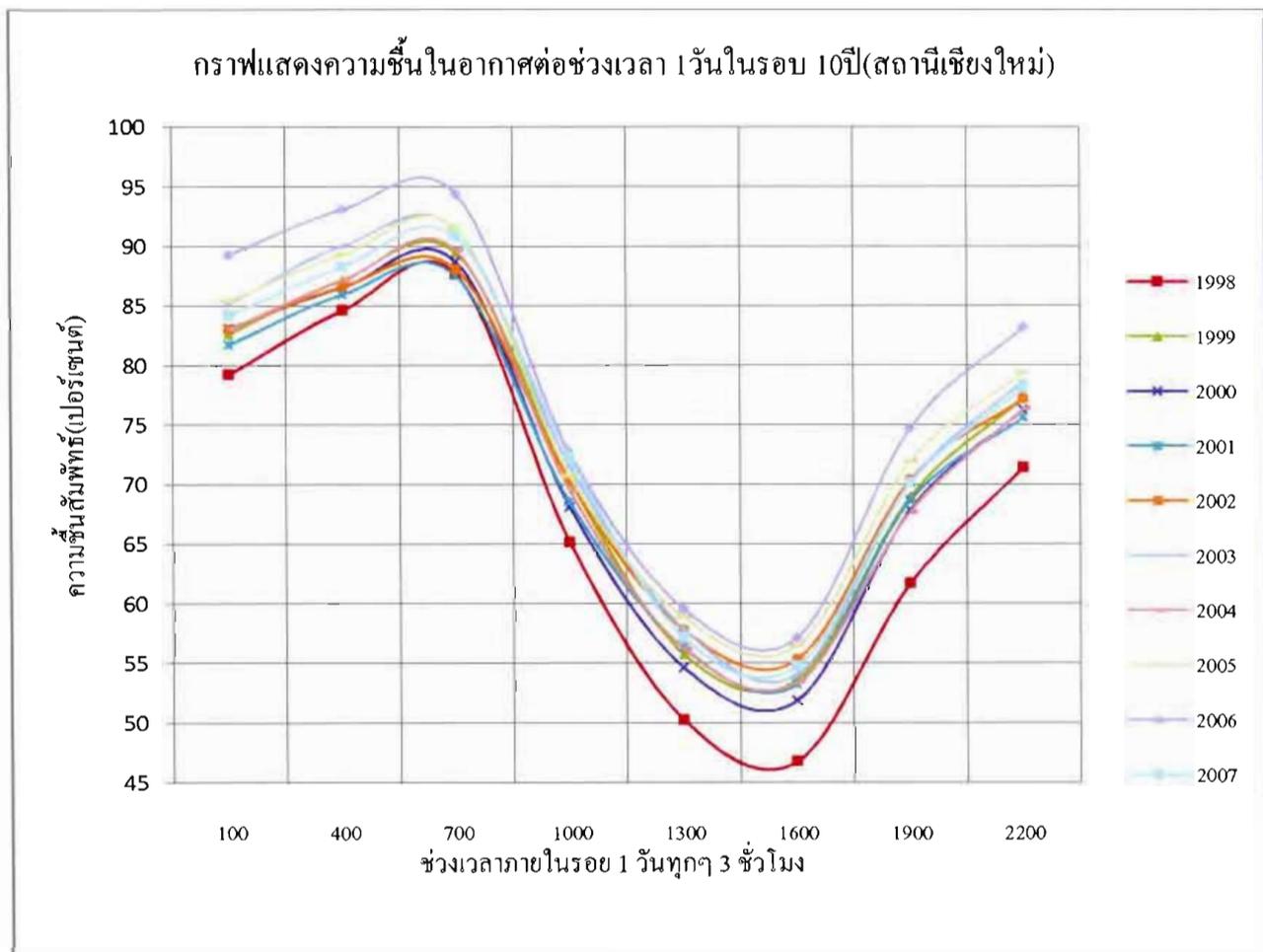
ตารางที่ 5 การหาค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ในรอบ 10 ปี

### Statistic

VAR00001

N	Valid	29,216
	Missing	0
Mean		73.5808

จำนวนข้อมูลและค่าความผิดของความชื้นสัมพัทธ์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์อุณหภูมิ ซึ่งได้ค่าความชื้นเฉลี่ย 73.58 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ราย 3 ชั่วโมงภายในรอบ 1 วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี

และความเร็วลม ได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ย อยู่ที่ 1.38 เมตรต่อวินาที ทิศทางเด่นของกระแสลม อยู่ระหว่างทิศใต้และทิศตะวันตก.

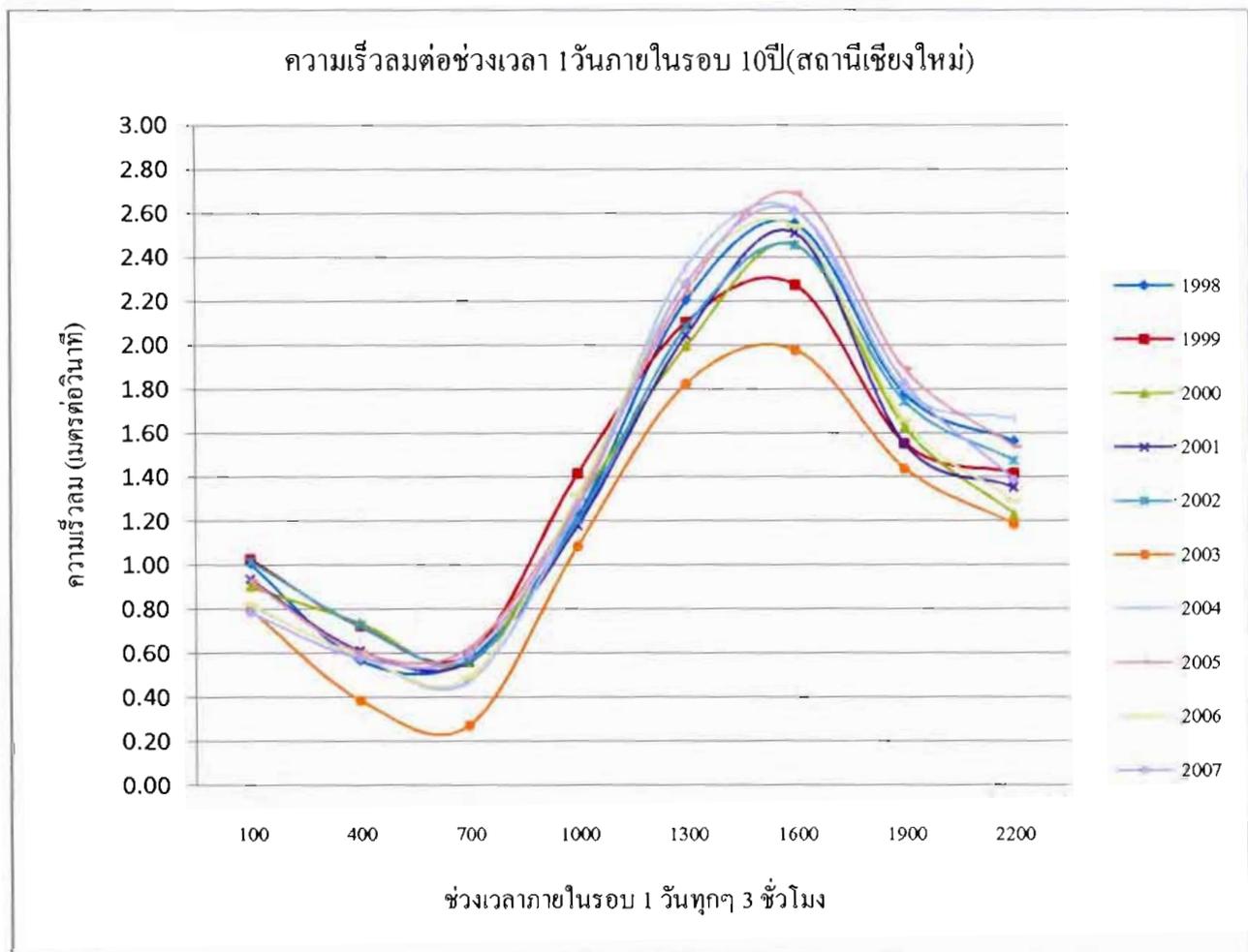
ตารางที่ 6 การหาค่าเฉลี่ยกระแสลมของสถานีจังหวัดเชียงใหม่ภายในรอบ 10 ปี

### Statistic

WIND

N	Valid	29,216
	Missing	0
Mean		1.3795

จำนวนข้อมูลและค่าความผิดของความเร็วมก็เช่นเดียวกับการวิเคราะห์อุณหภูมิซึ่งได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.38 เมตรต่อวินาที



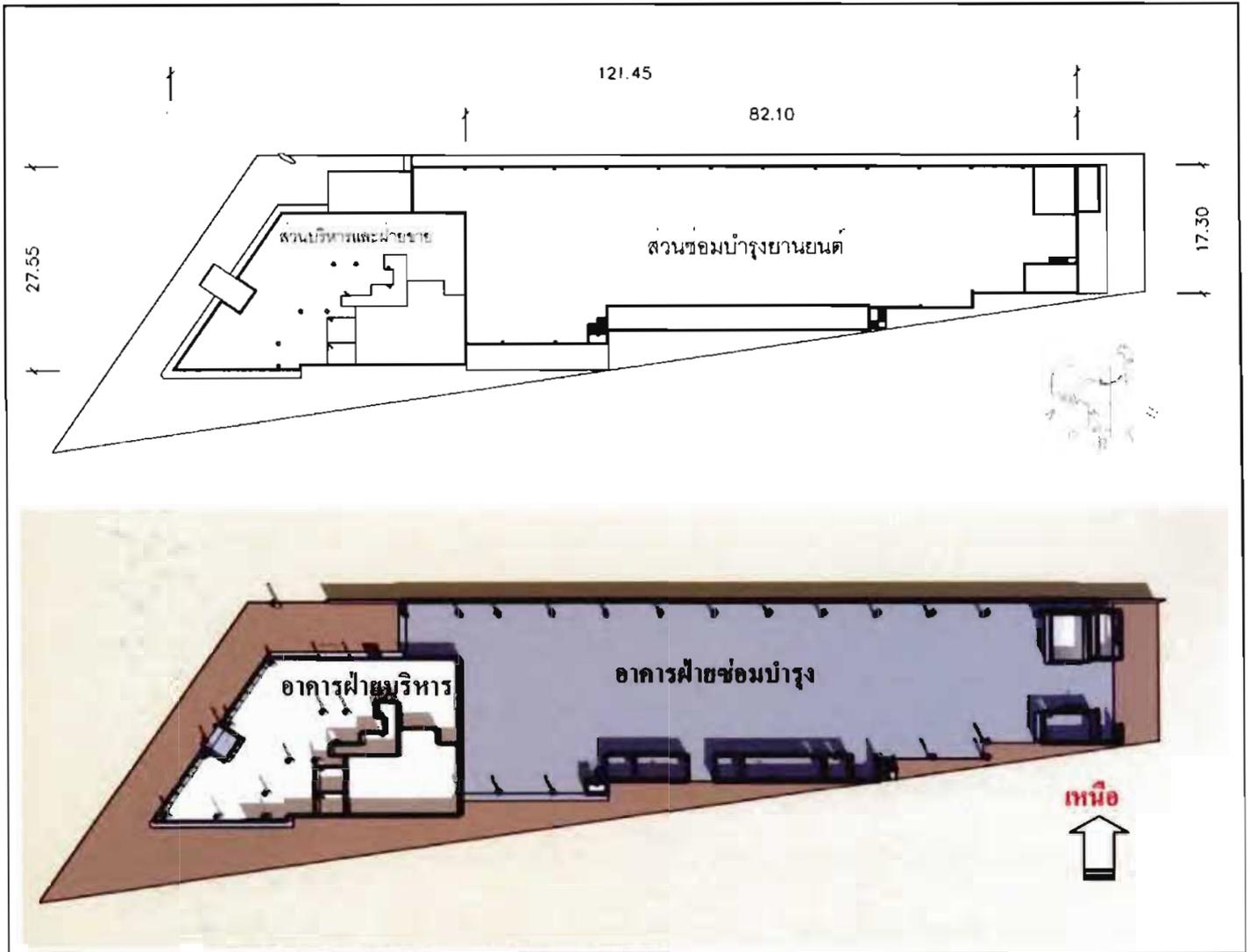
แผนภูมิที่ 3 ความเร็วลมราย 3 ชั่วโมงภายในรอบ 1วัน สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ข้อมูล 10 ปี

รายละเอียดจากการสำรวจอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

1 ด้านสถาปัตยกรรม อาคารนี้ มีลักษณะทางกายภาพ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) สองชั้นแนวราบขนาดใหญ่ มีพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 3,392 ตารางเมตร ภายในแบ่งกิจกรรม ออกเป็นสองส่วนหลักคือ 1 ส่วนบริหาร 2 ส่วนบริการศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ส่วนบริหารนั้น ประกอบด้วย โชว์รูมรถยนต์ ฝ่ายขาย ฝ่ายบริหาร ฝ่ายธุรการ โถงรับรอง ห้องน้ำ ห้องประชุม ห้องเก็บของ รวมมีพื้นที่ 1,189 ตารางเมตร (คิดเป็น 35%ของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด) และส่วนซ่อมบำรุง มีจำนวนพื้นที่รวม 2,203 ตารางเมตร (คิดเป็น 65%ของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด) ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังแผนภูมิที่ 4



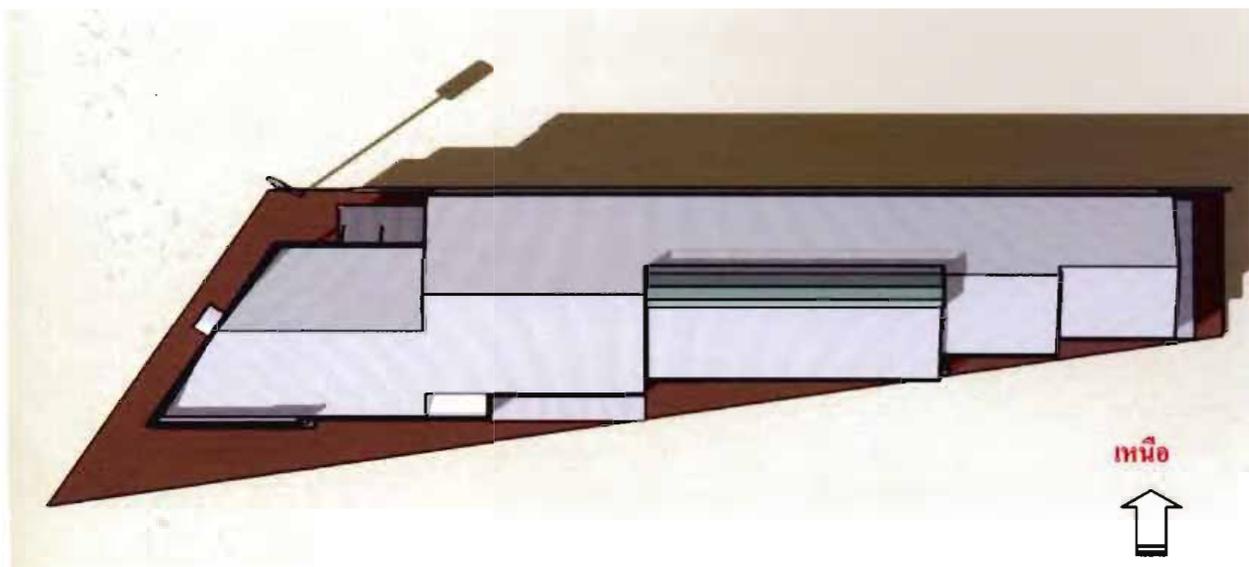
แผนภูมิที่ 4 แสดงสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยในส่วนซ่อมบำรุง



ภาพที่ 11 แปลนชั้นล่างของอาคารกรณีศึกษา

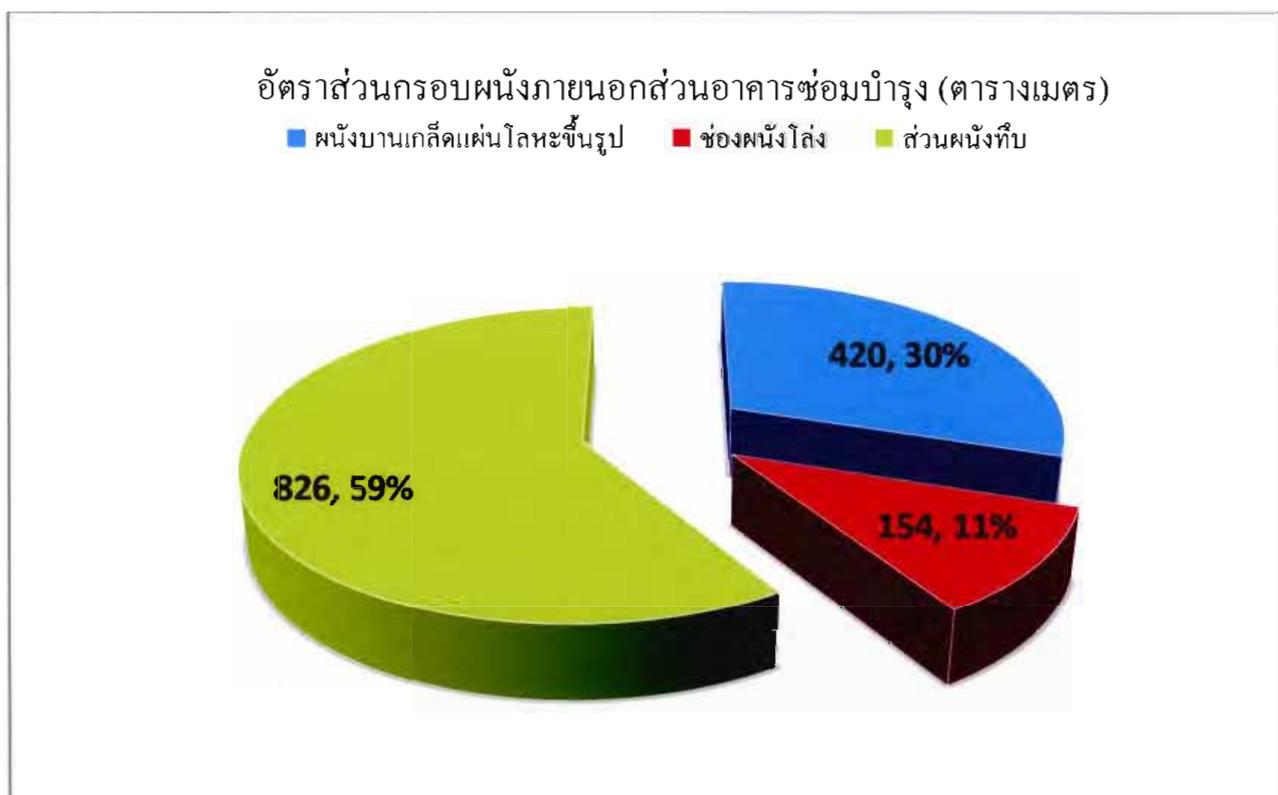


ภาพที่ 12 แปลนชั้นสองของอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 13 แพลนชั้นหลังคาของอาคารกรณีศึกษา

วัสดุอาคารนี้ประกอบด้วย หลังคาโครงเหล็กมุงด้วยแผ่น Metal sheet ผนังภายนอกอาคารนั้นสามารถจำแนกได้เป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 อาคารฝ่ายบริหาร ผนังอาคารภายนอกจะเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน และกระจกเปลือยรวมถึงประตูและหน้าต่างกระจก ส่วนที่ 2 ผนังภายนอกอาคารฝ่ายซ่อมบำรุง มีพื้นที่ทั้งสิ้น 1,400 ตารางเมตร ส่วนใหญ่จะเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเหล็กโลหะรีดขึ้นรูป และช่องผนังโล่ง โดยมีสัดส่วนดังนี้



แผนภูมิที่ 5 อัตราส่วนกรอบผนังภายนอก ส่วนอาคารซ่อมบำรุง



ภาพที่ 14 บริเวณทางเข้าด้านหน้าอาคาร

2 ด้านสภาพภูมิอากาศ การสำรวจอาคารกรณีศึกษา ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2551 ทุก ๆ 1 ชั่วโมงภายในรอบ 1 วัน (24 ชั่วโมง) ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 สภาพภูมิอากาศภายนอก โดยใช้เครื่องมือ Testo 645 วัดอุณหภูมิ , Testo H1 วัดความชื้น , Testo 405-V1 วัดความเร็วลม โดยได้ทำการวัดทั้ง 4 ด้านรอบอาคาร ในระดับความสูงที่ 1.20 เมตร วัดชั่วโมงละ 1 ครั้ง มีดังนี้

อุณหภูมิ ภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ย **23.87 องศาเซลเซียส** โดยแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ยดังนี้

ด้านทิศเหนือ มีค่าเฉลี่ยที่ 23.51 องศาเซลเซียส

ด้านทิศใต้ มีค่าเฉลี่ยที่ 24.48 องศาเซลเซียส

ด้านทิศตะวันออก มีค่าเฉลี่ยที่ 23.78 องศาเซลเซียส

ด้านทิศตะวันตก มีค่าเฉลี่ยที่ 23.72 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิสูงสุด 31.70 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 13.00 น. ทางด้านทิศใต้

อุณหภูมิต่ำสุด 19.90 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 5.00 น. ถึง 6.00 น. ทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย **60.18 เปอร์เซ็นต์** โดยแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ยดังนี้

ด้านทิศเหนือมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 62.03 เปอร์เซ็นต์

ด้านทิศใต้มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 58.60 เปอร์เซ็นต์

ด้านทิศตะวันออกมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 58.43 เปอร์เซ็นต์

ด้านทิศตะวันตกมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61.64 เปอร์เซ็นต์

ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 88.20 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลา 7.00 น. ทางด้านทิศเหนือ

ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 28.30 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลา 14.00 น. ทางด้านทิศตะวันออก

ความเร็วลมมีค่าเฉลี่ย **0.39 เมตรต่อวินาที** โดยแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ยดังนี้

ด้านทิศเหนือ มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.37 เมตรต่อวินาที

ด้านทิศใต้ มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.24 เมตรต่อวินาที

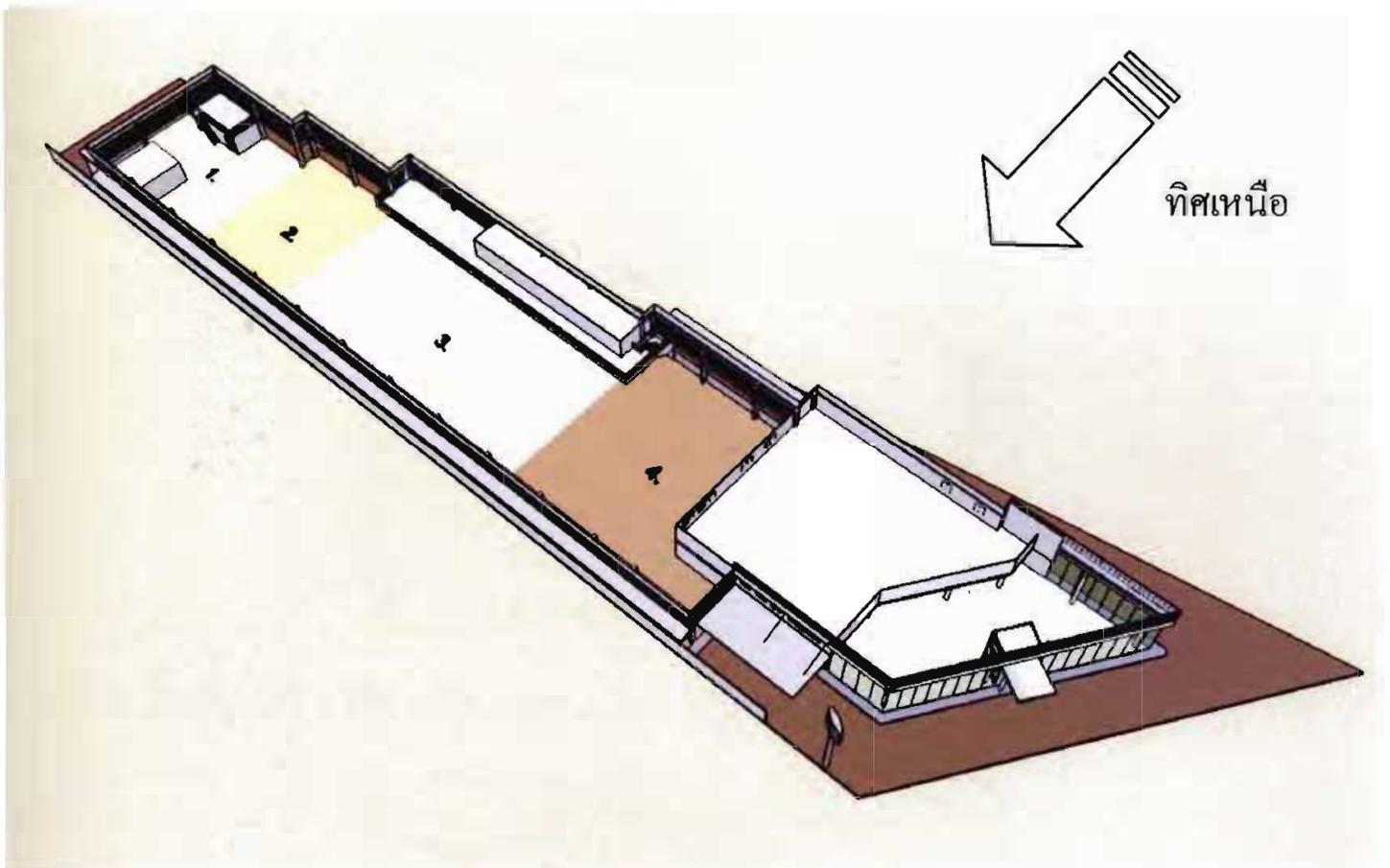
ด้านทิศตะวันออก มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.21 เมตรต่อวินาที

ด้านทิศตะวันตก มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.72 เมตรต่อวินาที

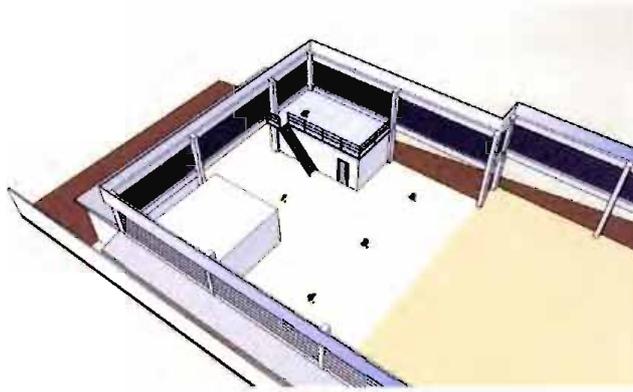
ความเร็วลมสูงสุด 2.45 เมตรต่อวินาที ช่วงเวลา 10.00 น. ทางด้านทิศตะวันตก

ความเร็วลมต่ำสุด 0.00 เมตรต่อวินาที ช่วงเวลา 2.00 น. และ 9.00 น. ทางด้านทิศตะวันออก

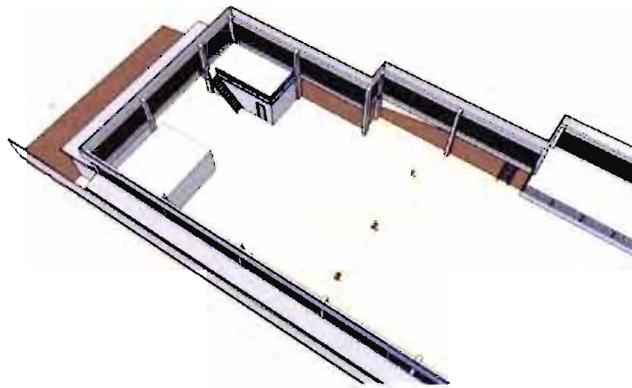
2.2 สภาพภูมิอากาศภายในใช้เครื่องมือเช่นเดียวกับการสำรวจภายนอก ได้ทำการวัดพื้นที่เป็น 4 ส่วนตามรูปแบบของพื้นที่ภายในอาคาร ในระดับความสูงที่ 1.20 เมตร โดยกำหนดจากระดับร่างกายผู้สำรวจ และ 2.50 เมตร กำหนดจากระดับที่ใกล้เคียงแนวติดตั้งผนังเกล็ด



ภาพที่ 15 การแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน เพื่อสำรวจภายในอาคารกรณีศึกษา



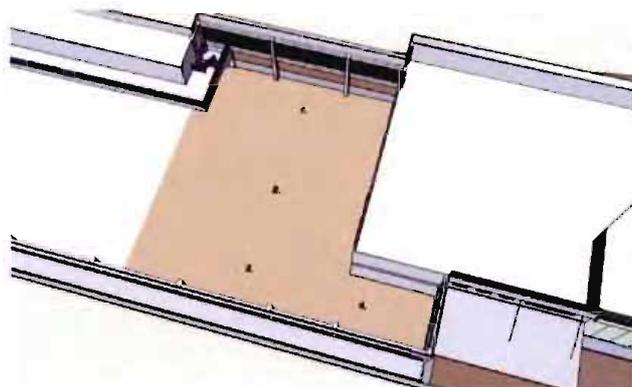
ภาพที่ 16 พื้นที่ส่วนที่ 1 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 5 จุด



ภาพที่ 17 พื้นที่ส่วนที่ 2 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 3 จุด



ภาพที่ 18 พื้นที่ส่วนที่ 3 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจ 4 จุด



ภาพที่ 19 พื้นที่ส่วนที่ 4 ได้กำหนดตำแหน่งในการสำรวจอยู่ที่ 4 จุด

อุณหภูมิภายในทั้ง 4 ส่วนมีค่าเฉลี่ย **24.01 องศาเซลเซียส** โดยแต่ละส่วนมีค่าเฉลี่ยดังนี้

พื้นที่ส่วนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยที่ 23.96 องศาเซลเซียส

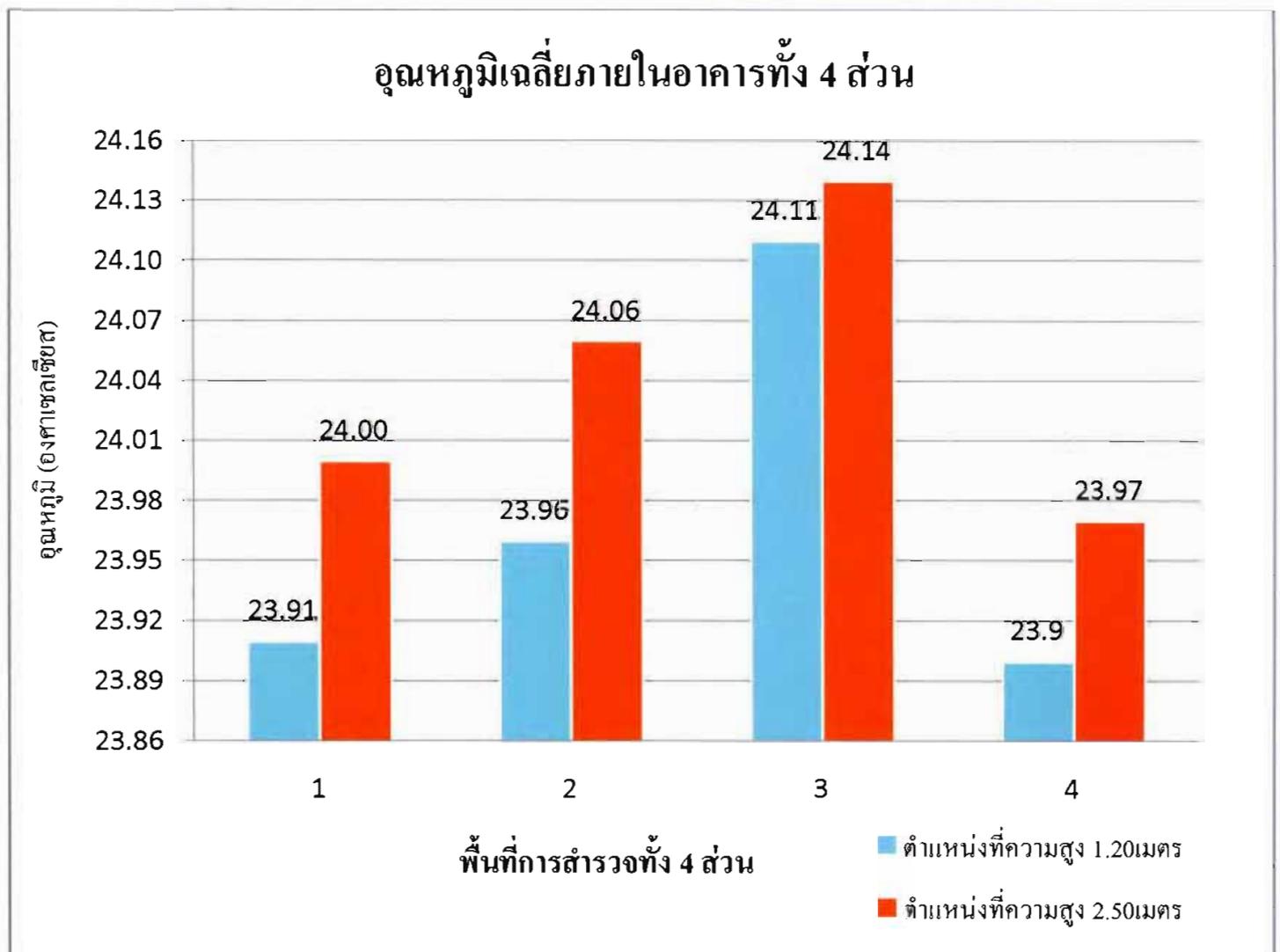
พื้นที่ส่วนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยที่ 24.01 องศาเซลเซียส

พื้นที่ส่วนที่ 3 ค่าเฉลี่ยที่ 24.13 องศาเซลเซียส

พื้นที่ส่วนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยที่ 23.94 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 24.14 องศาเซลเซียส อยู่ในพื้นที่ส่วนที่ 3 ในระดับความสูงที่ 2.50 เมตร

อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 23.90 องศาเซลเซียส อยู่ในพื้นที่ส่วนที่ 4 ในระดับความสูงที่ 1.20 เมตร



แผนภูมิที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารทั้ง 4 ส่วน

ความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 4 ส่วนมีค่าเฉลี่ย **60.07** เปอร์เซ็นต์ โดยแต่ละส่วนมีค่าเฉลี่ยดังนี้

พื้นที่ส่วนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60.06 เปอร์เซ็นต์

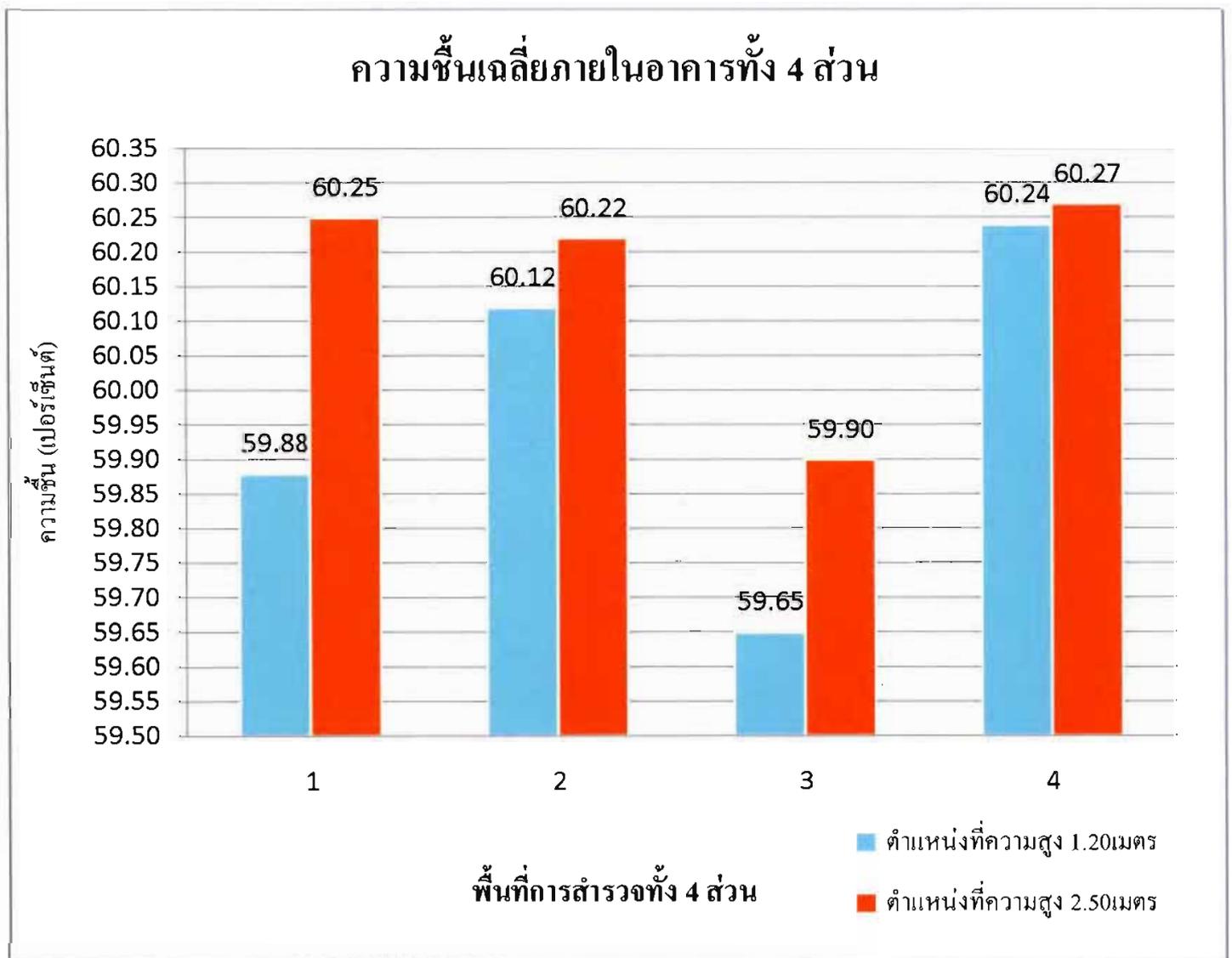
พื้นที่ส่วนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60.17 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่ส่วนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 59.78 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่ส่วนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60.26 เปอร์เซ็นต์

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด 60.27 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในพื้นที่ส่วนที่ 4 ในระดับความสูง  
ที่ 2.50 เมตร

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด 59.65 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในพื้นที่ส่วนที่ 3 ในระดับความสูง  
ที่ 1.20 เมตร



ความเร็วลมทั้ง 4 ส่วนมีค่าเฉลี่ย **0.20 เมตรต่อวินาที** โดยแต่ละส่วนมีค่าเฉลี่ยดังนี้

โซนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.21 เมตรต่อวินาที

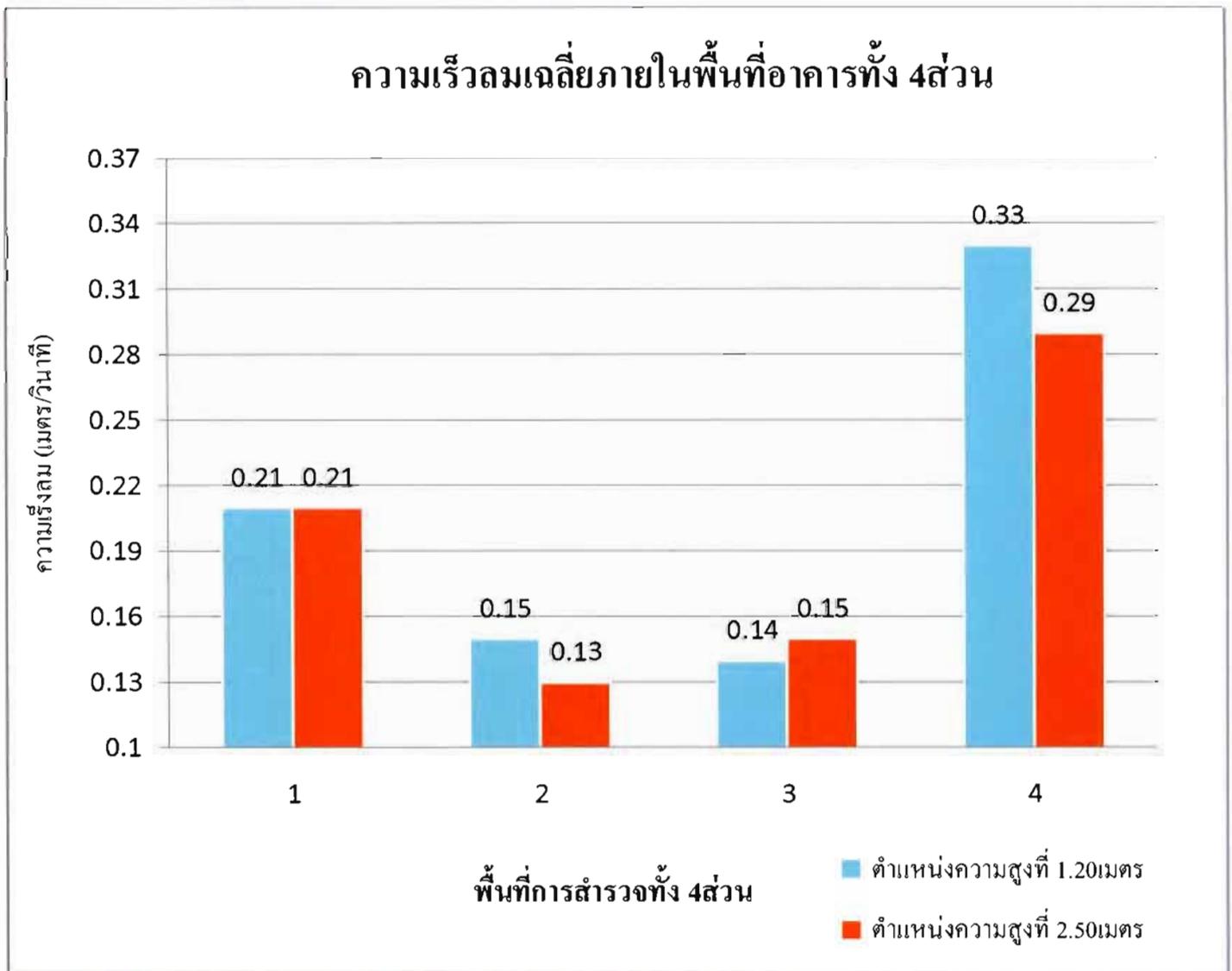
โซนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.14 เมตรต่อวินาที

โซนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.15 เมตรต่อวินาที

โซนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 0.31 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.33 เมตรต่อวินาที อยู่ในโซนที่ 4 ในระดับความสูงที่ 1.20 เมตร

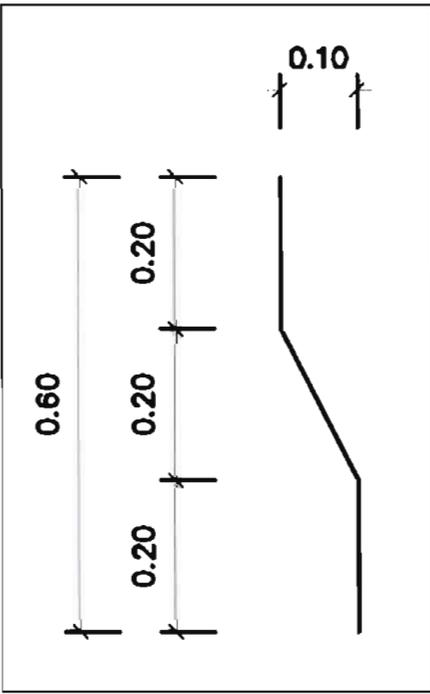
ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุด 0.13 เมตรต่อวินาที อยู่ในโซนที่ 2 ในระดับความสูงที่ 2.50 เมตร



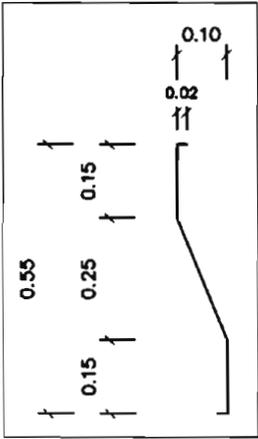
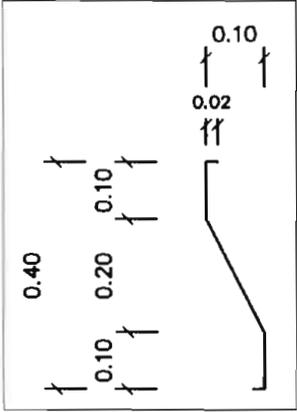
### 3 ชนิดของเกล็ดที่ใช้ในการศึกษา

ผนังเกล็ดที่นำมาติดตั้งในอาคารอุตสาหกรรมนั้น ส่วนมากจะใช้วัสดุในการขึ้นรูปได้แก่ แผ่นซีเมนต์ขึ้นรูป และแผ่นโลหะขึ้นรูป จากการสำรวจข้อมูลทางด้านวัสดุประกอบอาคารสามารถจำแนกได้ดังนี้

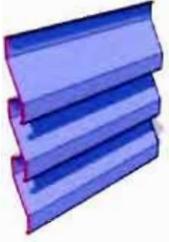
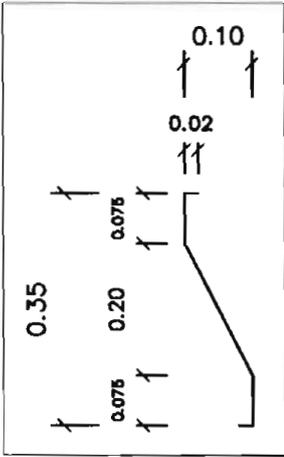
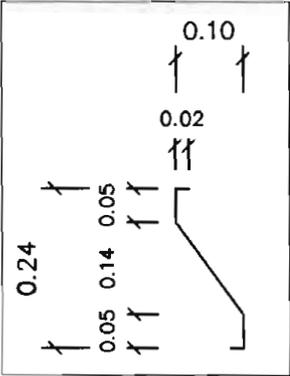
ตารางที่ 7 รายละเอียดของผนังเกล็ดแต่ละแบบ

ลำดับ	รายละเอียด	บริษัท	รุ่นสินค้า
1	  <p data-bbox="414 1993 782 2027">ขนาดหน้าตัด 10 ซม. x 60 ซม.</p> <p data-bbox="383 2049 813 2094">วัสดุในการผลิตคือแผ่นซีเมนต์ขึ้นรูป</p>	<p data-bbox="965 828 1268 1176">บมจ.กระเบื้องกระดาศ ไทย (เครือซีเมนต์ไทย) เลขที่ 1 ถนนปูนซีเมนต์ ไทย บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทร. 0-2586-222 โทรสาร. 0-2586-2944</p>	-

ตาราง 7 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	บริษัท	รุ่น สินค้า
2	  <p data-bbox="357 1211 836 1323">ขนาดหน้าตัด 10 ซม. x 55 ซม. วัสดุในการผลิตคือแผ่นโลหะขึ้นรูป</p>	BHP. Steel Lysaght ( Thailand) Ltd.	LYASGH T TYPE 626
3	  <p data-bbox="357 2072 836 2184">ขนาดหน้าตัด 10 ซม. x 40 ซม. วัสดุในการผลิตคือแผ่นโลหะขึ้นรูป</p>	BHP. Steel Lysaght ( Thailand) Ltd	LYASGH T TYPE 470
		ASA Steel Products Ltd.,	ASA. LOUVER TYPE 457
		บริษัท ซีเมนต์ไทย การตลาด จำกัด	แผ่นเกล็ด Dragon

## ตาราง 7 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	บริษัท	รุ่นสินค้า
4	  <p data-bbox="352 1223 794 1330">ขนาดหน้าตัด 10 ซม. x 35 ซม. วัสดุในการผลิตคือแผ่นโลหะขึ้น</p>	ASA Steel Products Ltd.,	ASA. LOUVE R TYPE 400
5	  <p data-bbox="336 2074 815 2181">ขนาดหน้าตัด 10 ซม. x 24 ซม. วัสดุในการผลิตคือแผ่นโลหะขึ้นรูป</p>	BHP. Steel Lysaght (Thailand) Ltd.	LYASG HT TYPE 313
		ASA Steel Products Ltd.,	ASA. LOUVE R TYPE 300

รายละเอียดของผนังเกล็ดแต่ละแบบมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่แตกต่างกัน ฉะนั้นจึงต้องทำการทดสอบดังนี้

- 1 เลือกจำลองผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ
- 2 สังเกตและประเมินผล ลักษณะรูปแบบ และทิศทางการไหล

#### 4 การจำลองอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา

ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ได้สร้างตัวอย่างการจำลองอาคารเพื่อใช้ทดสอบ ด้วยเครื่องมือ 2 ประเภท ได้แก่

- 1 การจำลองอาคารโดยโต๊ะน้ำ
- 2 การจำลองอาคารโดยคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม CFD

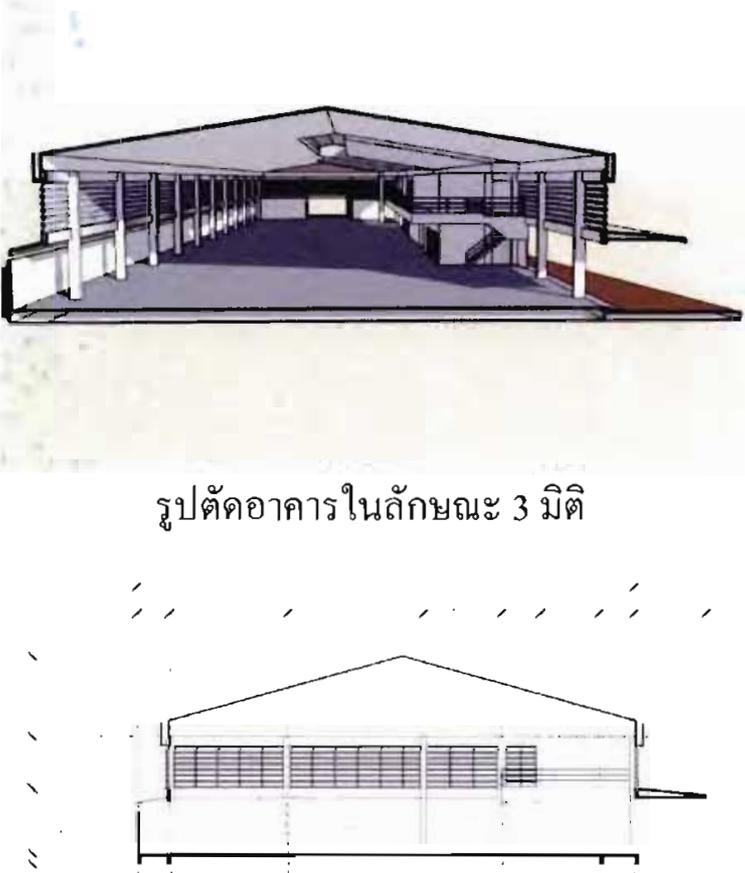
##### 4.1 การจำลองอาคารโดยโต๊ะน้ำ มีลำดับขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1 กำหนดทิศทางของไหลที่กระทำต่อผังบริเวณทั้งหมด 8 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

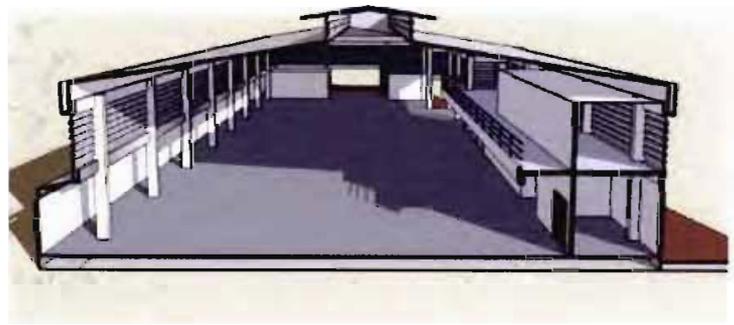
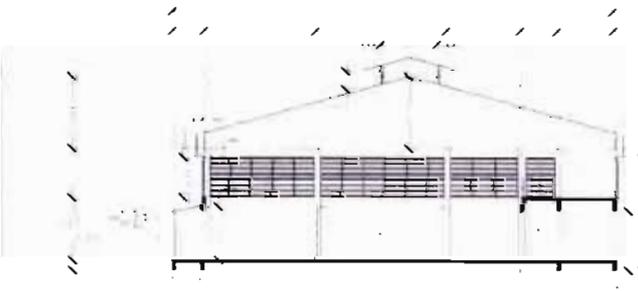
2 จำลองการไหลของของไหล ต่อแบบแปลนชั้นล่าง และชั้นบนของอาคารกรณีศึกษาโดยกำหนดทิศทางทั้ง 8 ทิศเช่นเดียวกับการจำลองผังบริเวณ

3 จำลองการไหล ในแบบรูปตัดอาคารกรณีศึกษาซึ่งอาคารนี้ได้ติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 3 และกำหนดแนวรูปตัดออกเป็น 4 แนว ตามการแบ่งพื้นที่จากการสำรวจภายในอาคารทั้ง 4 ส่วน แล้วจึงวิเคราะห์ถึงรูปแบบการไหลของของไหลต่อช่องเปิดและผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ

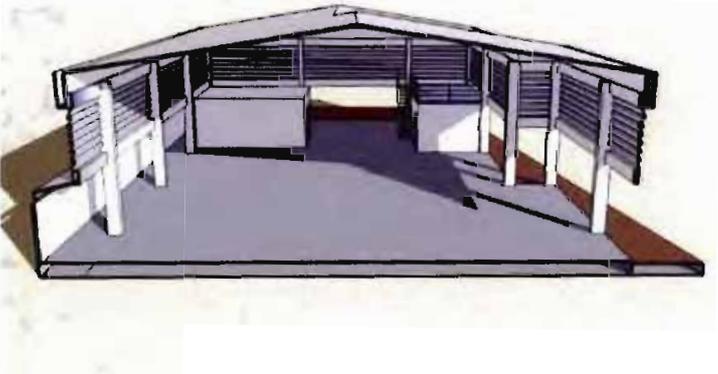
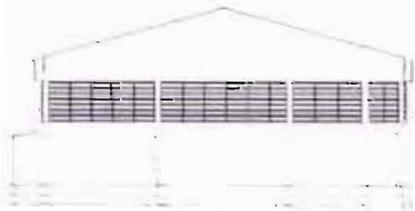
ตารางที่ 8 รายละเอียดในการจำลองรูปตัดโดยโต๊ะน้ำ

ลำดับ	รูปแบบการจำลองรูปตัดของอาคารกรณีศึกษา โดยโต๊ะน้ำ	ขั้นตอนในการศึกษา
รูปตัด แนวที่ 1	 <p data-bbox="391 1048 821 1108">รูปตัดอาคารในลักษณะ 3 มิติ</p> <p data-bbox="734 1473 933 1523">รูปตัด 1 - 1</p> <p data-bbox="399 1545 805 1601">รูปแสดงสัดส่วนของอาคาร</p>	<p data-bbox="1013 560 1492 840">ขั้นตอนที่ 1 จำลองอาคารกรณีศึกษาโดยถอดแผ่นเกล็ดออก ศึกษาการไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p> <p data-bbox="1013 862 1492 1142">ขั้นตอนที่ 2 ทำการติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 1,2,3,4,5 ตามลำดับโดยศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p>

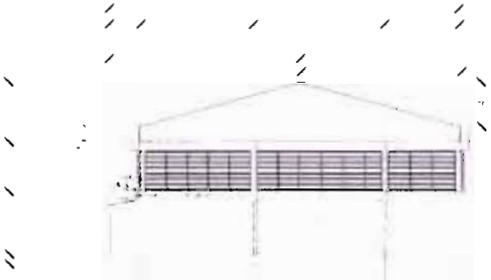
ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบการจำลองรูปตัดของอาคารกรณีศึกษา โดยโต๊ะน้ำ	ขั้นตอนในการศึกษา
รูปตัด แนวที่ 2	 <p>รูปตัดอาคารในลักษณะ 3 มิติ</p>  <p>รูปตัด 2 - 2</p> <p>รูปแสดงสัดส่วนของอาคาร</p>	<p>ขั้นตอนที่ 1 จำลองอาคารกรณีศึกษาโดยถอดแผ่นเกล็ดออกศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p> <p>ขั้นตอนที่ 2 ทำการติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 1,2,3,4,5 ตามลำดับโดยศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p>

## ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบการจำลองรูปตัดของอาคารกรณีศึกษา โดยโต๊ะน้ำ	ขั้นตอนในการศึกษา
รูปตัด แนวที่ 3	 <p data-bbox="395 1037 826 1093">รูปตัดอาคารในลักษณะ 3 มิติ</p>  <p data-bbox="735 1451 933 1507">รูปตัด 3 - 3</p> <p data-bbox="406 1529 810 1585">รูปแสดงสัดส่วนของอาคาร</p>	<p data-bbox="1023 562 1485 846">ขั้นตอนที่ 1 จำลองอาคารกรณีศึกษาโดยถอดแผ่นเกล็ดออกศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p> <p data-bbox="1023 857 1485 1142">ขั้นตอนที่ 2 ทำการติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 1,2,3,4,5 ตามลำดับโดยศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p>

## ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบการจำลองรูปตัดของอาคารกรณีศึกษา โดยโต๊ะน้ำ	ขั้นตอนในการศึกษา
รูปตัด แนวที่ 4	 <p data-bbox="363 1025 799 1077">รูปตัดอาคารในลักษณะ 3 มิติ</p>  <p data-bbox="708 1442 906 1480">รูปตัด 4 - 4</p> <p data-bbox="379 1536 788 1588">รูปแสดงสัดส่วนของอาคาร</p>	<p data-bbox="995 551 1458 831">ขั้นตอนที่ 1 จำลองอาคารกรณีศึกษาโดยถอดแผ่นเกล็ดออกศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p> <p data-bbox="995 846 1458 1126">ขั้นตอนที่ 2 ทำการติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 1,2,3,4,5 ตามลำดับโดยศึกษา การไหลของกระแสลมทั้ง 2 ทิศทาง</p>

4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณพลศาสตร์ของไหล ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1 การสร้างลักษณะรูปร่างของปัญหาและเงื่อนไขขอบเขต ขั้นตอนขั้นต้น (pre – processor) กระบวนการขั้นต้นนั้นเริ่มจากการสร้างพื้นที่ (DOMAIN) ของการไหลที่ต้องการทำการวิเคราะห์ เป็นขั้นตอนของการสร้างเส้นขอบ (line) การสร้างพื้นผิว (surface) รวมไปถึงปริมาตร (volume) ในกรณีที่เป็นการไหลในสามมิติ จากนั้นจึงแบ่งพื้นที่ (DOMAIN) ของการไหลที่สร้างขึ้นนี้ออกเป็นส่วนประกอบเล็กๆ (element) หรือแบ่งออกเป็นตารางย่อย (mesh) โดยเส้นตารางเหล่านี้จะตัดกันเป็นจุดต่อตัด (grid หรือ node) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณหาผลลัพธ์ของการไหล ได้แก่ ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนที่จะต้องกำหนดคุณสมบัติของของไหล และเงื่อนไขขอบเขตสำหรับปัญหาที่ต้องการทำการวิเคราะห์ด้วย

2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (analysis) การแบ่ง โดเมนของการไหลออกเป็นตารางที่มีความถี่มากจะทำให้เกิดจุดตัด ซึ่งประกอบด้วยตัวที่ไม่รู้ค่าจำนวนมากเพราะฉะนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องใช้เวลาในการคำนวณ (computational time) และปริมาณหน่วยความจำ (computer memory) เป็นจำนวนมากเพื่อที่จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง (solution accuracy) ความรู้พื้นฐานในระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ เพื่อแก้ปัญหาได้แก่ระเบียบวิธี finite difference นับตั้งแต่การแบ่งพื้นที่ โดเมนของปัญหาออกเป็นตาราง (mesh) ความเข้าใจในฟังก์ชัน การประมาณภายในของตาราง (mesh) ชนิดต่างๆ กันทั้งในแบบสองมิติและสามมิติ เพื่อนำไปสู่การกำหนดสมการ finite difference ที่สอดคล้องกับปัญหานั้น โดยการประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (method of weighted residuals) เข้ากับสมการเชิงอนุพันธ์ (integration) จากนั้นจึงค่อยทำความเข้าใจวิธีการประกอบสมการ finite difference จากตารางย่อยๆ ขึ้นเป็นระบบสมการรวม ก่อนประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต แล้ววิเคราะห์สมการรวมนี้ เพื่อหาค่าตัวที่ไม่รู้ค่าในลำดับต่อไป

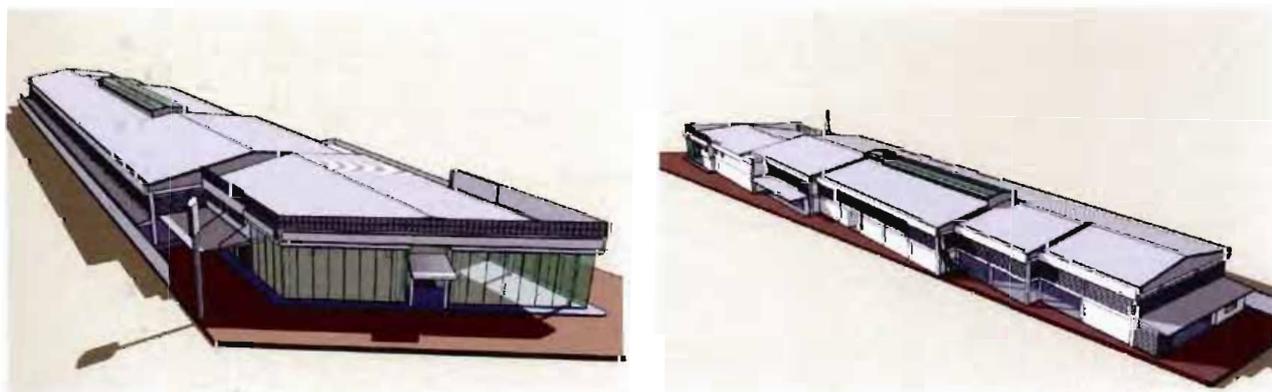
3 ขั้นตอนขั้นท้าย (post-processor) การแสดงผลลัพธ์ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลนั้น โดยปกติจะประกอบด้วยความเร็วย่อยในทิศแกนต่าง ๆ (velocity) ความดัน (pressure) และอุณหภูมิ (temperature) ตำแหน่งจุดตัดใดๆ ในโดเมนของการไหลนั้น ผลลัพธ์เหล่านี้ โดยปกติจะมีจำนวนมาก และอยู่ในรูปแบบของค่าตัวเลข ดังนั้นเพื่อให้เกิดเข้าใจใน

ฟิสิกส์ของสภาวะการไหล โดยเฉพาะปัญหาในสามมิติ การสร้างผลลัพธ์เหล่านี้ออกมาในรูปแบบของกราฟิกจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งยังสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบ เช่น การพล็อตเวกเตอร์ ทุกๆ จุดตัด ตลอดจนทั้งโดเมนของการไหล เพื่อแสดงลักษณะทิศทาง และสภาวะการหมุนในบริเวณต่างๆ ผลลัพธ์เหล่านี้ยังสามารถแสดงให้เห็นมองได้หลาย ทิศทาง (view) หรือแสดงในเชิงของการไหลที่มีความเคลื่อนไหว (fluid motion) เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่เป็นจริงมากขึ้น (ปราโมทย์ เดชะอำไพ 2545 : 17-20)

4.3 การจำลองอาคาร โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ใช้หลักการทำงานของ การคำนวณพลศาสตร์ของไหล ปริมาตรต่างๆ ในที่ว่างจะถูกแบ่งออกเป็น ปริมาตรย่อยๆ เรียกว่า “เซลล์” (cell) ในแต่ละเซลล์ จะถูกคำนวณเพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเร็วของอากาศในระนาบ X,Y,Z ความดันอากาศ อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งค่าตัวแปรในแต่ละเซลล์นั้น จะถูกสร้างเป็นสมการขึ้นในโปรแกรม โดยจะใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) จนได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผลจากการวิเคราะห์ของ โปรแกรม สามารถแสดงในรูปแบบของลูกศรหรือเวกเตอร์ และเฉดสีหรือสเกล่า เพื่อแสดงถึงรูปแบบ ทิศทาง ความเร็วของกระแสลม อุณหภูมิ และความดันอากาศ (เฉลิมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์, 2547) ได้อย่างชัดเจน การศึกษานี้มีขั้นตอน ดังนี้

#### 1 การขึ้นรูปวัตถุหรือหุ่นจำลองอาคาร

ข้อมูลจากการสำรวจอาคารกรณีศึกษาสามารถกำหนดการสร้างหุ่นจำลองอาคารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขอบเขต และข้อจำกัดของการจำลองอาคารคือ ลักษณะอาคารที่ใช้ในการจำลองนั้น ต้องมีปริมาตรเดียว ซึ่งต่างจากอาคารจริงที่จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมต่างๆ มิฉะนั้นจะเป็นปัจจัยที่ยากต่อการควบคุมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และในที่นี้ได้ขึ้นรูปเฉพาะส่วนอาคารซ่อมบำรุงเท่านั้นซึ่งใกล้เคียงกับอาคารจริงทุกประการ แต่จะปรับเฉพาะ แบบเกล็ดทั้ง 5 แบบเท่านั้น



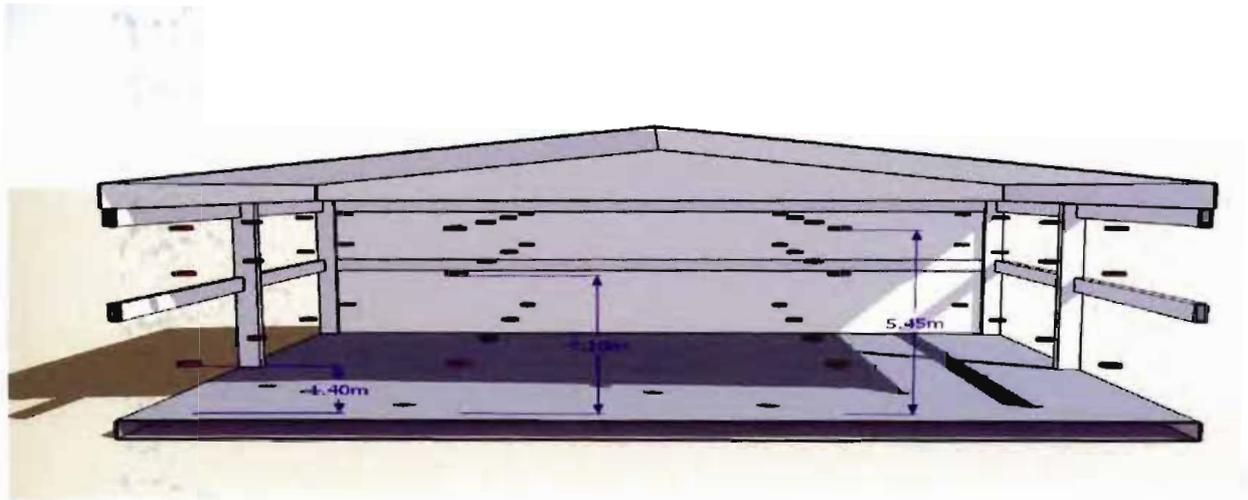
ภาพที่ 20 อาคารที่ใช้จำลอง โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

## 2 การกำหนดกระแสลม ที่ใช้ในโปรแกรม (CFD)

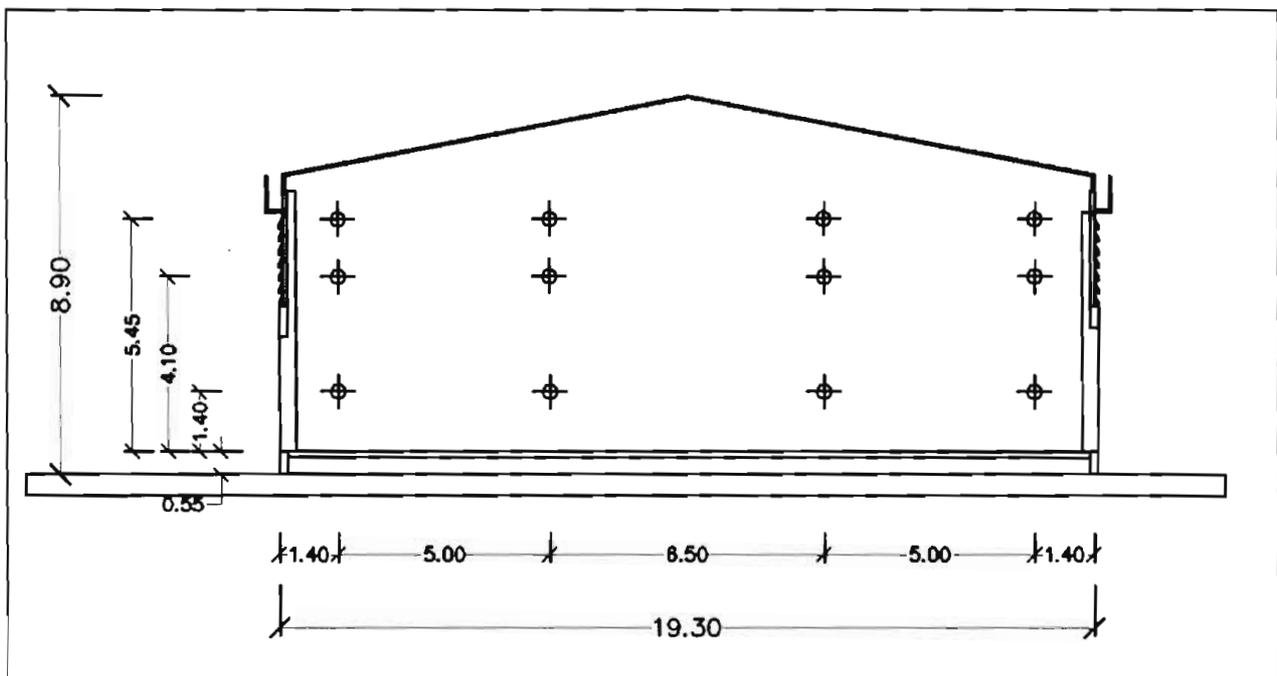
ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ความเร็วของกระแสลมที่ 1.38 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาสถานีเชียงใหม่

## 3 การกำหนดรูปแบบการบันทึกผลจากการวิเคราะห์ของโปรแกรม

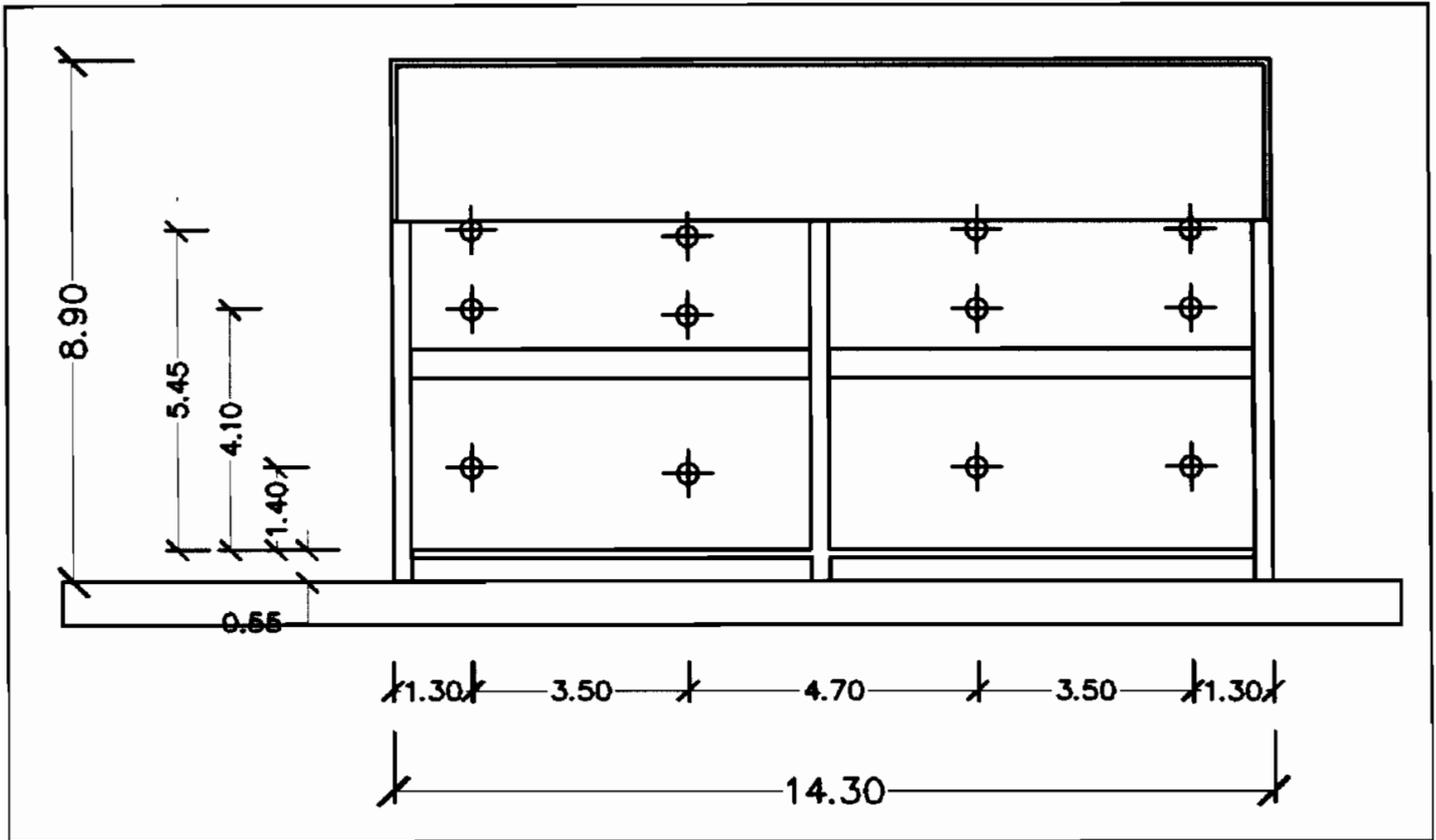
การวัดค่าความเร็วของกระแสลมในการจำลองอาคาร ได้กำหนดตำแหน่งที่อ้างอิงจากการสำรวจอาคารจริง แต่จะแตกต่างในเรื่องของความสูงที่เพิ่มขึ้น และเลือกพื้นที่เฉพาะส่วนที่ 2 เพื่อจำลอง ซึ่งพื้นที่ส่วนนี้ ได้กำหนดระดับความสูง 1.40 เมตร 4.10 เมตร และ 5.45 เมตร ดังนั้น ตำแหน่งจากแนวแกน X จำนวน 4 ตำแหน่ง แนวแกน Y จำนวน 3 ตำแหน่ง และแนวแกน Z จำนวน 4 ตำแหน่ง รวมแล้วจะมีทั้งหมดจะได้ 48 ตำแหน่ง



ภาพที่ 21 การกำหนดตำแหน่ง เพื่อการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ 2 ของอาคาร.



ภาพที่ 22 รูปตัดแนวยาว การกำหนดตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 23 รูปตัดแนวขวาง การกำหนดตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

การเพิ่มความสูงระดับในการวัดค่าความเร็วของกระแสลม ก็เพื่อต้องการแสดงผลให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งในลักษณะทิศทาง และความเร็วของกระแสลม ที่กระทำต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ

สำหรับการแสดงผลนั้นเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่าย ในรูปแบบของภาพ graphics จะประกอบด้วย รูปภาพแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม CFD ในลักษณะลูกศร หรือเวกเตอร์ ( vector ) เฉดสี ( scalar ) การผสมระหว่าง scalar และ vector รวมทั้งการแสดงผลการวิเคราะห์ ในลักษณะภาพเคลื่อนไหว (animation)

4 ในการจำลองนี้ยังได้กำหนดช่องเปิดผนังชั้นล่างแบ่งออกเป็น 5 กรณีดังนี้

- 1 กรณีเปิดผนังชั้นล่าง โถงทั้งหมดต่อการติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ
- 2 กรณีเปิดผนังชั้นล่าง โถงสูง 2.00 เมตร ต่อการติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ
- 3 กรณีปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร ต่อการติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ
- 4 กรณีปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร ต่อการติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ
- 5 กรณีปิดผนังชั้นล่างทั้งหมดต่อการติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ

## 5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

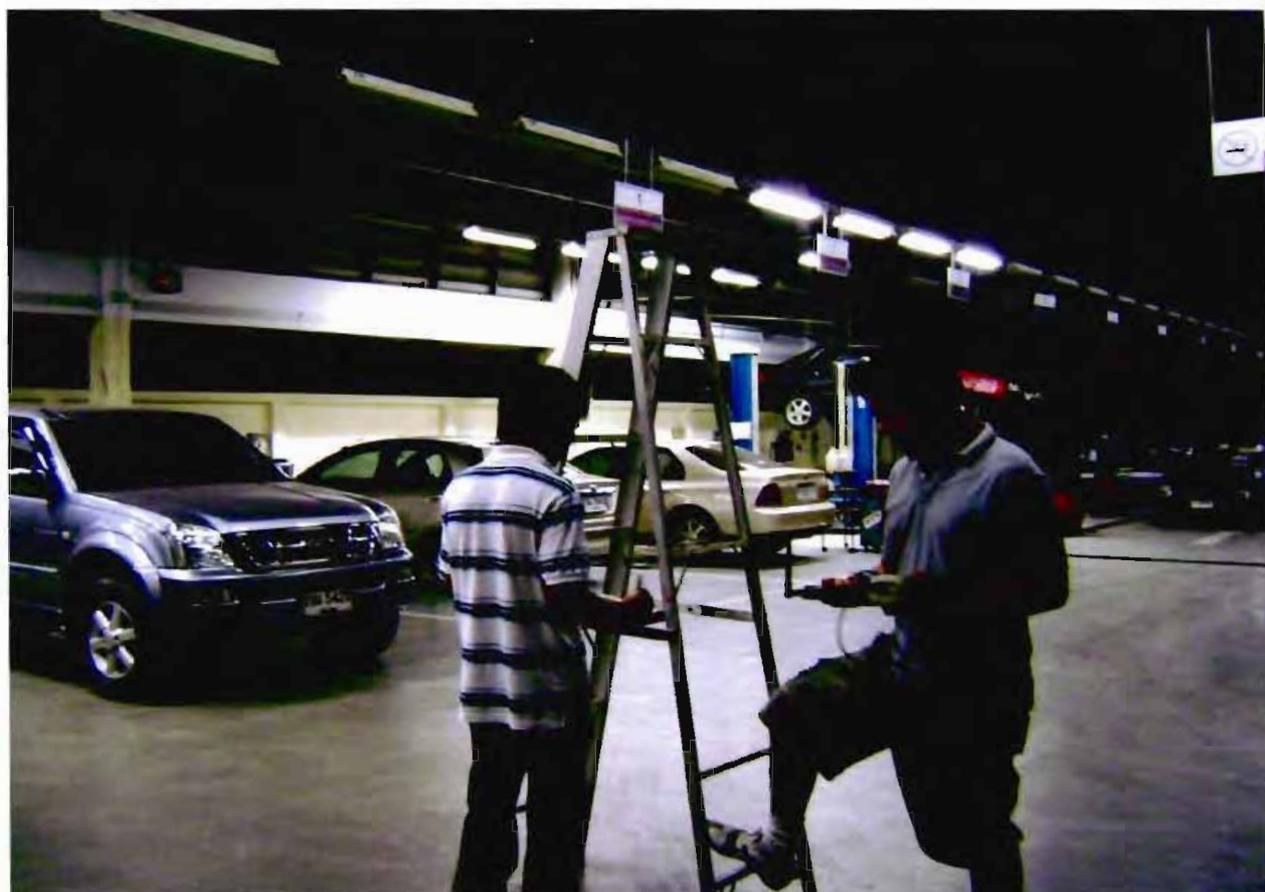
การศึกษานี้ ได้แบ่งวิธีการศึกษาด้วยเครื่องมือในทางปฏิบัติออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจสภาพอากาศในอาคารกรณีศึกษาและเครื่องมือในการจำลอง

กลุ่มเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลในส่วนของภาคสนาม ได้แก่

1 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ Testo 645 มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส

2 เครื่องมือวัดค่าความชื้นในอากาศประกอบด้วย Measuring Stick for Capacitive Sensor รุ่น Testo H1 ซึ่งจะเปลี่ยนค่าของประจุไฟฟ้า ให้สัมพันธ์กับความชื้นในอากาศ เครื่องมือนี้มีช่วงการวัดกว้างสามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (พันธุ์ดา พุฒิปาโรจน์ 2544 : 190)

3 เครื่องมือวัดค่าความเร็วกระแสลมประกอบด้วย Measuring Stick for Velocity รุ่น Testo 405-V1 เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลม ที่มีหลักการในการวัดค่าคงที่ของอุณหภูมิ เมื่ออากาศพัดผ่าน จะทำให้อุณหภูมิลดลง เครื่องวัดจะให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มเพื่อรักษาอุณหภูมิของเซ็นเซอร์นั้น ทำให้สามารถคำนวณค่าความเร็วลมที่พัดผ่านได้ ความละเอียดในการวัดอยู่ในช่วง 0.00 – 10.00 เมตร/วินาที มีความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ไม่เกิน 5% หรือ  $\pm 0.1$  เมตร/วินาที

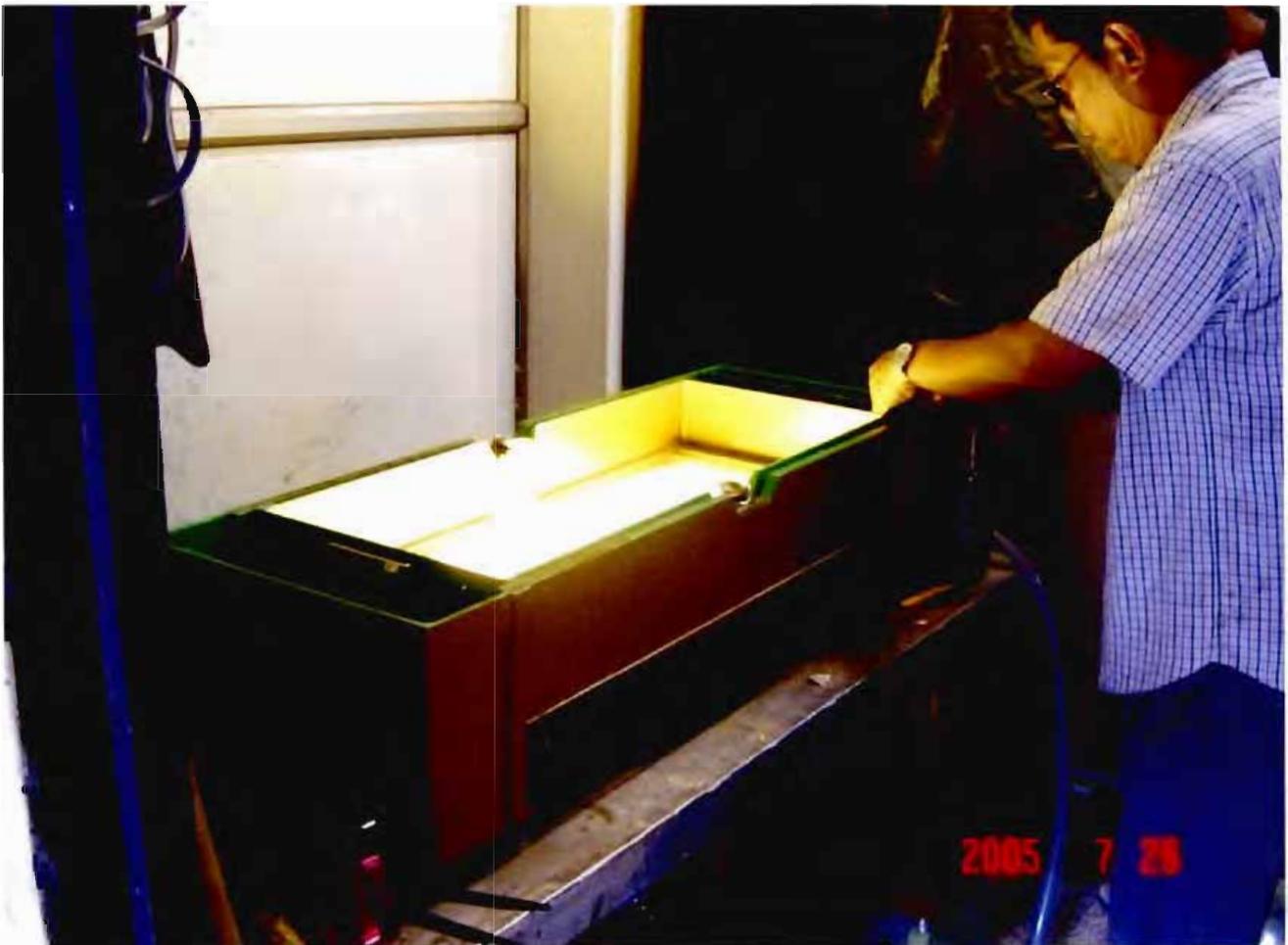


ภาพที่ 24 การใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศในอาคารกรณีศึกษา

กลุ่มเครื่องมือจำลอง (simulation) ใช้ในการจำลองรูปแบบของอาคาร โดยมีตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือแผ่นเกล็ดทั้ง 5 แบบ และช่องเปิดผนังอาคาร เครื่องมือในการจำลองมี 2 ชนิดคือ

1 การจำลอง ที่ใช้ในการศึกษาด้วยโต๊ะน้ำ

สามารถทดสอบถึงปรากฏการณ์ในการไหลของของไหล จากช่องเปิดและช่องผนังเกล็ดของอาคารได้อย่างง่าย ๆ เครื่องจำลองการไหล “โต๊ะน้ำ” นี้ใช้คุณสมบัติของน้ำแทนการไหลของอากาศ โดยผสมต่างทาบทิมในน้ำ เพื่อให้เห็นภาพจำลองการไหลได้ (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2547)



ภาพที่ 25 การจำลองปรากฏการณ์ (simulation) โดยโต๊ะน้ำ

2 การจำลองปรากฏการณ์ ที่ใช้ในการศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD ได้ใช้โปรแกรม Flovent 7.2 เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงใช้ในการคำนวณตามสมการ โดยสามารถกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของอากาศในโปรแกรมการจำลองได้ รวมทั้งสามารถจำลองได้ค่อนข้างรวดเร็ว และสามารถแก้ไขแบบจำลองได้ง่าย ทั้งยัง ให้ผลที่สามารถแสดงรูปการไหลเวียนของอากาศ และค่าต่าง ๆ ที่ต้องการทราบเป็นตัวเลข เคนส์ และกราฟฟิคที่ชัดเจน

## 6 รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา จะทำการเปรียบเทียบอาคารที่ได้จากการสำรวจ และการจำลองในเครื่องมือจำลองปรากฏการณ์ โดยมีรูปแบบของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1 การศึกษาอาคารที่ได้สำรวจจริง ทางด้านสภาวะแวดล้อมของอาคาร และตัวอาคาร โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพภูมิอากาศทั้งภายนอก และภายในอาคาร เพื่อเปรียบเทียบหาค่าของ อุณหภูมิ ความชื้น โดยเฉพาะความเร็วลมที่เป็นผลจากสภาพแวดล้อมที่กระทำต่ออาคารซึ่งใช้ในการศึกษา

2 การจำลองอาคารที่ใช้การศึกษาโดยโต๊ะน้ำ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกระแสลม โดยเฉพาะผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ต่อช่องเปิดอาคารเพื่อหาประเด็นจากลักษณะทิศทาง และความเร็วลมซึ่งกระทำต่อผนังเกล็ด

3 การกำหนดสภาพแวดล้อม ในการจำลองอาคาร โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ให้ใกล้เคียง จากการสำรวจอาคาร เพื่อเป็นแนวทางการใช้เครื่องมือจำลองปรากฏการณ์ดังนี้

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วลมต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ในเชิงปริมาณของกระแสลม (กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง)

3.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของช่องเปิดอาคารและผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ในด้านประสิทธิภาพของความเร็วลม (กรณีปิดผนังชั้นล่าง)

3.3 เปรียบเทียบลักษณะทิศทาง และความเร็วของกระแสลม ต่อช่องเปิดอาคาร และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ

4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD กับการคำนวณการเปลี่ยนแปลงอากาศ (Air Change Rate) ในอาคารกรณีศึกษา

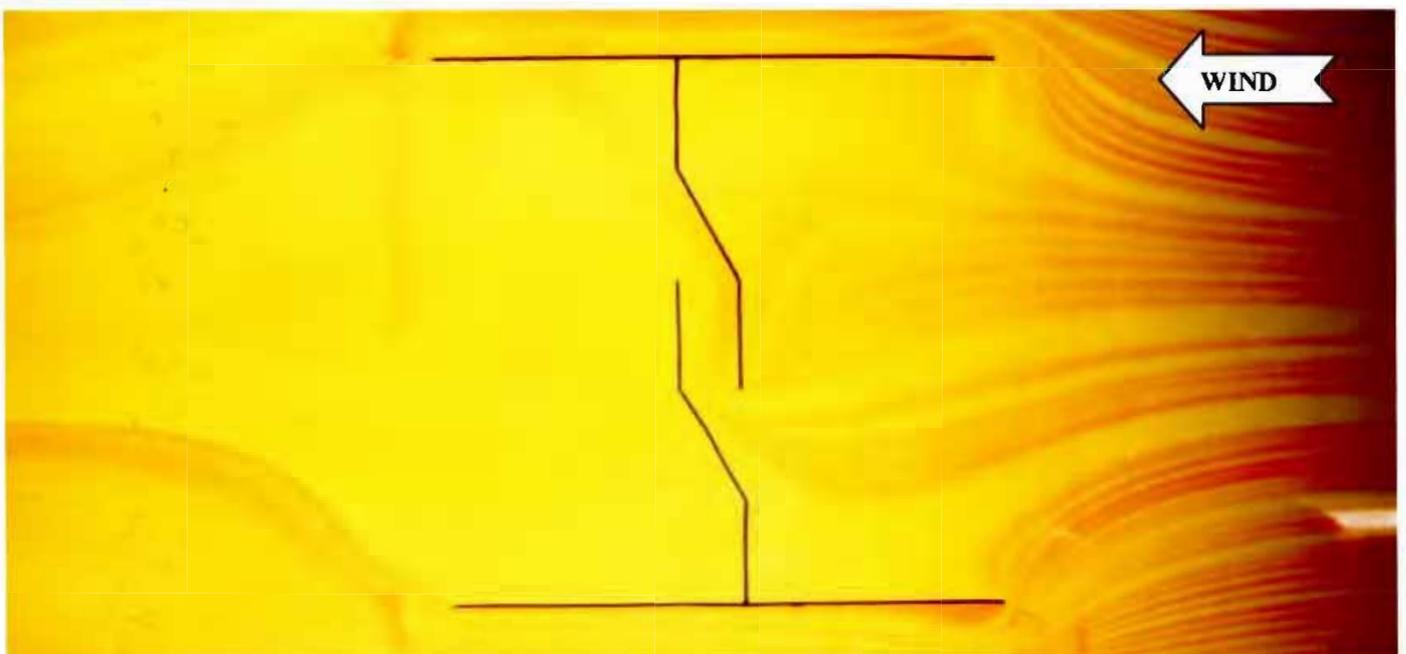
## ผลของกรณีศึกษา

ในกรณีศึกษานี้ได้ใช้เครื่องมือในการจำลองปรากฏการณ์ของของไหลด้วยโต๊ะน้ำ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการสำรวจในภาคสนามจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกัน เนื่องจากการสำรวจอาคารกรณีศึกษา มีตัวแปรที่หลากหลายเช่น สภาพโดยรอบอาคารจะมีอาคารข้างเคียง และต้นไม้ รวมถึงกิจกรรมภายในอาคารมีการเคลื่อนไหวตลอดเป็นต้น ซึ่งต่างจากการทดลองในเครื่องมือจำลองปรากฏการณ์ ที่ควบคุมและกำหนดตัวแปรเหล่านั้น ให้อยู่ในขอบเขตของการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้.

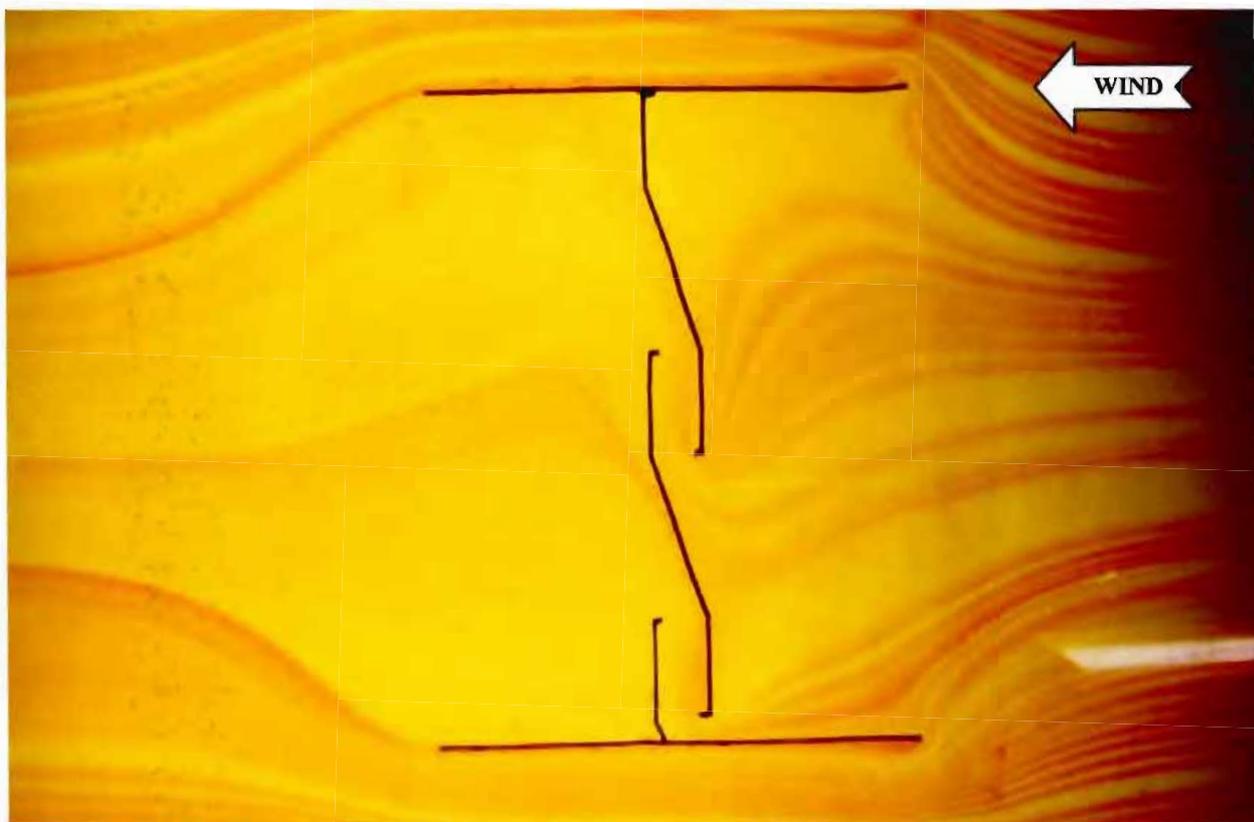
### 1. การจำลองด้วยโต๊ะน้ำ

การจำลองการไหลของของไหลผ่านแนวอาคารด้วยโต๊ะน้ำ สามารถถือได้ว่าเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นลักษณะ และทิศทางของกระแสลม การศึกษานี้ได้กำหนดแนวอาคารไว้หลายลักษณะ และรูปแบบ ทั้งในการจำลองแผ่นเกล็ดแบบต่างๆ ภาพรวมลักษณะที่เป็นแนวราบ คือแบบฝัง แนวตั้ง คือแบบรูปตัด โดยได้แสดงผลของการศึกษาดังนี้

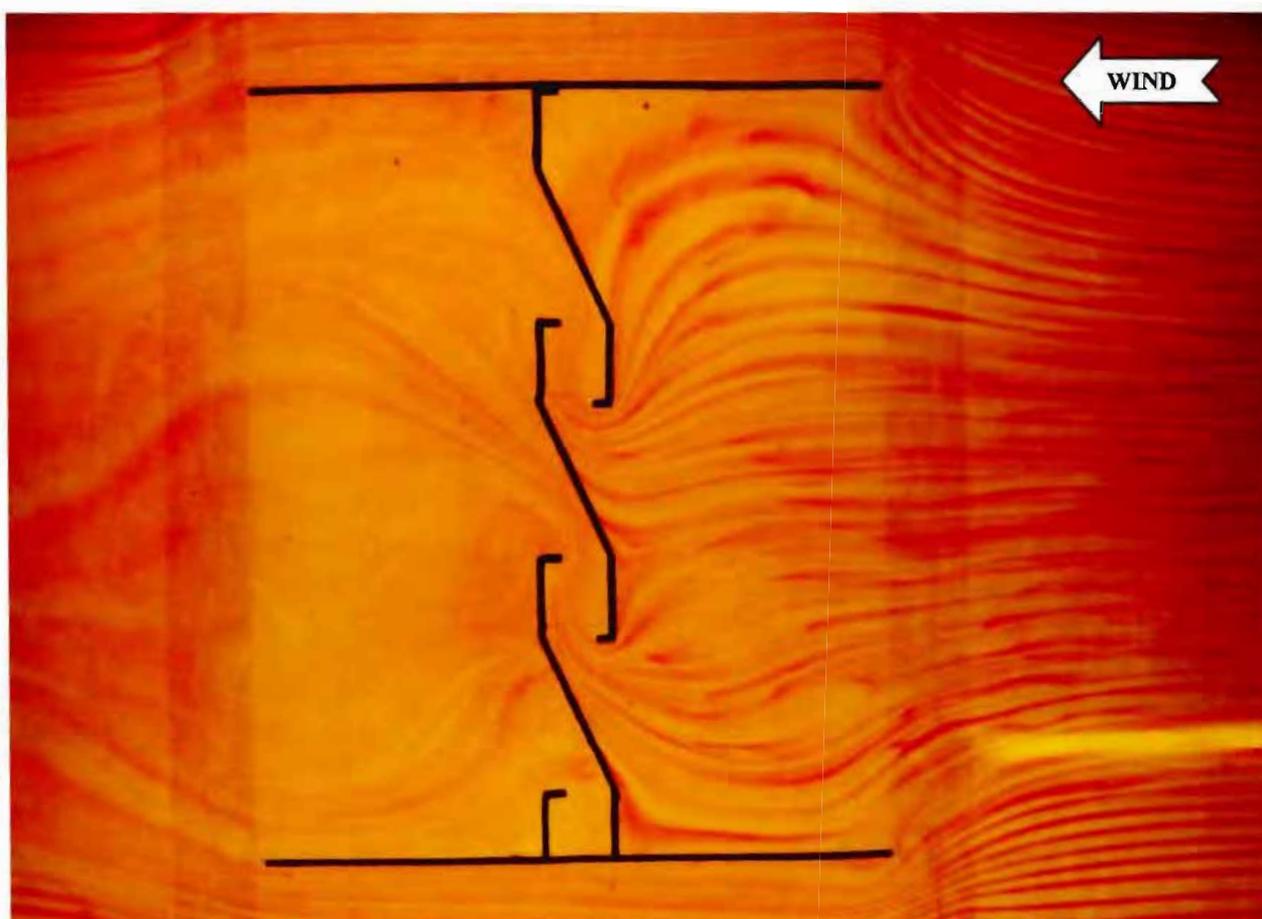
#### 1.1 การจำลองต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ



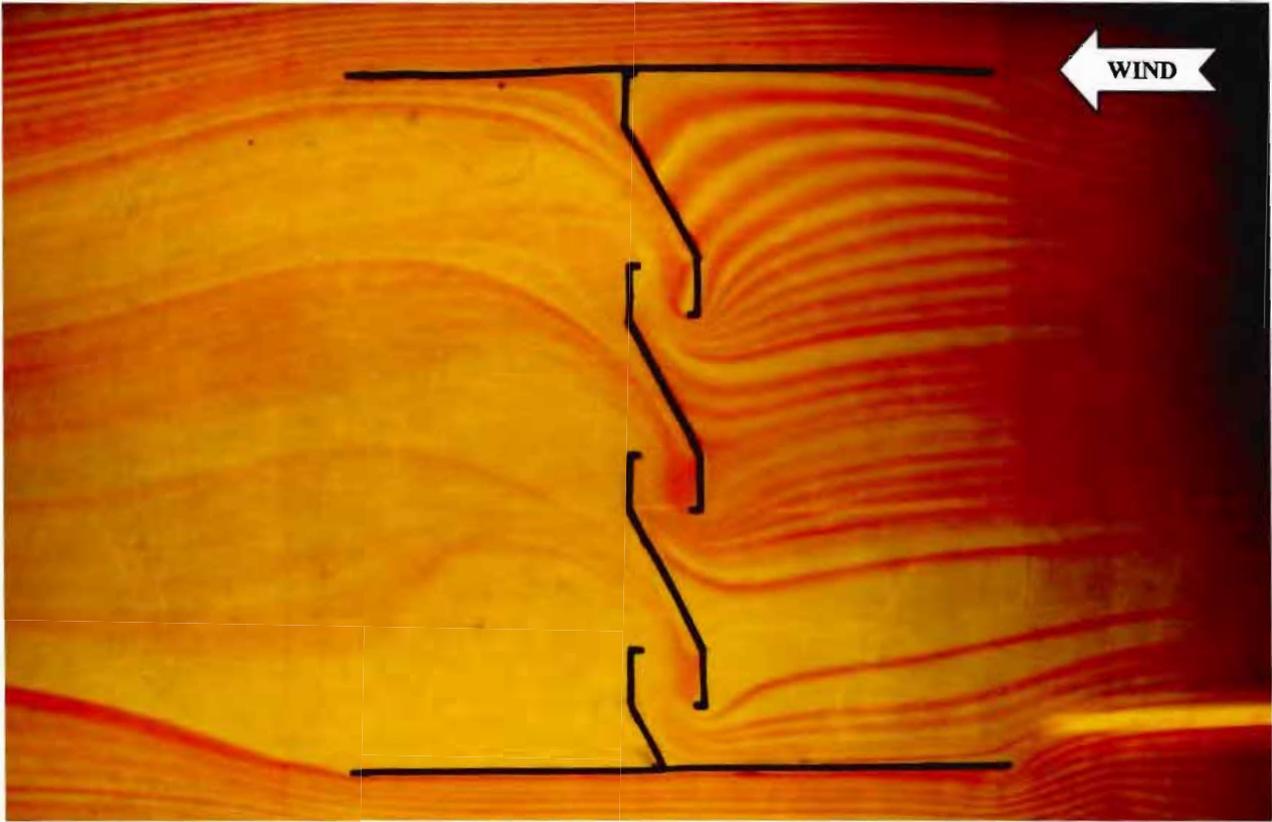
ภาพที่ 26 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 1



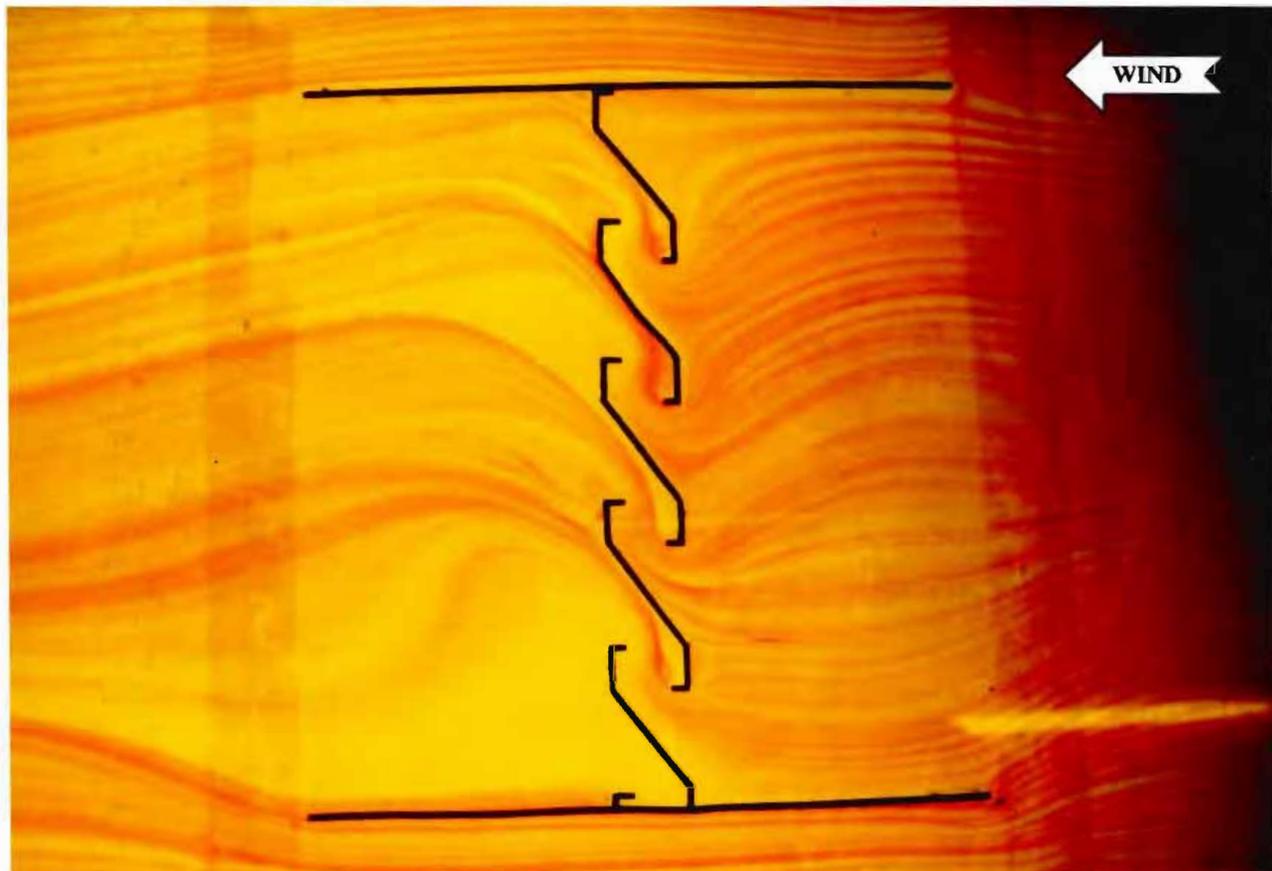
ภาพที่ 27 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 2



ภาพที่ 28 การจำลองผนังเกล็ดแบบที่ 3



ภาพที่ 29 การจำลองผนังเกล็ดคดแบบที่ 4



ภาพที่ 30 การจำลองผนังเกล็ดคดแบบที่ 5

ผนังเกล็ดที่นำมาศึกษาทั้ง 5 แบบนั้นมีความแตกต่างของขนาดซึ่งไม่เท่ากัน โดยผนังเกล็ดแบบที่ 1 จะใหญ่สุด จนถึงผนังเกล็ดแบบที่ 5 จะมีขนาดเล็กกว่าผนังเกล็ดทั้งหมดที่นำมาจำลองด้วยโต๊ะน้ำ ผลจากการจำลองนั้นจะเห็นได้ว่าผนังเกล็ดแบบที่ 5 ที่มีขนาดเล็กและมีความถี่มากกว่ามีความสามารถให้ของไหลไหลผ่านได้ดีกว่า แต่มีข้อสังเกตอยู่ที่รูปแบบของไหล เมื่อไหลผ่านผนังเกล็ดที่มีความถี่ ทำให้รูปแบบเปลี่ยนไป เนื่องจากรูปแบบของผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบที่นำมาจำลองนั่นเอง

### 1.2 การจำลองผังบริเวณ

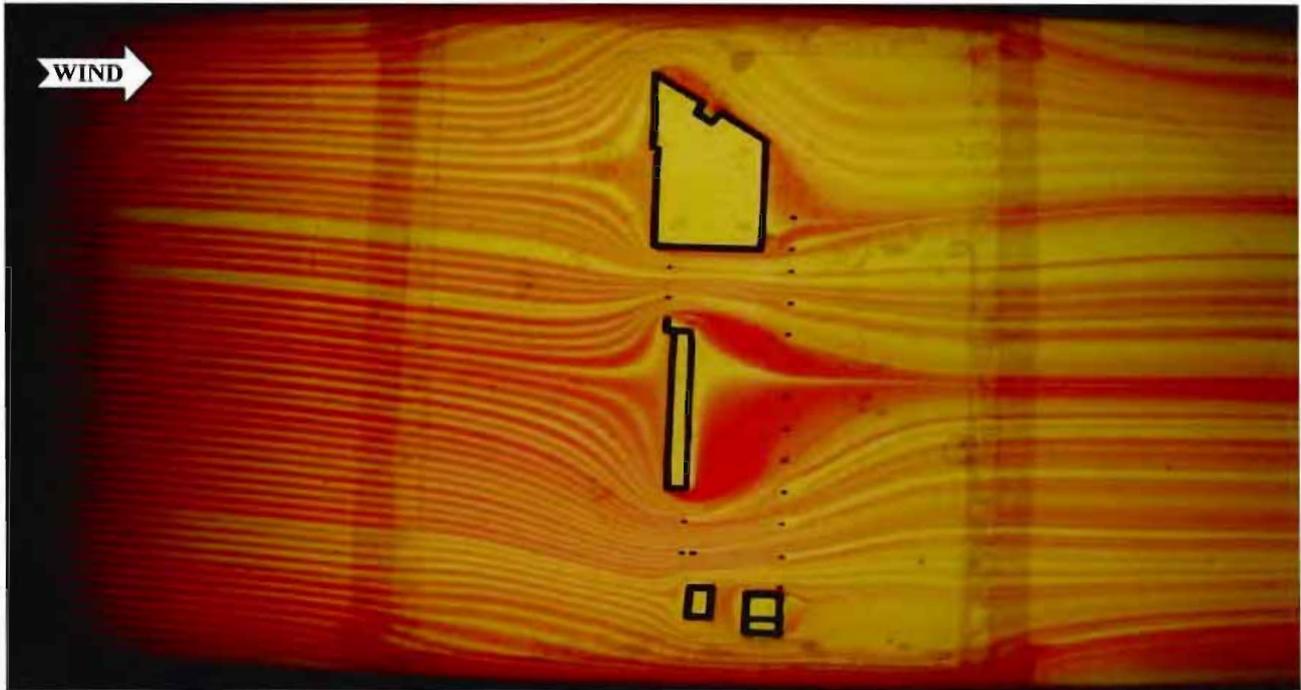
ลักษณะของกระแสลมจากด้านทิศใต้ของผังบริเวณมีกลุ่มอาคารถึง 2 ชั้น มาบังทิศทางของกระแสลม เมื่อปะทะกับอาคารกรณีศึกษาค่อนข้างที่จะอ่อนตัวลงมาก



ภาพที่ 31 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของผังบริเวณ

### 1.3 การจำลองแปลนชั้นล่าง

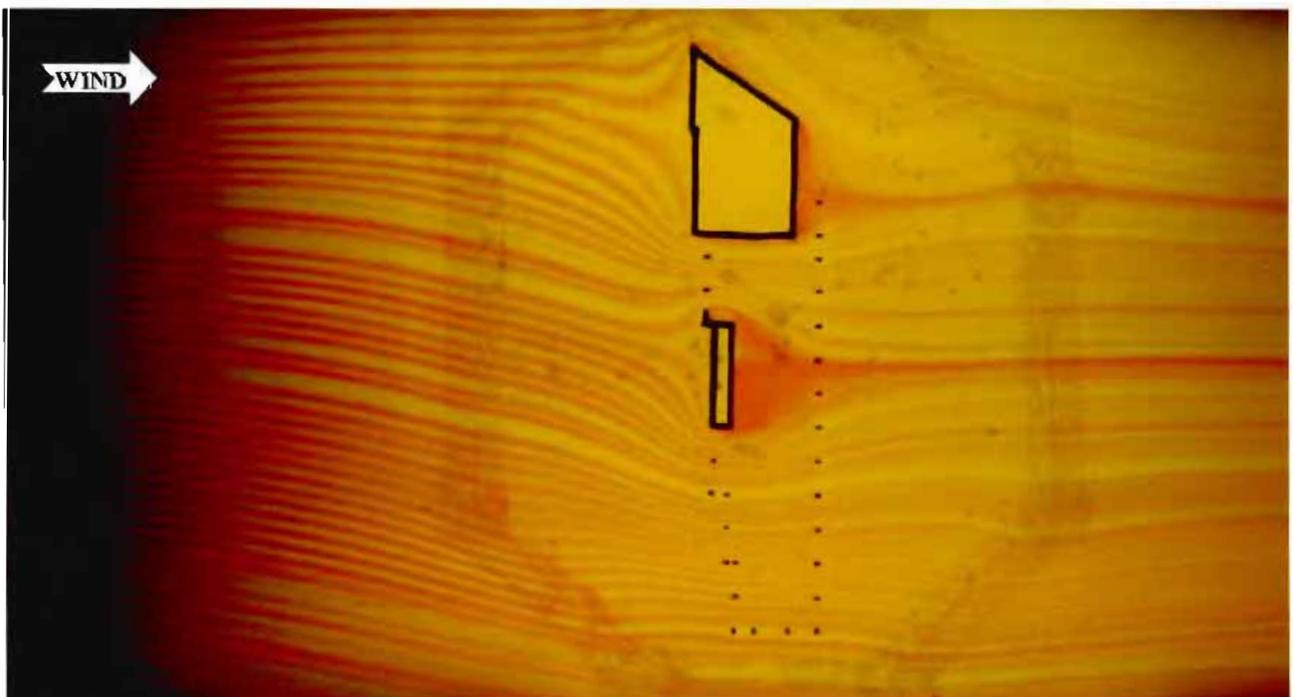
ลักษณะของกระแสลมเข้าแปลนชั้นล่างของอาคารเพราะอาคารส่วนนี้ค่อนข้างที่จะเปิดโล่ง อากาศสามารถไหลเวียนได้ดี แต่ก็มีบางส่วนค่อนข้างที่จะอับลมบ้าง เช่นในบริเวณของส่วนที่ 3 ซึ่งมีแนวห้องเก็บอุปกรณ์มาบดบังทิศทางของกระแสลมทิศใต้ อย่างไรก็ตามในส่วนบริเวณนี้จะเป็นจุดเก็บอุปกรณ์ และจุดพักรถไม่มีพนักงานปฏิบัติงาน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อ



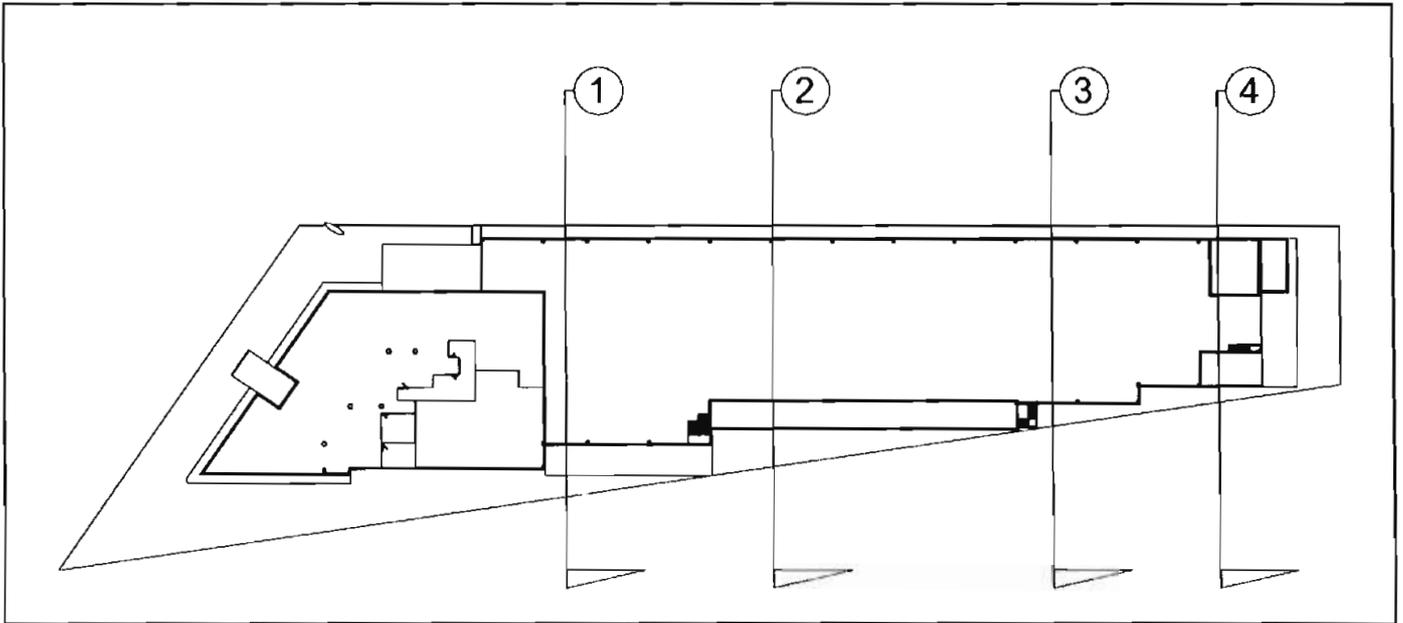
ภาพที่ 32 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของอาคาร ในรูปแปลนชั้นล่าง

#### 1.4 การจำลองแปลนชั้นบน

ลักษณะของกระแสลม เข้าปะทะแปลนชั้นบน ค่อนข้างจะคล้ายคลึงกับลมที่เข้าไปในแปลนชั้นล่างแต่ในความเป็นจริงแล้ว กระแสลมอาจไม่เป็นอย่างที่จำลองนี้ เพราะบริเวณนี้พื้นที่ผนังส่วนที่เปิดโล่งจะใช้ผนังเกล็ดแทน การจำลองโดยใช้โปรแกรม CFD จะสามารถเพิ่มความชัดเจนของการทดลองในกรณีที่กระแสลมลอดผ่านผนังช่องเกล็ด สำหรับในพื้นที่บริเวณที่ไม่ใช่ผนังช่องเกล็ด เราสามารถอ้างอิงจากการทดลองนี้ได้เช่นเดียวกับแปลนชั้นล่าง



ภาพที่ 33 แบบจำลองทิศทางลมเข้าด้านทิศใต้ของอาคารในรูปแปลนชั้นบน



ภาพที่ 34 แบบแปลนแสดงแนวรูปตัดสำหรับจำลองด้วยโต๊ะน้ำ

### 1.5 การจำลองรูปตัดส่วนที่ 3 (แผ่นเกล็ดแบบที่ 3)

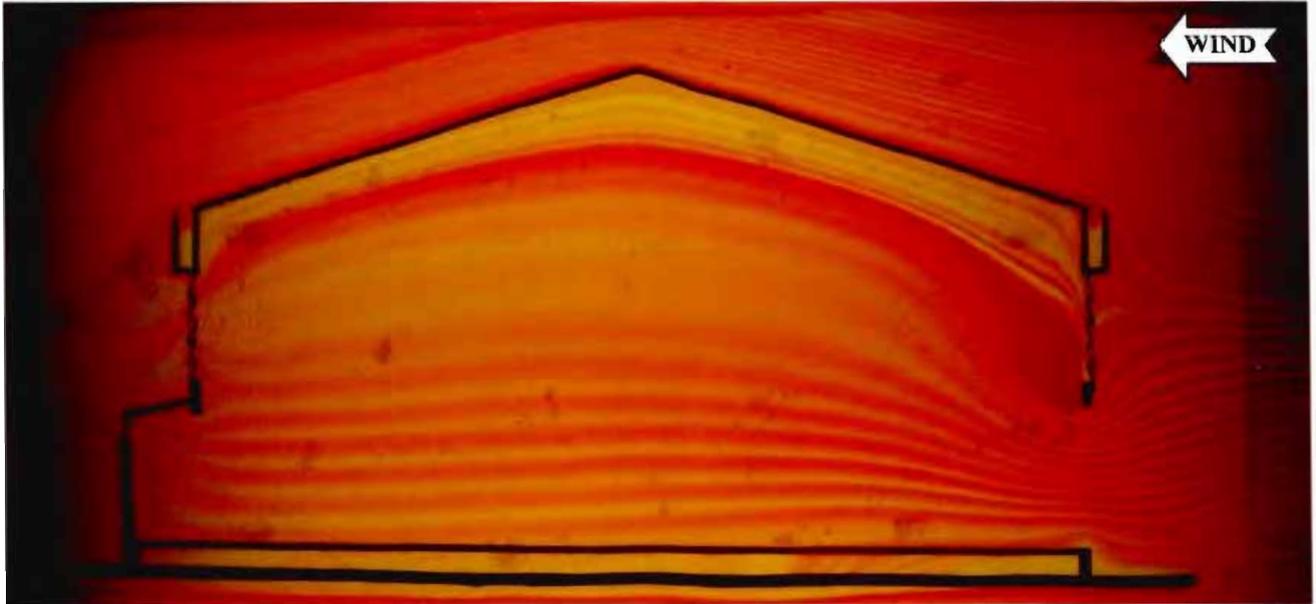
รูปแบบการไหลของกระแสลมในรูปตัดส่วนที่ 3 เนื่องจากอาคารที่สำรวจนั้นได้ติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 3 ดังนั้นการจำลองนี้จึงแสดงให้เห็นได้ว่า เมื่อช่องทางเข้าใหญ่ก็จะมีแรงดันของกระแสลมที่มากกว่า ช่องทางออกที่มีขนาดช่องเปิดที่เล็กกว่า ส่วนกรณีกระแสลมที่ลอดผ่านผนังเกล็ดจะมีลักษณะที่แตกต่างกันตั้งแต่ขนาดของผนังเกล็ดเองและขนาดของช่องเปิดที่ต่างกัน



ภาพที่ 35 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 3 ในรูปตัดส่วนที่ 3

### 1.6 การจำลองรูปตัดส่วนที่ 3 (แผ่นเกล็ดแบบที่ 1 หรือ 2)

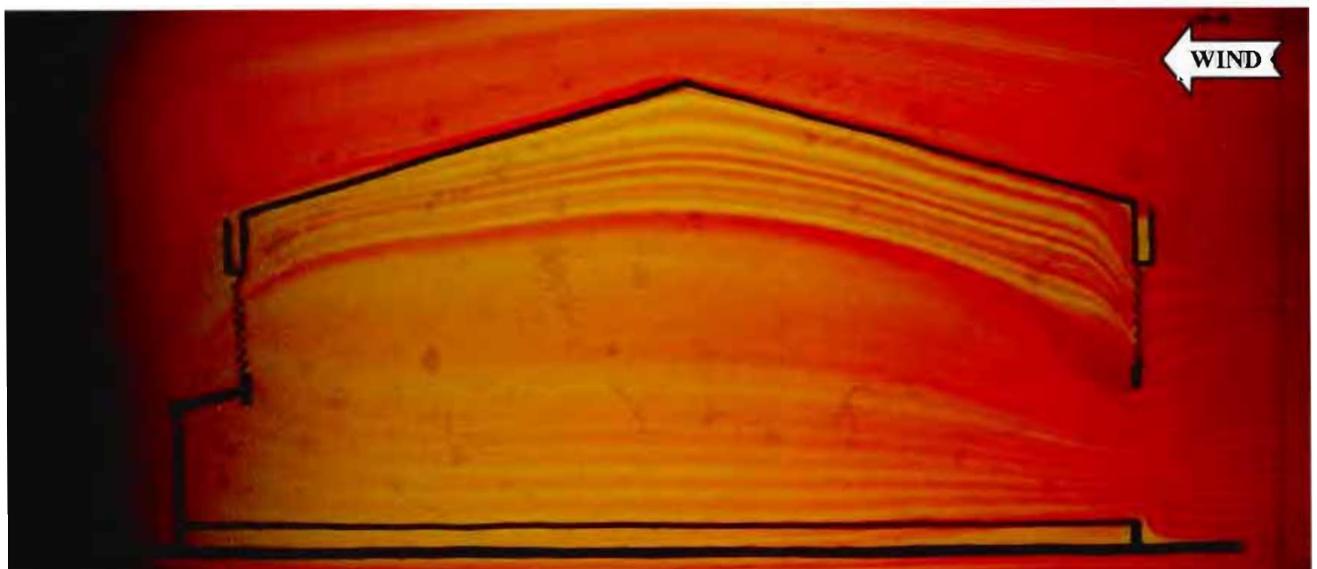
ในรูปตัดส่วนนี้สีที่แสดงทำให้ทราบว่ามีความเร็วของของไหลที่มากพอสมควรและทำให้มีผลต่อทิศทางการไหลทั้งภายนอกและภายในอาคาร



ภาพที่ 36 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 1 หรือ 2 ในรูปตัดส่วนที่ 3

### 1.7 การจำลองรูปตัดส่วนที่ 3 (แผ่นเกล็ดแบบที่ 4)

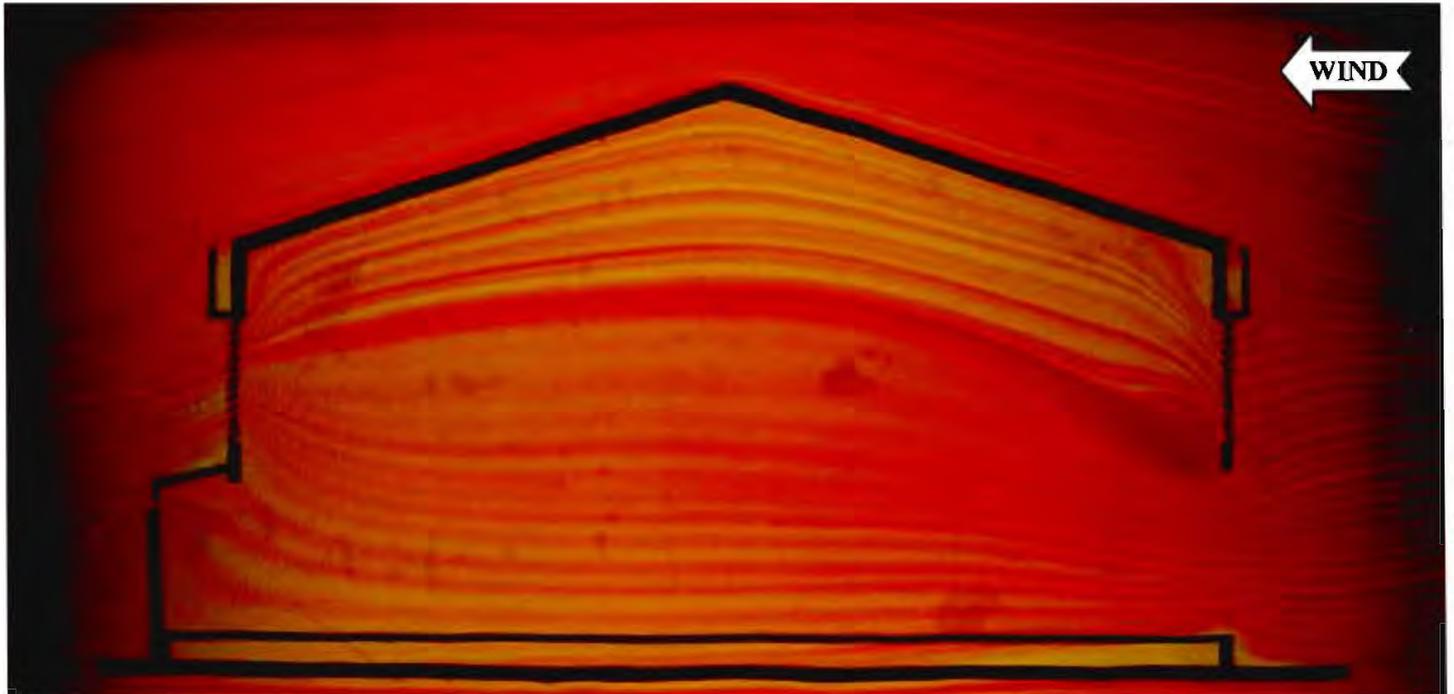
รูปแบบการไหลของกระแสลมในรูปตัดส่วนที่ 3 ซึ่งติดตั้งแผ่นเกล็ดแบบที่ 4 นั้นค่อนข้างชัดเจนเพราะการไหลในส่วนแนวหลังคาภายในอาคารนี้จะเห็นเส้นการไหลของสีที่แสดงถึงผลจากการบังคับทิศทางการไหลโดยรูปแบบของผนังเกล็ดนั่นเอง



ภาพที่ 37 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 4 ในรูปตัดส่วนที่ 3

### 1.8 การจำลองรูปตัดส่วนที่ 3 (แผ่นเกล็ดแบบที่ 5)

รูปแบบการไหลของของไหลในรูปตัดส่วนนี้ จะเห็นได้ว่าเกล็ดแบบที่ 5 ซึ่งมีความถี่มากจะทำให้ของไหลไหลผ่านได้มาก ปัจจัยเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของลมเมื่อผ่านแผ่นเกล็ด ทั้งความลาดเอียงของเกล็ด พื้นที่ช่องทางเข้าของลมระหว่างเกล็ด เป็นต้น

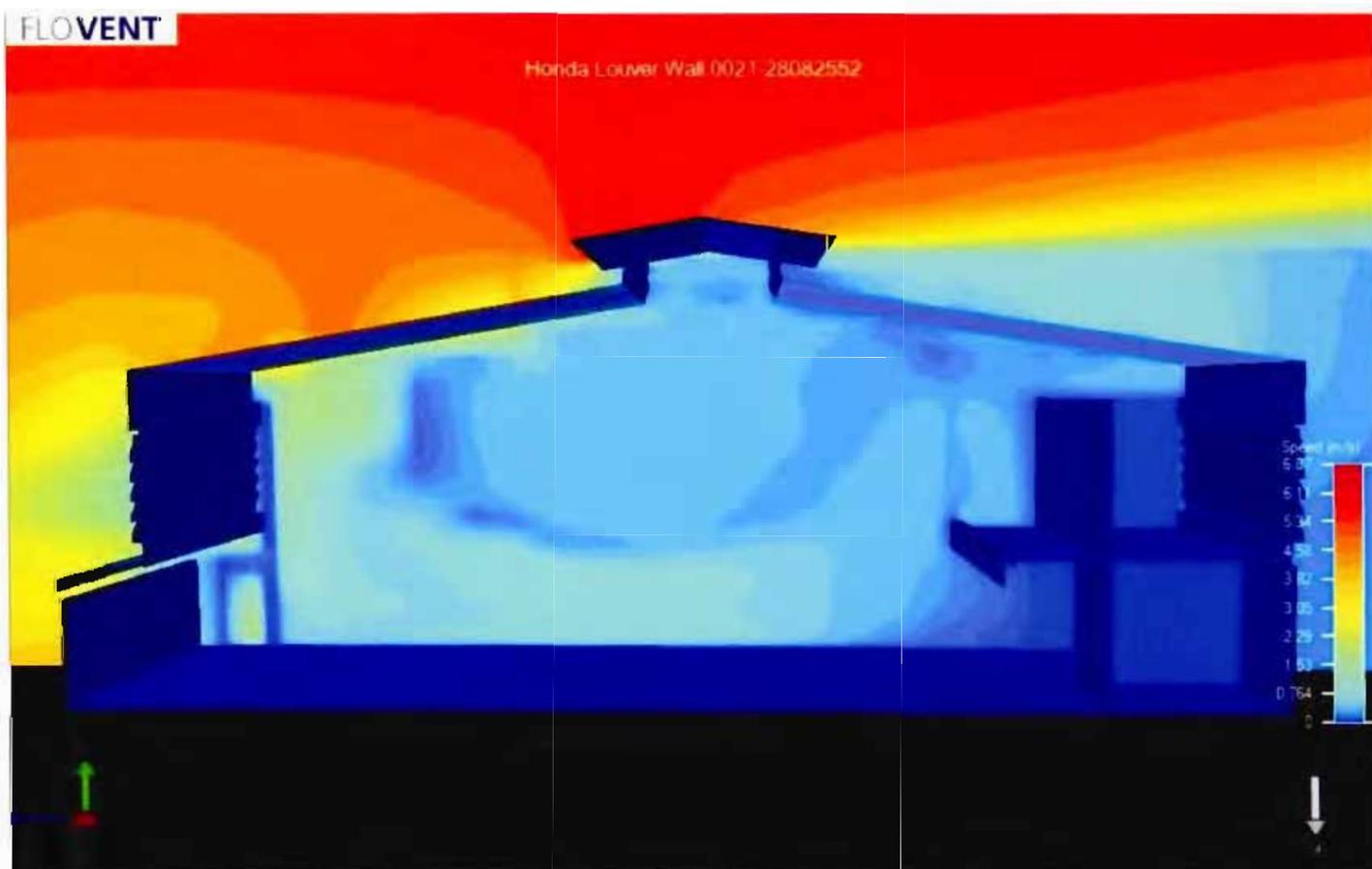


ภาพที่ 38 แบบจำลองติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 5 ในรูปตัดส่วนที่ 3

ผลที่ได้จากการจำลองด้วยโต๊ะน้ำ ทำให้ทราบถึงทิศทาง และลักษณะของของไหลในรูปแบบ 2 มิติ การไหลของของไหลเมื่อผ่านผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ จะมีรูปร่าง และทิศทาง การไหลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดในการจำลองด้วยโต๊ะน้ำ ทั้งขนาดสัดส่วนของอาคาร และรายละเอียดของผนังเกล็ดจึงไม่สามารถแสดงผลการจำลองได้อย่างชัดเจน

## 2 การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ CFD ในอาคารกรณีศึกษา

2.1 ลักษณะรูปแบบอาคารโดยรวม อาคารนี้เป็นอาคาร คสล. หลังคาโครงเหล็กมุงด้วยแผ่นเหล็กรีดลอน (metal sheet) ฟันด้วยฉนวนป้องกันความร้อนใต้หลังคา พื้น คสล.เคลือบอีพ็อกซี่ ส่วนผนังประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังช่องเกล็ด และช่องเปิด อาคารหลังนี้มีขนาดความยาว 121.45 เมตร. ความกว้าง 27.55 เมตร. โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.ส่วนอาคาร Show room และส่วนสำนักงาน 2.ส่วนอาคารซ่อมบำรุงยานยนต์ ในกรณีศึกษานี้ให้ความสำคัญต่อการศึกษาในส่วนอาคารซ่อมบำรุงเท่านั้น

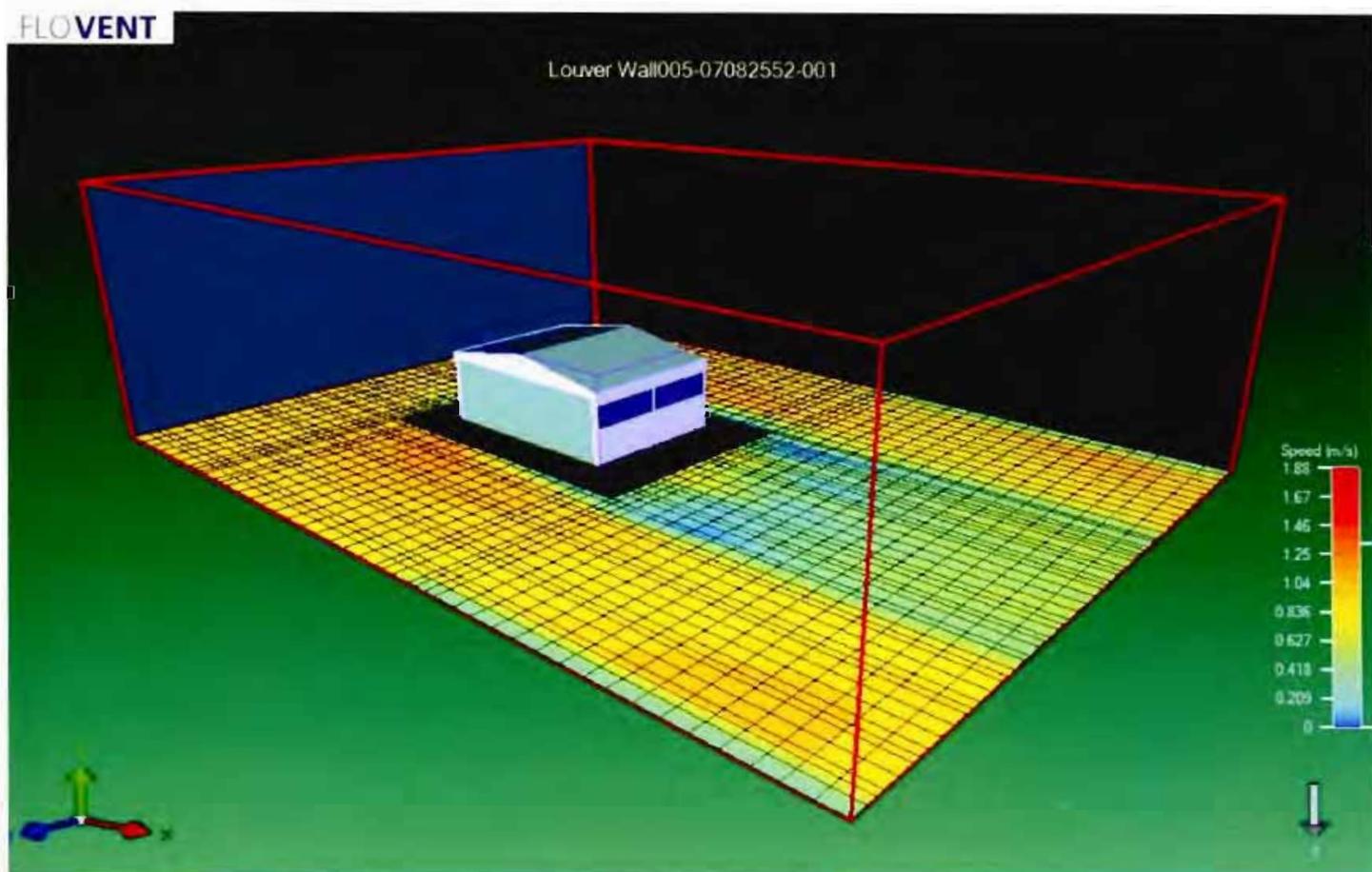


ภาพที่ 39 การจำลองลักษณะรูปร่างของอาคารกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม (CFD) Flovent7.2

นอกจากนี้การศึกษายังต้องการเน้นเรื่องการระบายอากาศโดยพิจารณาผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะพื้นที่บางส่วนของอาคารที่ไม่สร้างผลกระทบต่อการไหลของกระแสลม ซึ่งสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการระบายอากาศของผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบอย่างแท้จริง ในที่นี้จึงเลือกพื้นที่ส่วนที่ 2 ของอาคารกรณีศึกษาเท่านั้น

## 2.2 การกำหนดเงื่อนไข และขอบเขตในพื้นที่ที่มีชั้นตอondังนี้

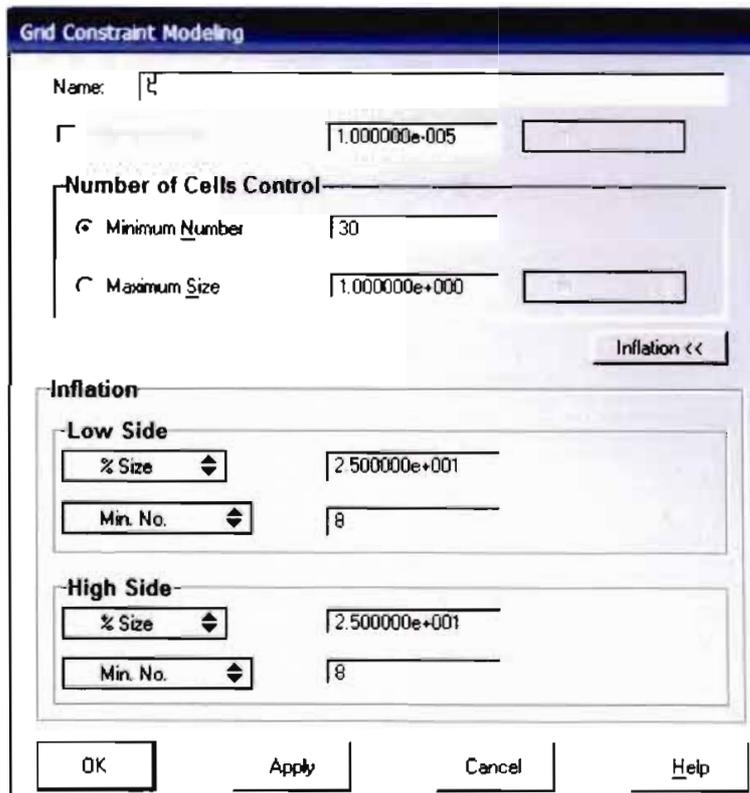
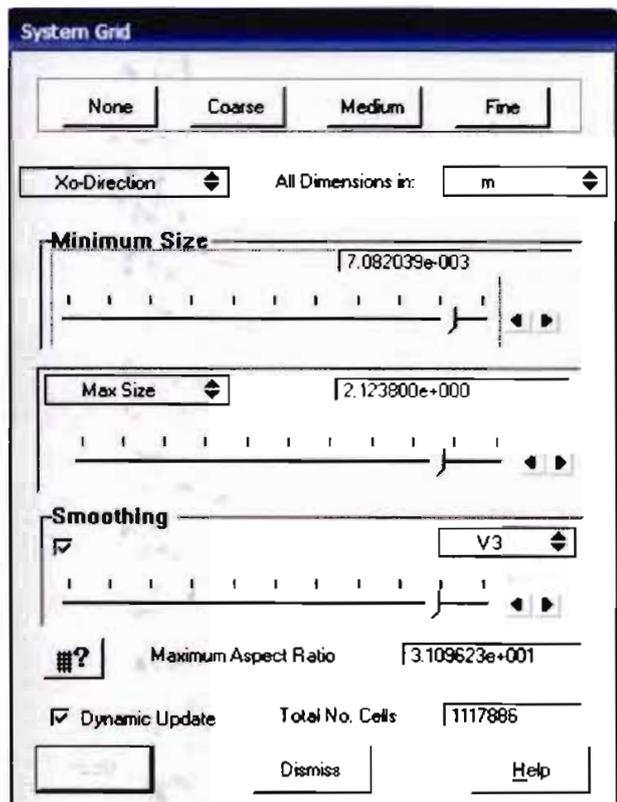
1 กำหนดโดเมนในส่วนที่ต้องการศึกษาคือส่วนที่ 2 ของอาคารกรณีศึกษามีขนาดกว้าง 14.30 เมตร ยาว 19.30 เมตร ความสูงที่ยอดจั่วหลังคา 10.18 เมตร โดยได้กำหนดให้ขนาดของโดเมนในแกน  $X = 80$  เมตร  $Y = 24$  เมตร และ  $Z = 60$  เมตร



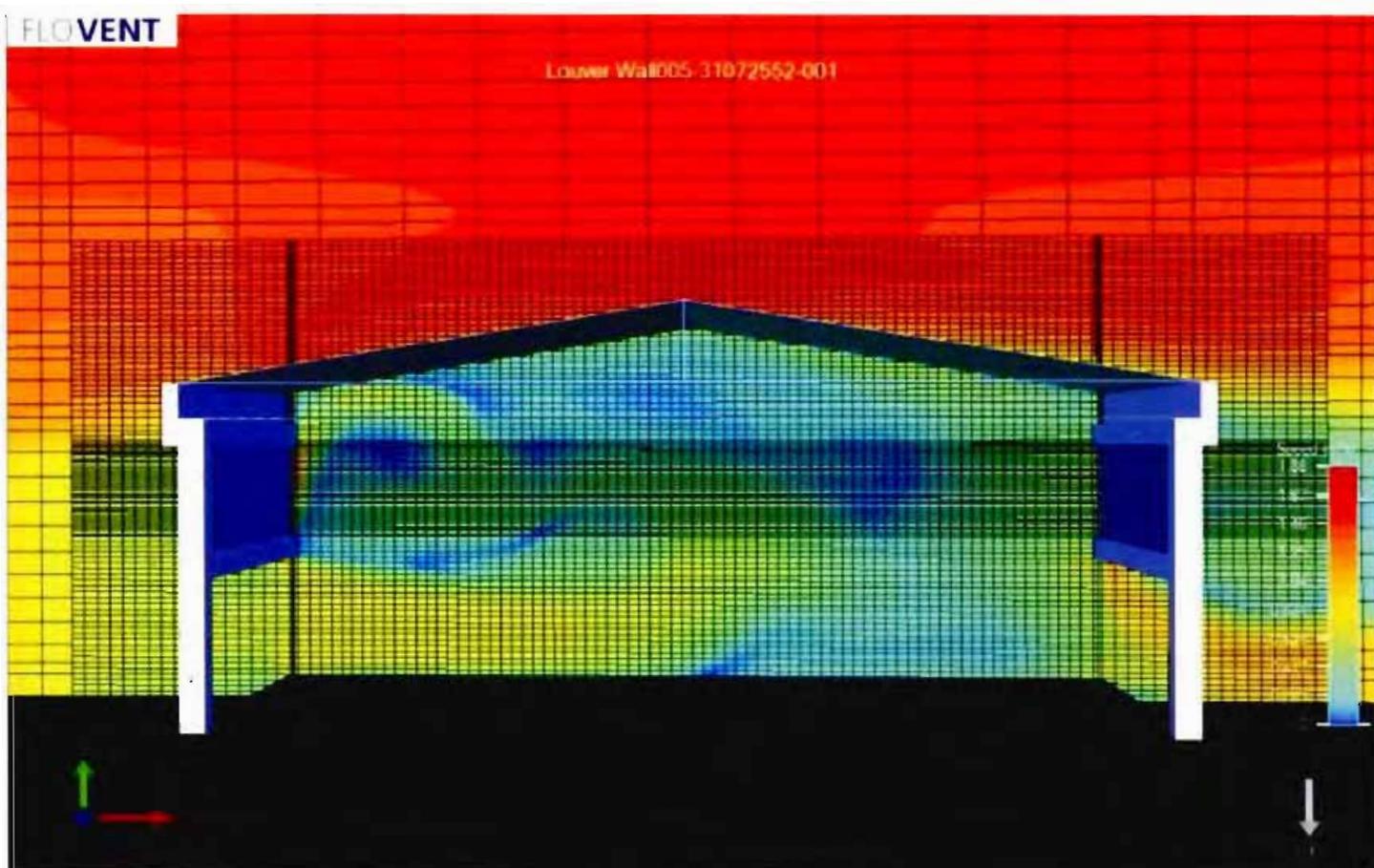
ภาพที่ 40 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษากับการกำหนดโดเมนเพื่อการวิเคราะห์

2 ในที่นี่ได้แบ่งโดเมนออกเป็นตาราง (mesh) เพื่อหาค่าผลลัพธ์จากการไหลการวิเคราะห์นี้ใช้ระเบียบวิธี Finite difference method ซึ่งขอบเขตของโดเมนไม่สามารถคำนวณได้เที่ยงตรง เพราะเป็นชั้นบันไดตลอดตามแนวลาดเอียงของหลังคาดังนั้นจึงจำเป็นต้องตีตารางให้มีขนาดเล็กลงซึ่งจะทำให้ผลที่ได้แน่นชัดเจนยิ่งขึ้น

ผลจากการแบ่งโดเมนออกเป็นตารางสี่เหลี่ยม ที่เพิ่มความถี่จึงมีจำนวนเซลล์ เพื่อใช้ในการคำนวณของผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ซึ่งมากขึ้นมาก โดยผนังเกล็ดแบบที่ 1 ซึ่งมีความถี่น้อยสุด มีจำนวนเซลล์ในโดเมนทั้งสิ้น 883,260 เซลล์ ส่วนผนังเกล็ดแบบที่ 5 มีความถี่มากที่สุด มีจำนวนเซลล์ในโดเมนทั้งสิ้น 1,117,886 เซลล์



ภาพที่ 41 แสดงเงื่อนไขในการแบ่งโดเมนของการไหลที่สร้างขึ้นออกเป็นตาราง (mesh) ย่อย



ภาพที่ 42 แสดงผลลัพธ์จากการเพิ่มความถี่ของตาราง (mesh) ในตัวอาคารที่ทำการศึกษา

3 ในโปรแกรม Flovent7.2 ได้สร้าง Define Boundary Layer เพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขต่างๆในการจำลอง ได้แก่ เงื่อนไขของกระแสลม ในที่นี้ได้ตั้งค่าความเร็วที่ 1.38 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมง ในรอบ 10 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ. 2550 ของจังหวัดเชียงใหม่) ที่ตั้งของอาคารกรณีศึกษาอยู่ชานเมือง จึงได้กำหนดข้อมูลให้เป็น suburban และให้กระแสลมตั้งฉากกับตัวอาคาร โดยมี number of fixed flows จำนวน 4 ช่องภายใต้การไหลของกระแสลมแบบยวบตัว ซึ่งเป็นการไหลของกระแสลมที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในชั้นบรรยากาศที่เราอาศัยอยู่

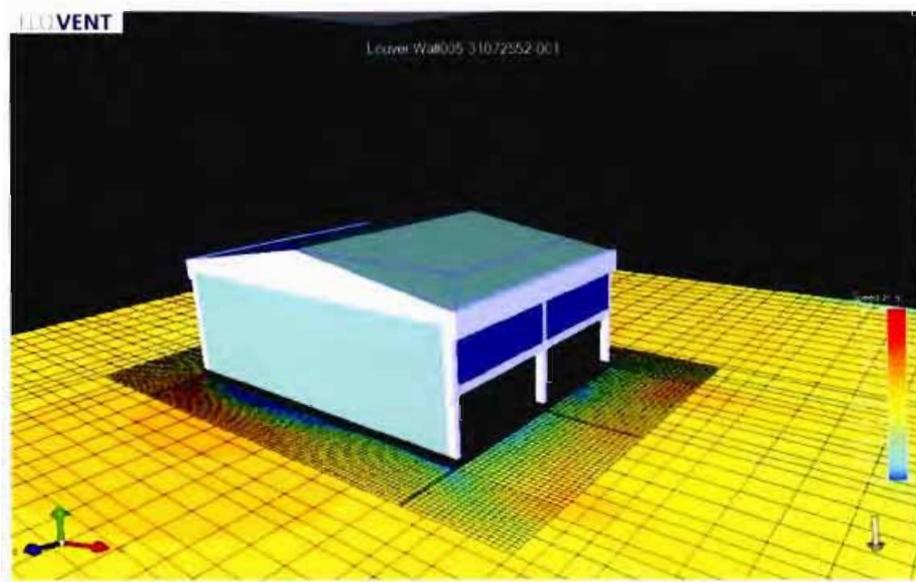
Define Boundary Layer	
<b>Layer</b>	
Height of Domain (m)	24
Width of Domain (m)	60
Length of Domain (m)	80
Flow Angle	90
Number of Fixed Flows	4
Fixed Flow Sizes	Uniform <input checked="" type="radio"/> Increasing <input type="radio"/>
Geometric progression index	1.4
Reference Height (m)	10
Velocity at Reference Height (m/s)	1.38
Log Layer Constant (m)	Suburban ( $Z_0 = 0.1m$ )
User Specified $Z_0$	m
Gravity Direction	Negative Y

ภาพที่ 43 การกำหนดเงื่อนไขในการจำลอง

4 กำหนดตำแหน่งเพื่อหาค่าเฉลี่ยทั้งความเร็วลม ลักษณะของกระแสลม และความดัน โดยตำแหน่งในแนวแกน X มีจำนวน 4 จุด ในแนวแกน Y มีจำนวน 3 จุด และในแนวแกน Z มีจำนวน 4 จุด ทั้ง 3 แกน รวมกันได้ 48 จุด

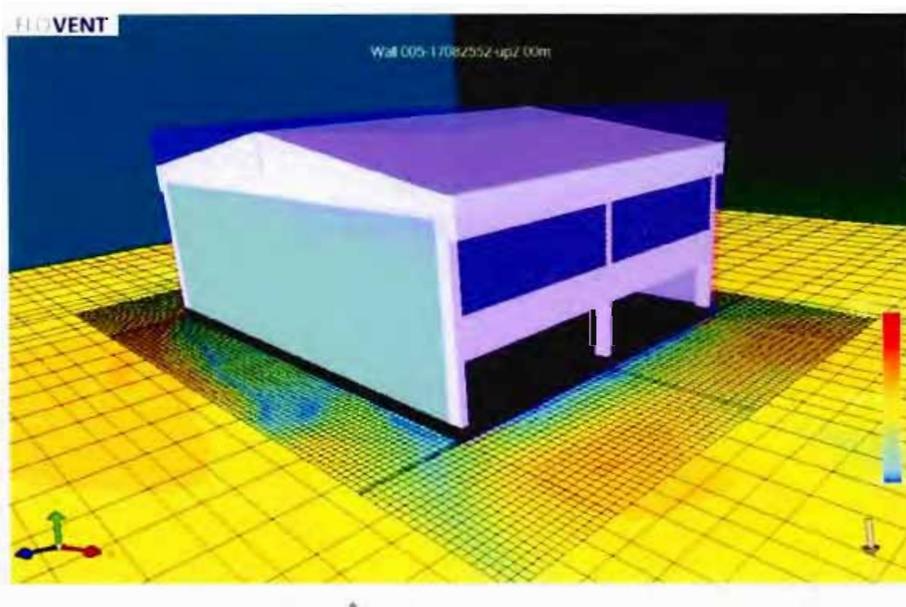
2.3 การกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมเพื่อให้ตรงต่อวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือลักษณะของช่องเปิดอาคาร มีผลต่อการระบายอากาศต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ซึ่งมีรายละเอียดของเงื่อนไขในการจำลองดังนี้

1 การจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และเปิดผนังชั้นล่างให้โล่ง



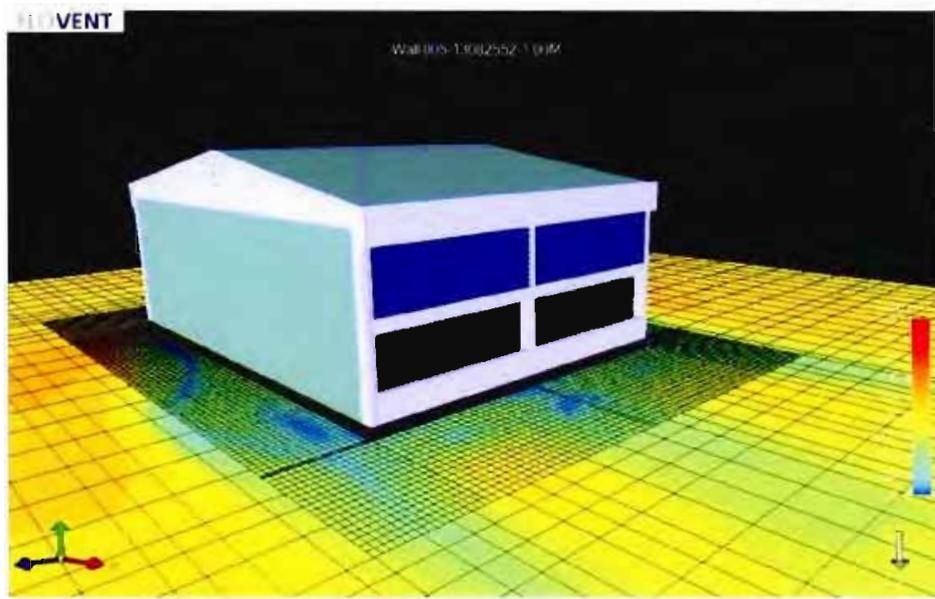
ภาพที่ 44 เปิดช่องผนังชั้นล่างให้โล่ง

2 การจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และเปิดผนังชั้นล่าง 2.00 เมตร



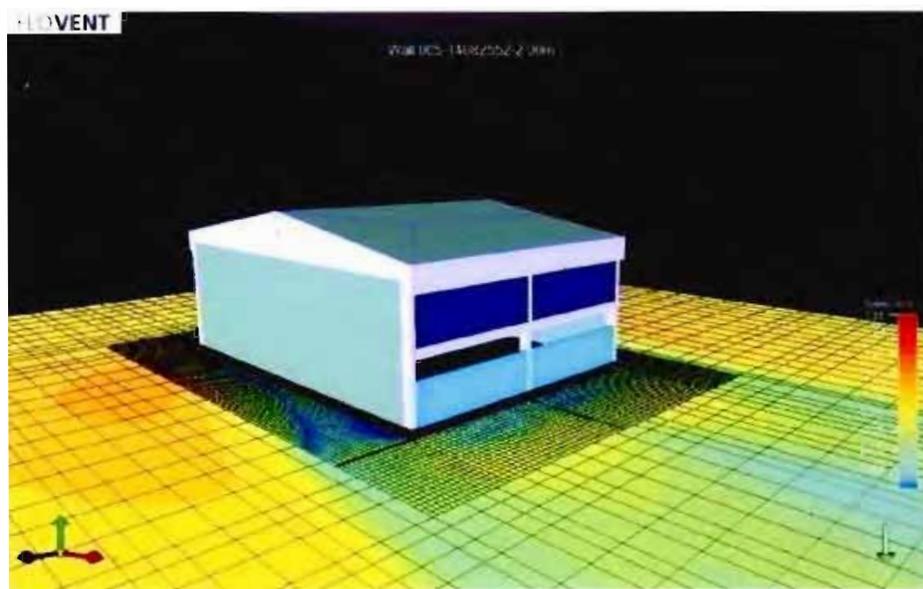
รูปที่ 45 การเปิดช่องผนังชั้นล่าง 2.00 เมตร.

3 การจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร



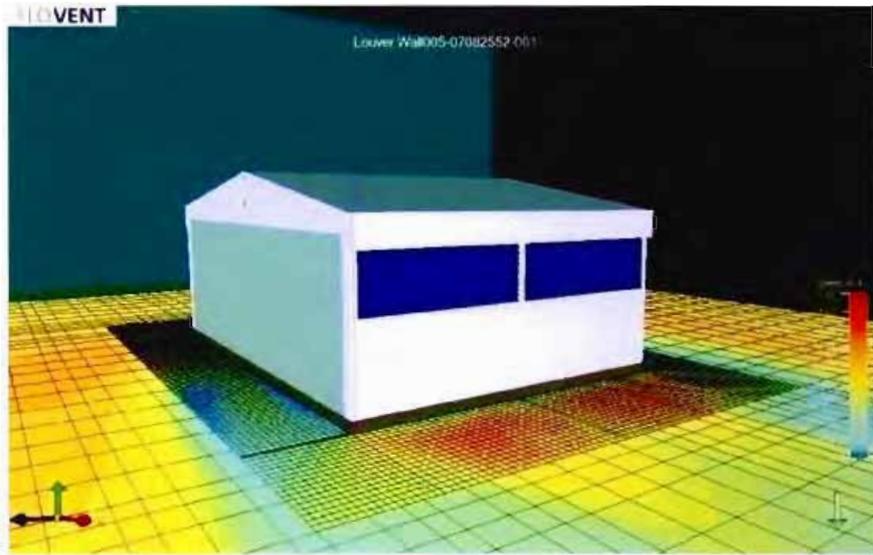
ภาพที่ 46 การปิดช่องผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร.

4 การจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



ภาพที่ 47 การปิดช่องผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร.

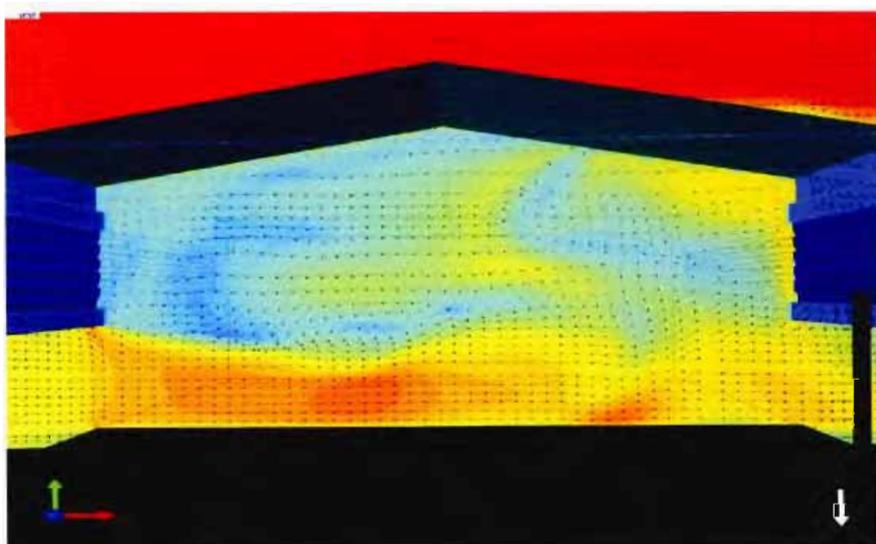
## 5 การจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และปิดผนังชั้นล่าง



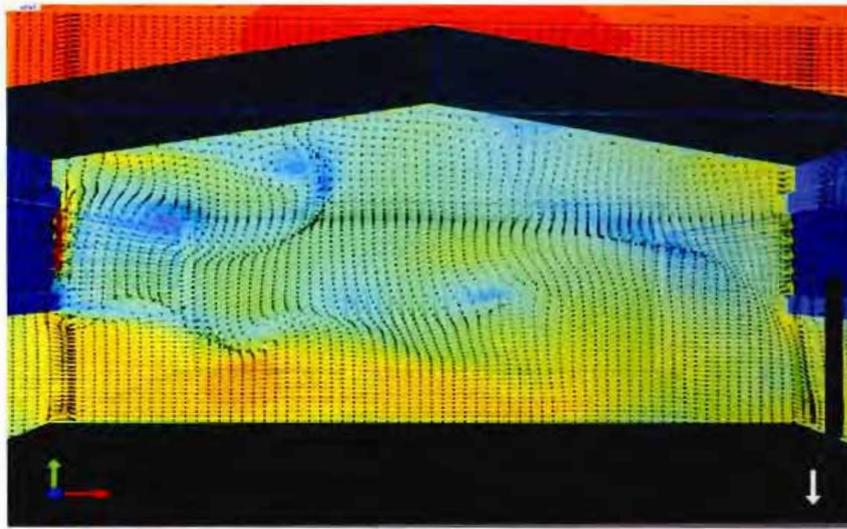
ภาพที่ 48 การปิดช่องผนังชั้นล่าง

2.4 การกำหนดการแสดงผลในเชิงเปรียบเทียบลักษณะของกราฟิก เช่น ในรูปของ  
 เวกเตอร์ (vector) และในรูปของเฉดสี (scalar) และภาพเคลื่อนไหว (animation) เพื่อศึกษา  
 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศของเกล็ดทั้ง 5 แบบ

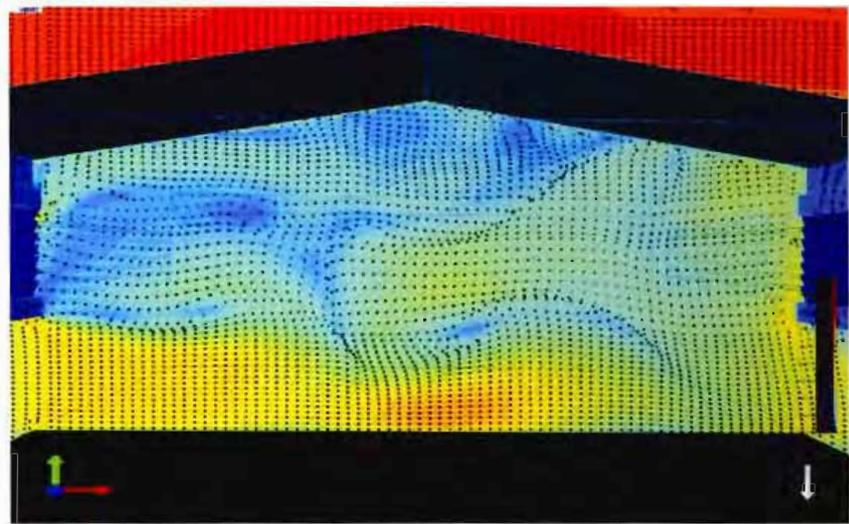
1 การศึกษาผลจากการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ต่อกรณีการเปิด  
 ผนังอาคารชั้นล่างให้โล่ง



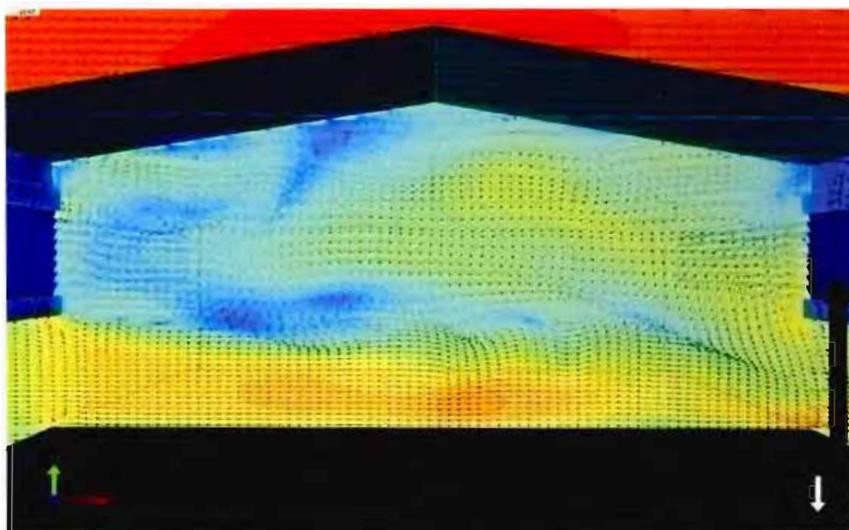
ภาพที่ 49 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างโล่ง)



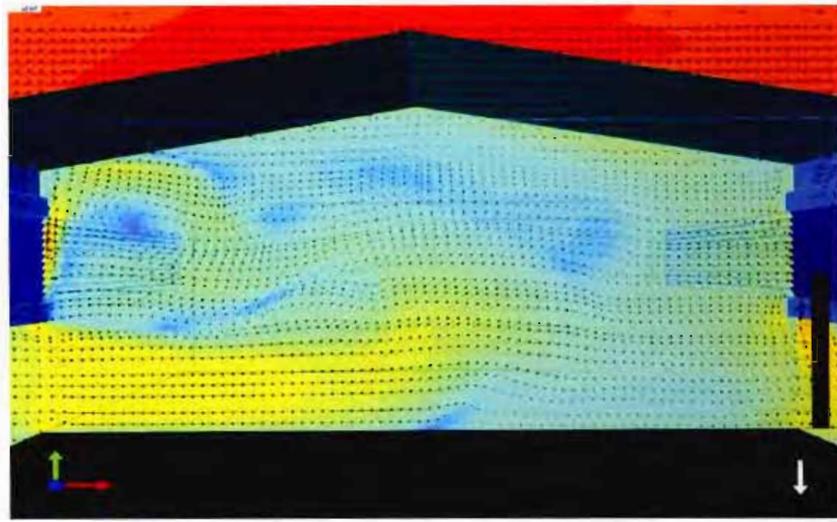
ภาพที่ 50 ลักษณะและทิศทางของกระแสดม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่าง โถ่ง)



ภาพที่ 51 ลักษณะและทิศทางของกระแสดม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่าง โถ่ง)

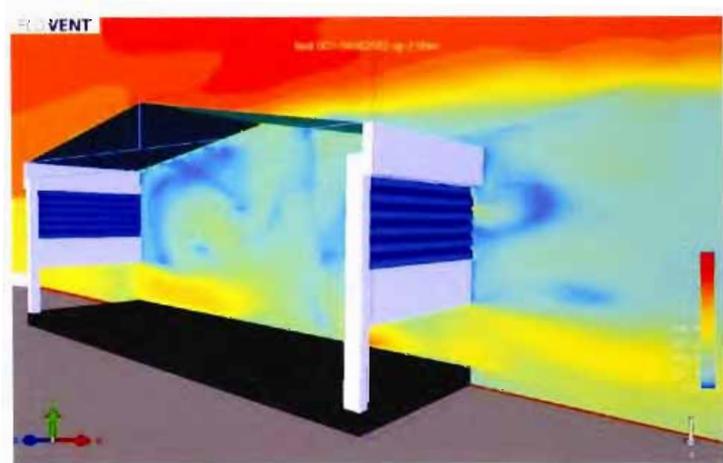


ภาพที่ 52 ลักษณะและทิศทางของกระแสดม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่าง โถ่ง)

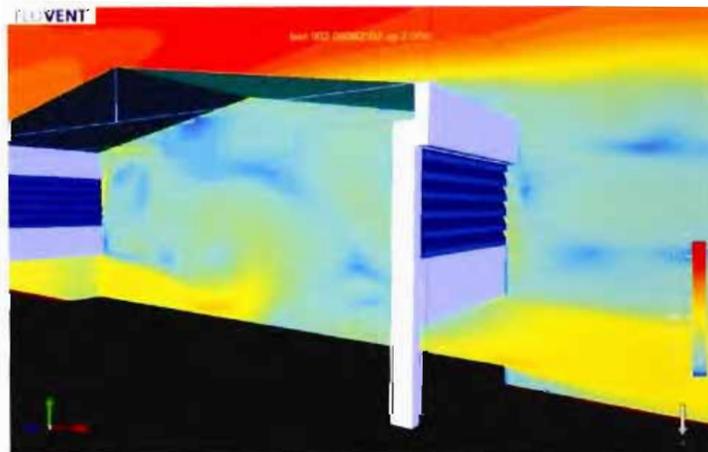


ภาพที่ 53 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่าง โถง)

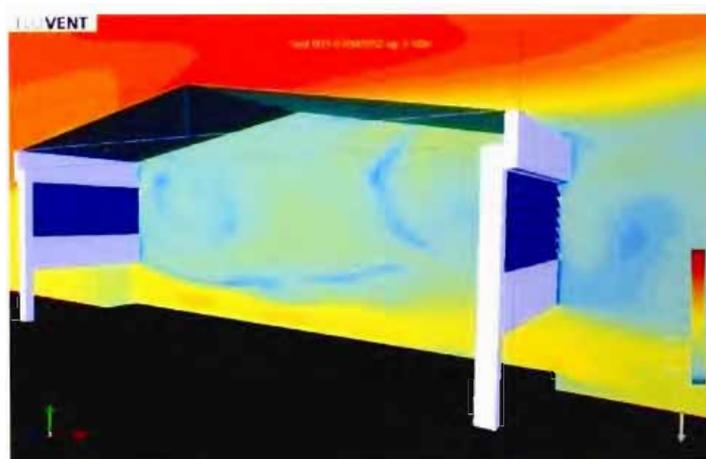
2 การศึกษาผลจากการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ต่อกรณีการเปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



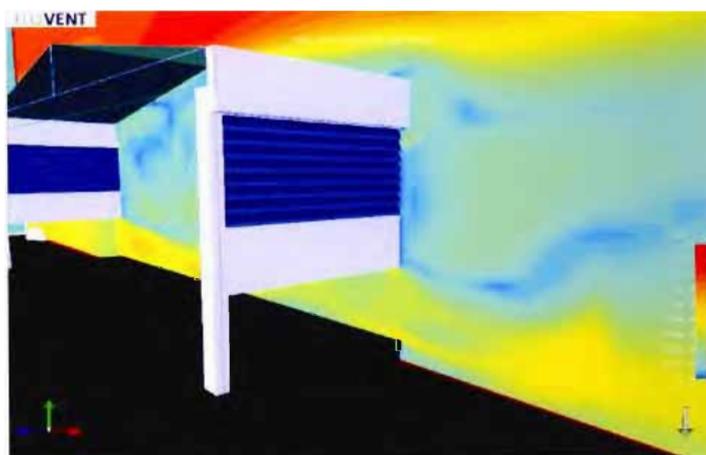
ภาพที่ 54 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)



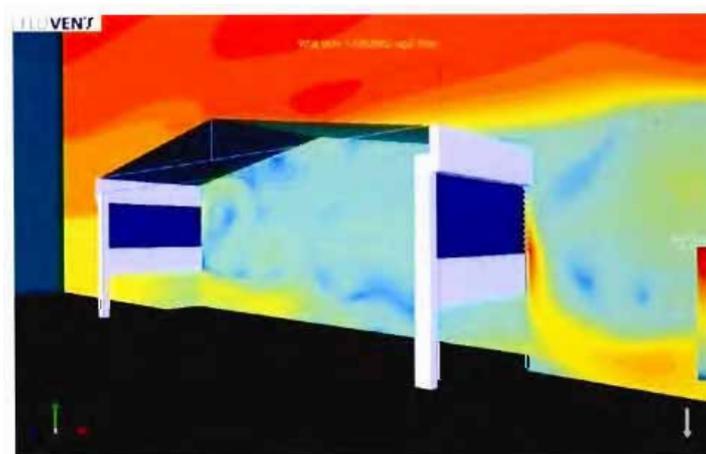
ภาพที่ 55 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)



ภาพที่ 56 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

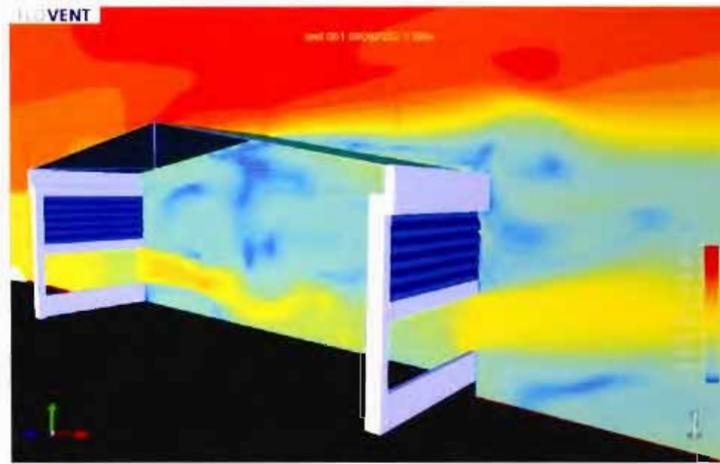


ภาพที่ 57 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

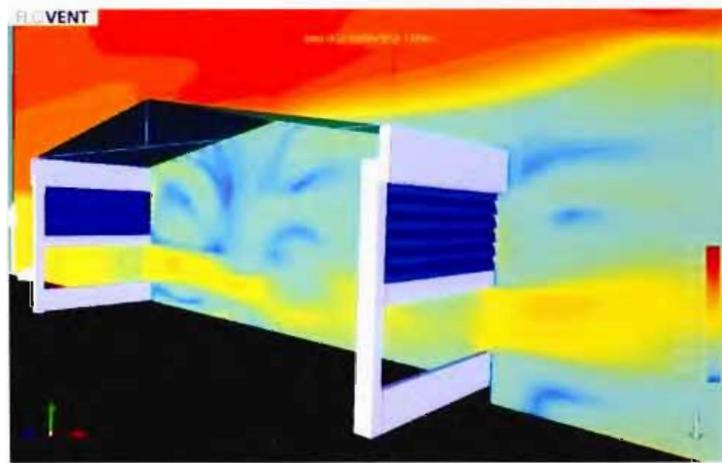


ภาพที่ 58 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

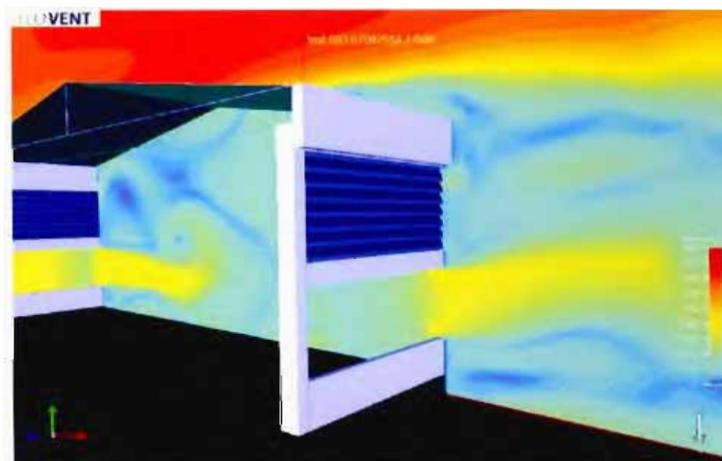
3 การศึกษาผลจากการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบต่อกรณีการปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 1.00 เมตร



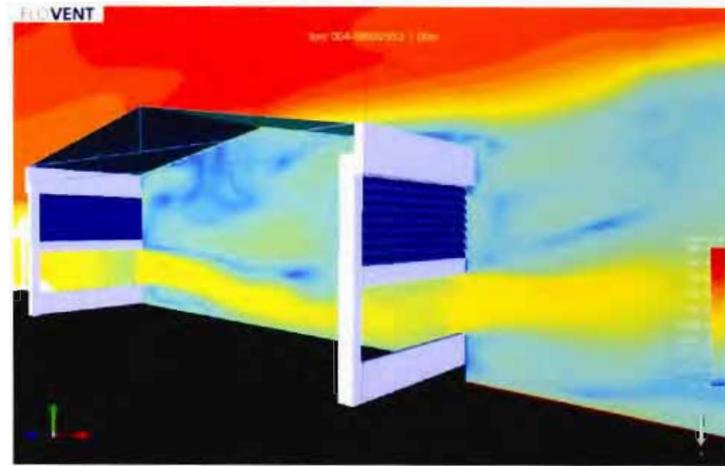
ภาพที่ 59 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (ปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร)



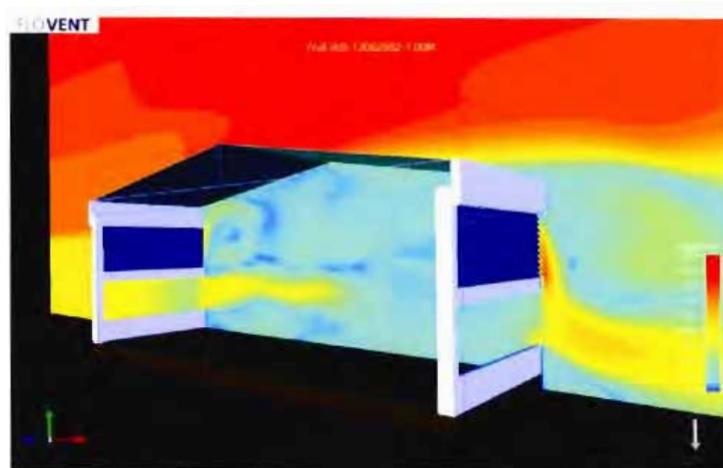
ภาพที่ 60 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (ปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร)



ภาพที่ 61 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (ปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร)

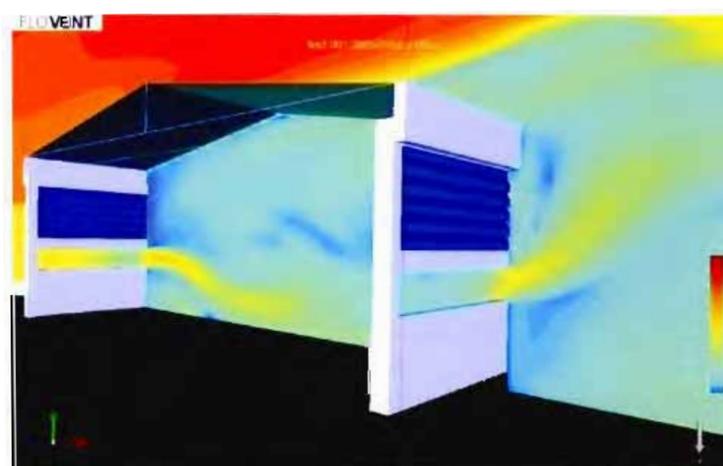


ภาพที่ 62 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร)

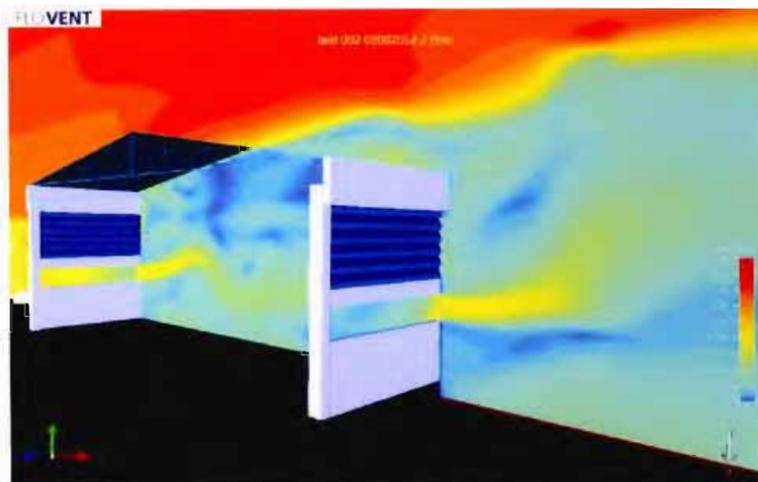


ภาพที่ 63 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 เมตร)

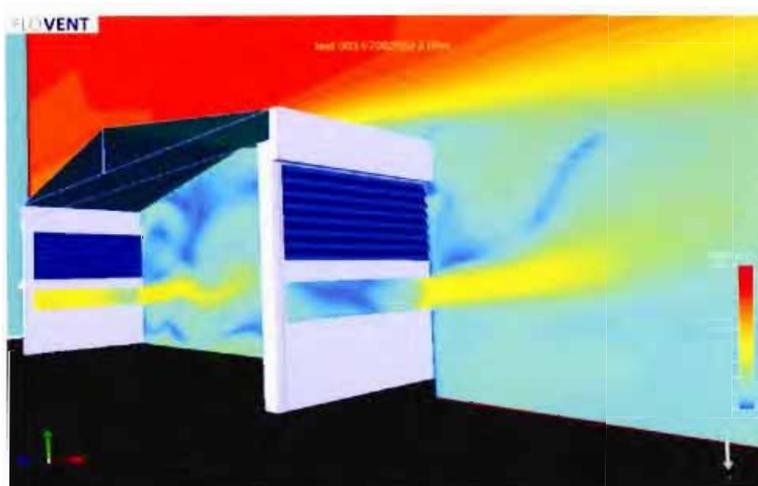
4 การศึกษาผลจากการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบต่อกรณีการเปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



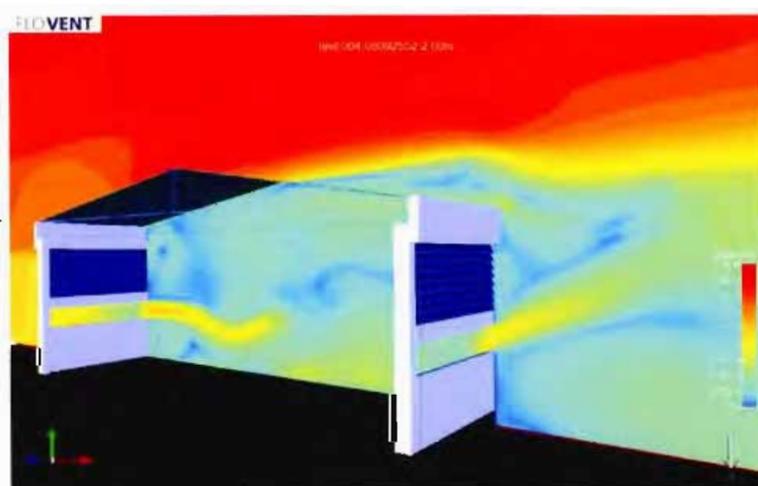
ภาพที่ 64 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)



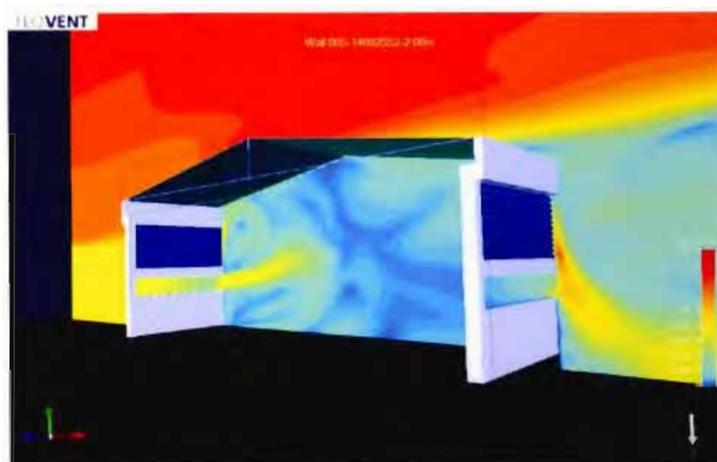
ภาพที่ 65 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)



ภาพที่ 66 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

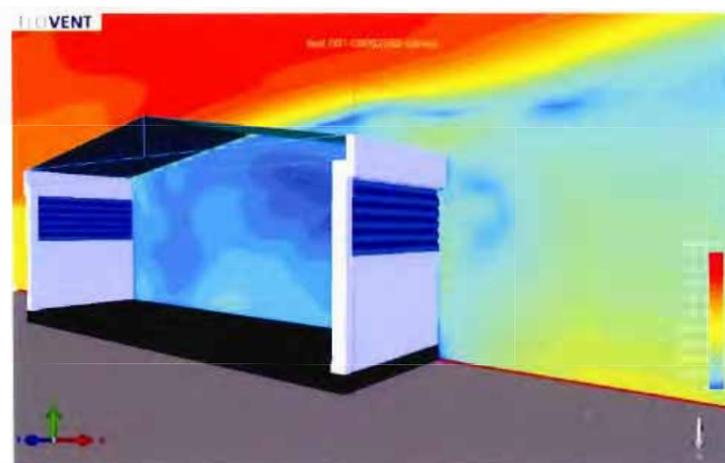


ภาพที่ 67 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (เปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

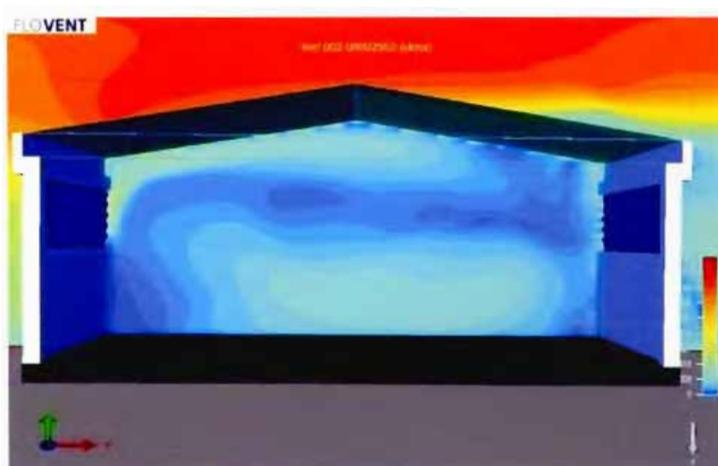


ภาพที่ 68 ลักษณะกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (ปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร)

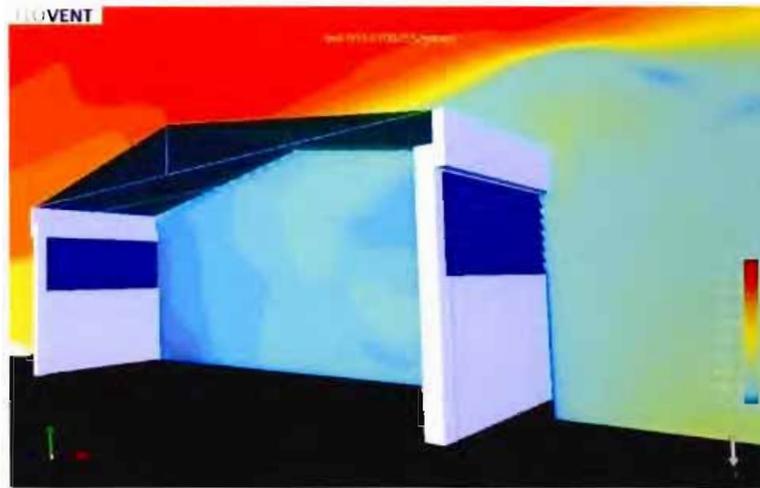
5 การศึกษาผลจากการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบต่อกรณีการปิดผนังอาคารชั้นล่าง



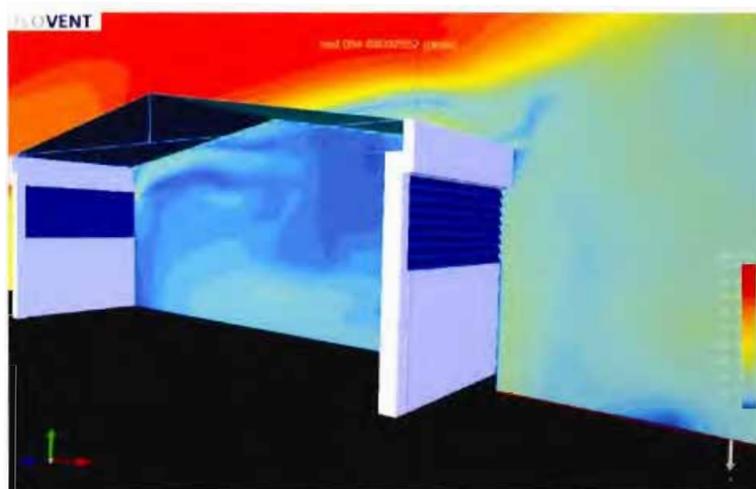
ภาพที่ 69 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (ปิดผนังชั้นล่าง)



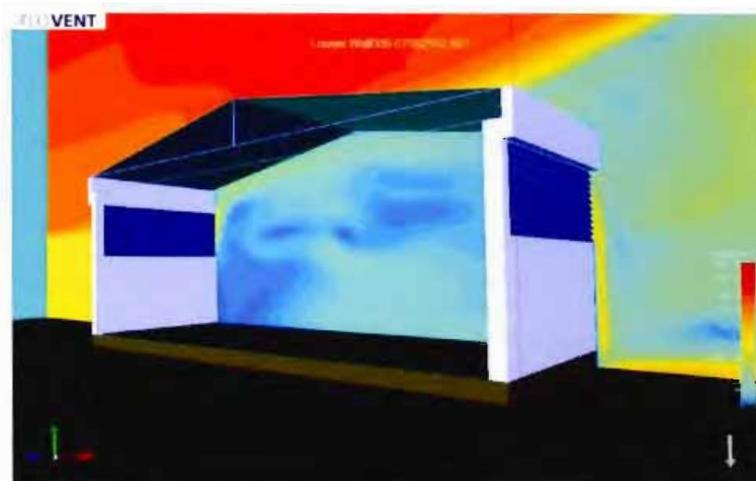
ภาพที่ 70 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 2 (ปิดผนังชั้นล่าง)



ภาพที่ 71 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 3 (ปิดผนังชั้นล่าง)



ภาพที่ 72 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 4 (ปิดผนังชั้นล่าง)

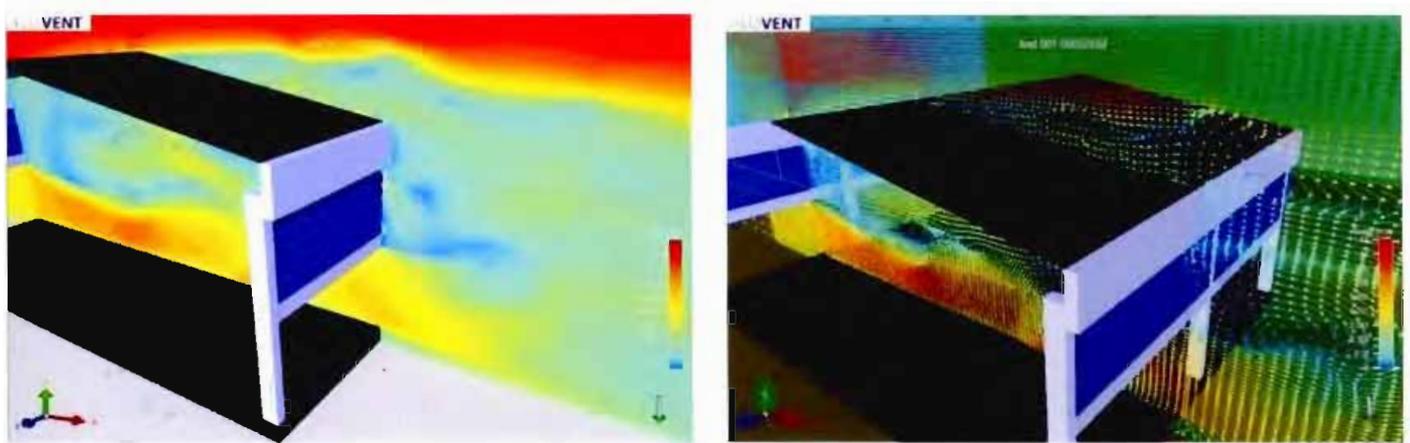


ภาพที่ 73 ลักษณะและทิศทางของกระแสลม ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (ปิดผนังชั้นล่าง)

### 3 การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม (CFD) Flovent7.2

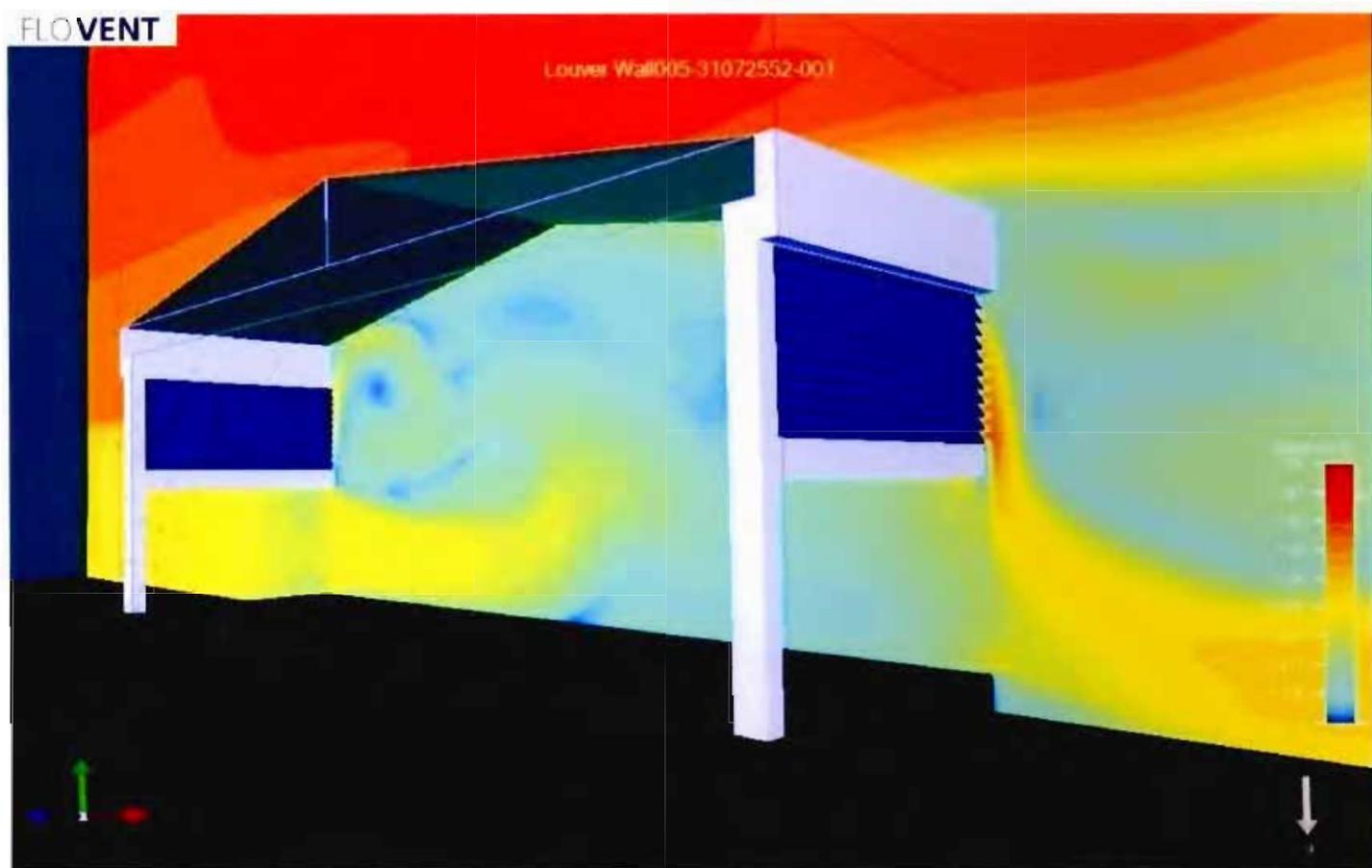
#### 3.1 ผลของการไหลจากกระแสลมในการจำลอง

แสดงทั้งในลักษณะลูกศร (vector) และเฉดสี (scalar) ปฏิบัติการของกระแสลมที่กระทำต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ เช่นในกรณีเปิดผนังช่วงล่างโถงนั้น มีลักษณะของการเคลื่อนที่ก่อนถึงอาคารแบบ Laminar ไหลตรงต่อเนื่องจนถึงประมาณกลางอาคารนี้ ได้ไหลเปลี่ยนทิศทาง ผ่านไปยังด้านหลังอาคารแล้วเกิดการแตกตัวของ Streamline ที่เรียกว่า Separation ในการจำลองนี้ Separation ที่เกิดขึ้นเนื่องจากช่องเปิดของอาคาร และชนิดของผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ซึ่งมีผลทำให้เกิด การไหลย้อนของกระแสลมขึ้นไปยังหลังคาในช่วงท้าย กระแสลมเหล่านี้เรียกว่า การไหลย้อนของ Turbulent ซึ่งใน Turbulent นั้นมีการไหลแบบ eddy ร่วมอยู่ด้วย



ภาพที่ 74 การแตกตัวของ Streamline ที่เรียกว่า Separation

ลักษณะของกระแสลมที่ผ่านเข้าทางช่องเปิดและผนังช่องเกล็ดทั้ง 5 แบบนั้น มีความแตกต่างกัน ผนังเกล็ดแบบที่ 1 จะมีกระแสลมมากกว่าผนังเกล็ดชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เพราะเกิดจากการไหลแบบ Turbulent ในแนวผนังเกล็ดไปยังการไหลแบบ Lamina ในช่วงของช่องเปิดผนังชั้นล่างที่น้อยกว่า ส่วนรูปแบบของผนังเกล็ดแบบที่ 2 และผนังเกล็ดแบบที่ 5 มีผลต่อกระแสลมที่ปะทะด้านทางเข้า ทำให้เกิดการ speed ตัวของกระแสลม จากการจำลองในเงื่อนไขเบื้องต้นด้วยความเร็วลม 1.38 เมตร/วินาที ทำให้เกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศ ต่อผนังเกล็ดแบบที่ 5 ในช่วงผนังเกล็ดด้านทิศทางของกระแสลมออก ทำให้กระแสลมที่เข้ามาในอาคารมีความสามารถไหลสู่ช่องทางออกได้น้อย

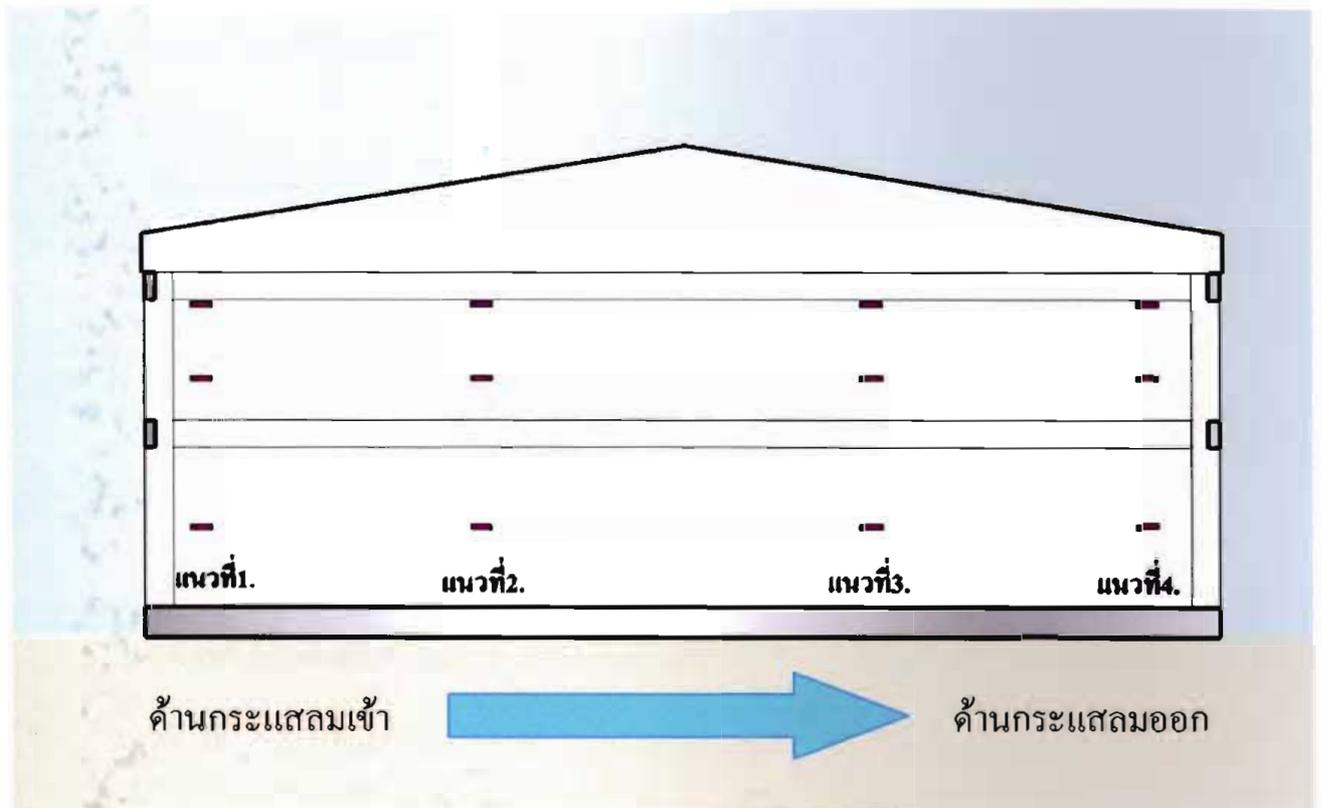


ภาพที่ 75 การเกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศ

ดังนั้นการปรับขนาดของช่องเปิดของอาคารในแต่ละแบบ จะทำให้ Turbulent มีความสามารถทำให้ความเร็วลมภายในอาคารลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งส่งผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร รวมทั้งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมภายในอาคารด้วย

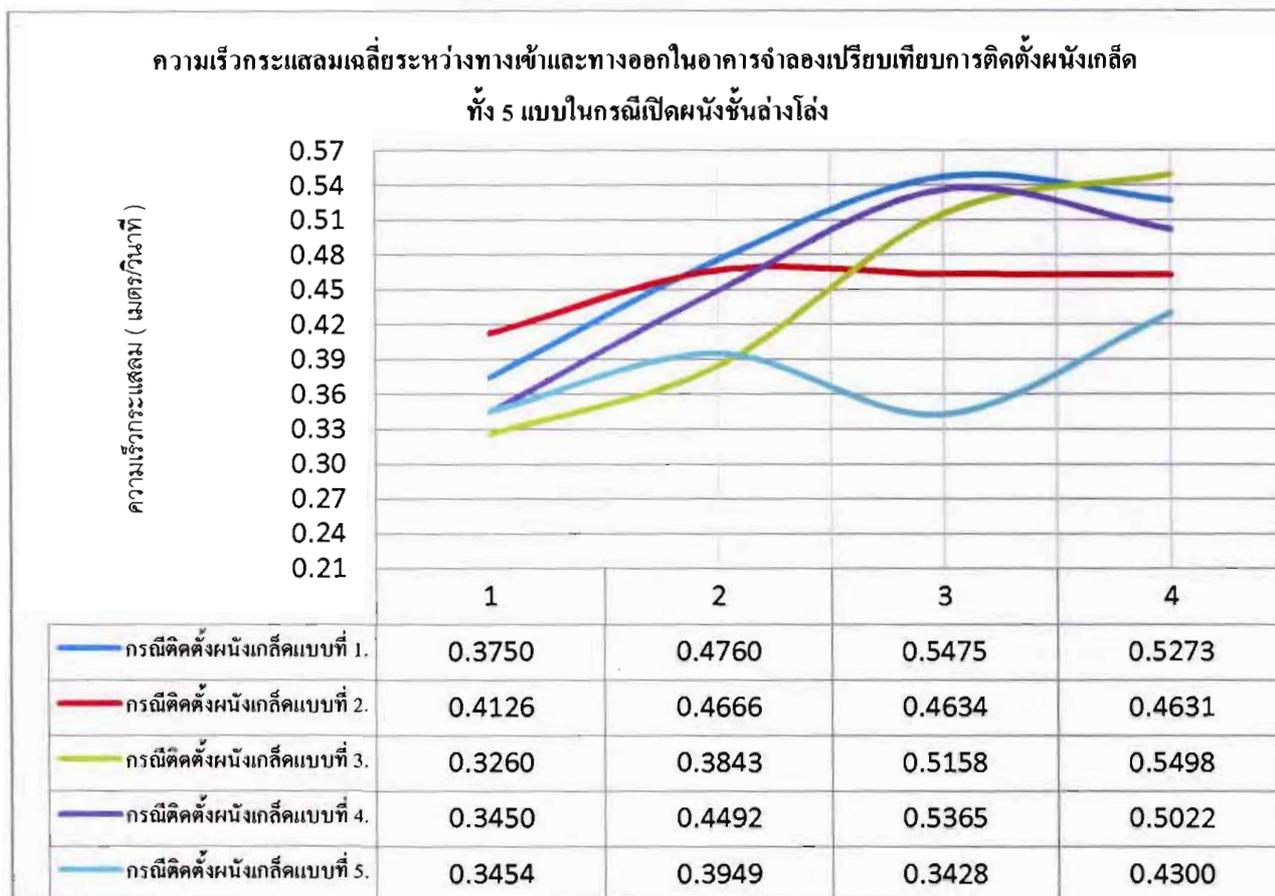
### 3.2 การเปรียบเทียบทิศทางและความเร็วของกระแสลมภายในอาคาร

ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ จากผลของการจำลองทำให้ทราบว่าทิศทางและความเร็วของกระแสลมภายในอาคาร มีความสัมพันธ์ต่อช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ทั้งหมด 48 จุด โดยตำแหน่งแนวที่หนึ่ง ในทิศทางกระแสลมเข้า ไปจนถึงตำแหน่งแนวที่สี่ ในทิศทางกระแสลมออก ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของความเร็วลมที่สัมพันธ์ต่อการระบายอากาศ

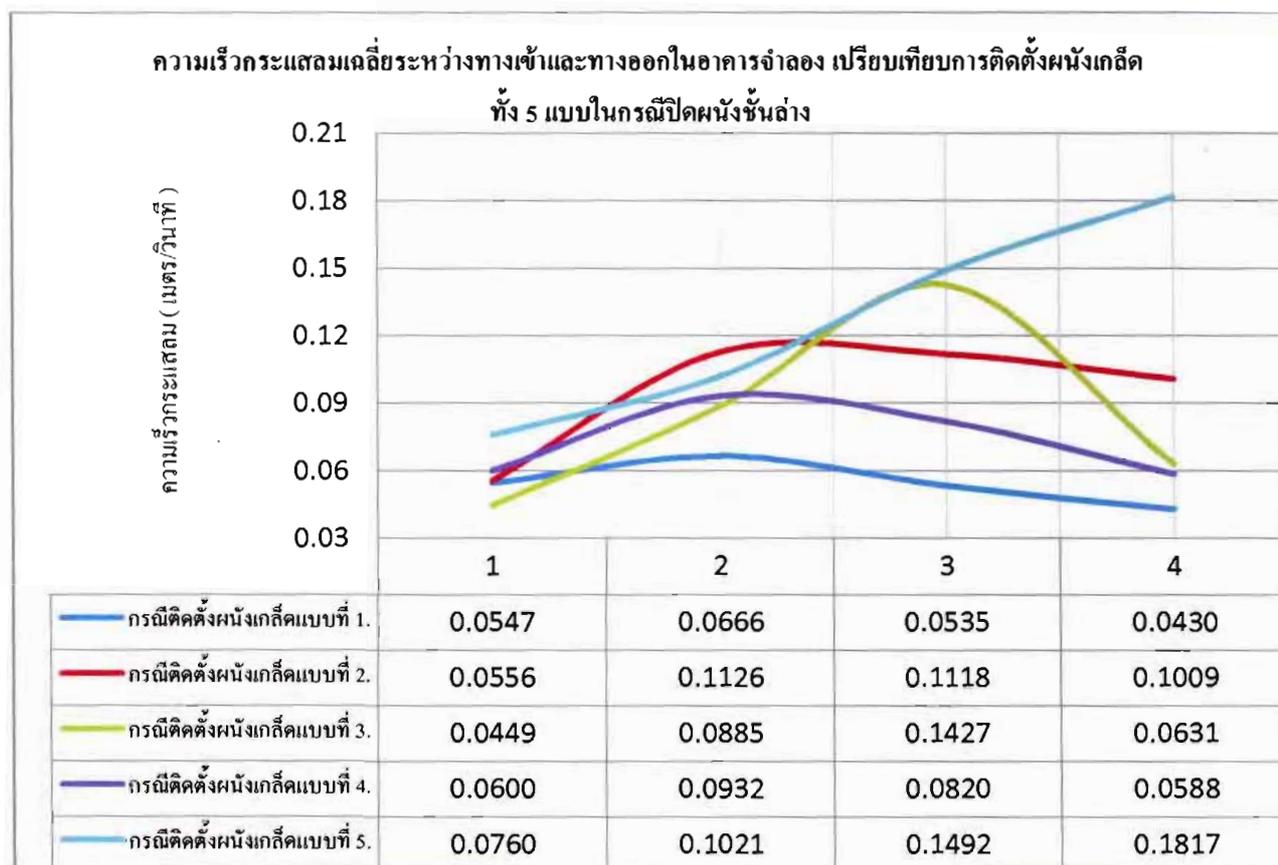


ภาพที่ 76 ตำแหน่งการจำลองกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา

ผลการจำลองเปิดผนังชั้นล่าง โลงจะเห็นได้ว่าผนังเกล็ดแบบที่ 1 ซึ่งมีความถี่น้อยที่สุด นั้นได้ค่าเฉลี่ยความเร็วลมมากสุดในแนวที่ 2 และ 3 เท่านั้น แต่ในแนวที่ 1 ผนังเกล็ดแบบที่ 2 จะดีกว่ารวมถึงในแนวที่ 4 ผนังเกล็ดแบบที่ 3 จะดีกว่าทั้งหมด ซึ่งผนังเกล็ดแบบที่ 5 ที่มีความถี่มากที่สุดนั้นประสิทธิภาพของความเร็วลมภายในอาคารไม่ดีเลย แต่กลับกันเมื่อปิดผนังอาคารชั้นล่างผนังเกล็ดแบบนี้จะดีกว่าผนังเกล็ดทั้งหมด ในกรณีนี้ทำให้ทราบว่าผนังเกล็ดแบบที่ 1 ความเร็วลมในอาคารจะน้อยกว่า จึงสรุปได้ว่าตั้งแต่จุดที่ 1 ซึ่งกระแสลมเข้าไปจนถึง จุดที่ 4 เป็นทางกระแสลมออก ผนังเกล็ดแต่ละแบบสัมพันธ์ต่อช่องเปิด และผลที่ได้ ความเร็วลมแต่ละจุดจะแตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากกระแสลมแบบ Turbulent และ air curtain หรือม่านอากาศ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 9 และ 10



แผนภูมิที่ 9 ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างทางเข้าและทางออก ในกรณีเปิดผนังชั้นล่าง



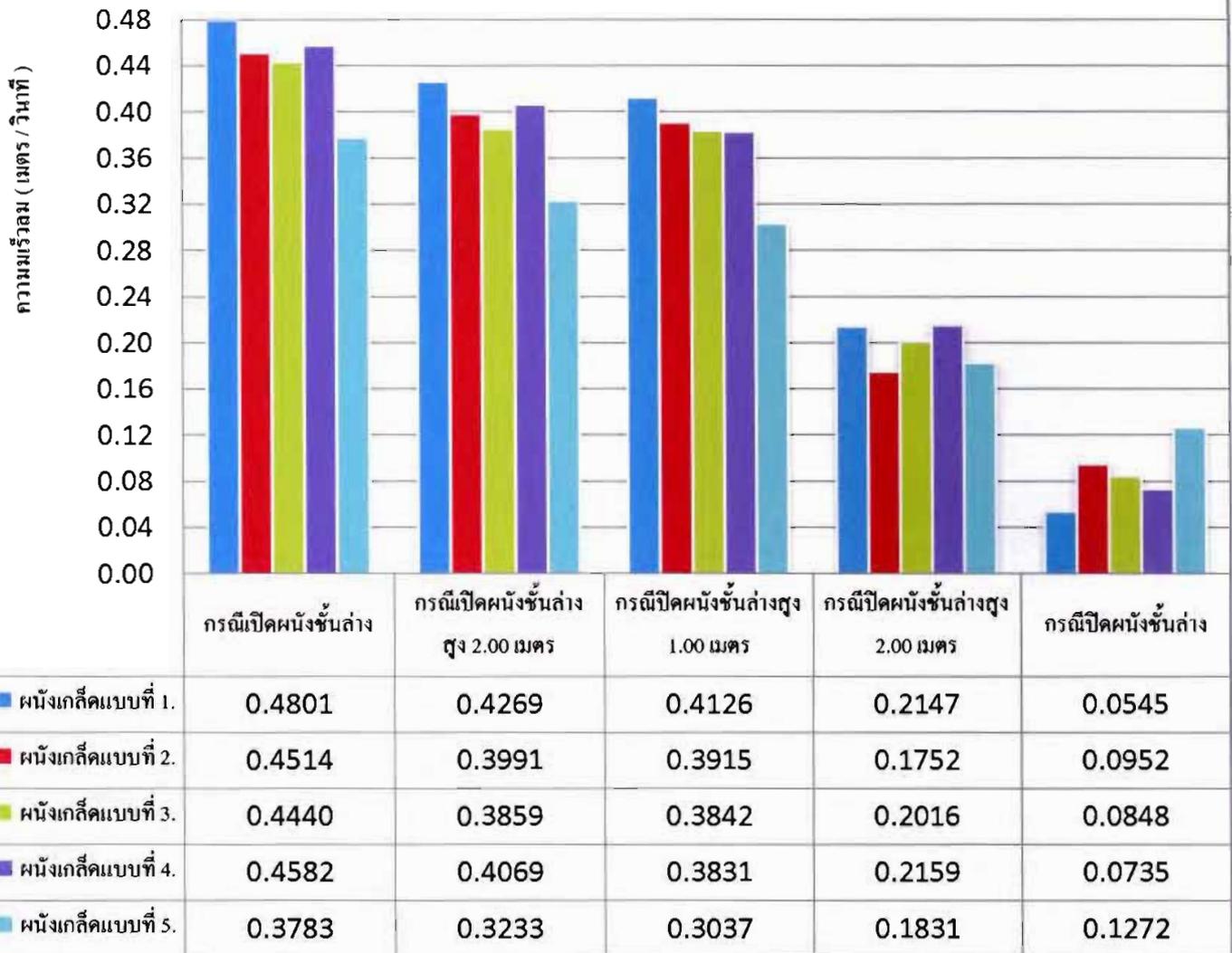
แผนภูมิที่ 10 ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างทางเข้าและทางออก ในกรณีปิดผนังชั้นล่าง

### 3.3 สรุปผลการศึกษาจากการจำลองตามเงื่อนไขโดยโปรแกรม Flovent 7.2

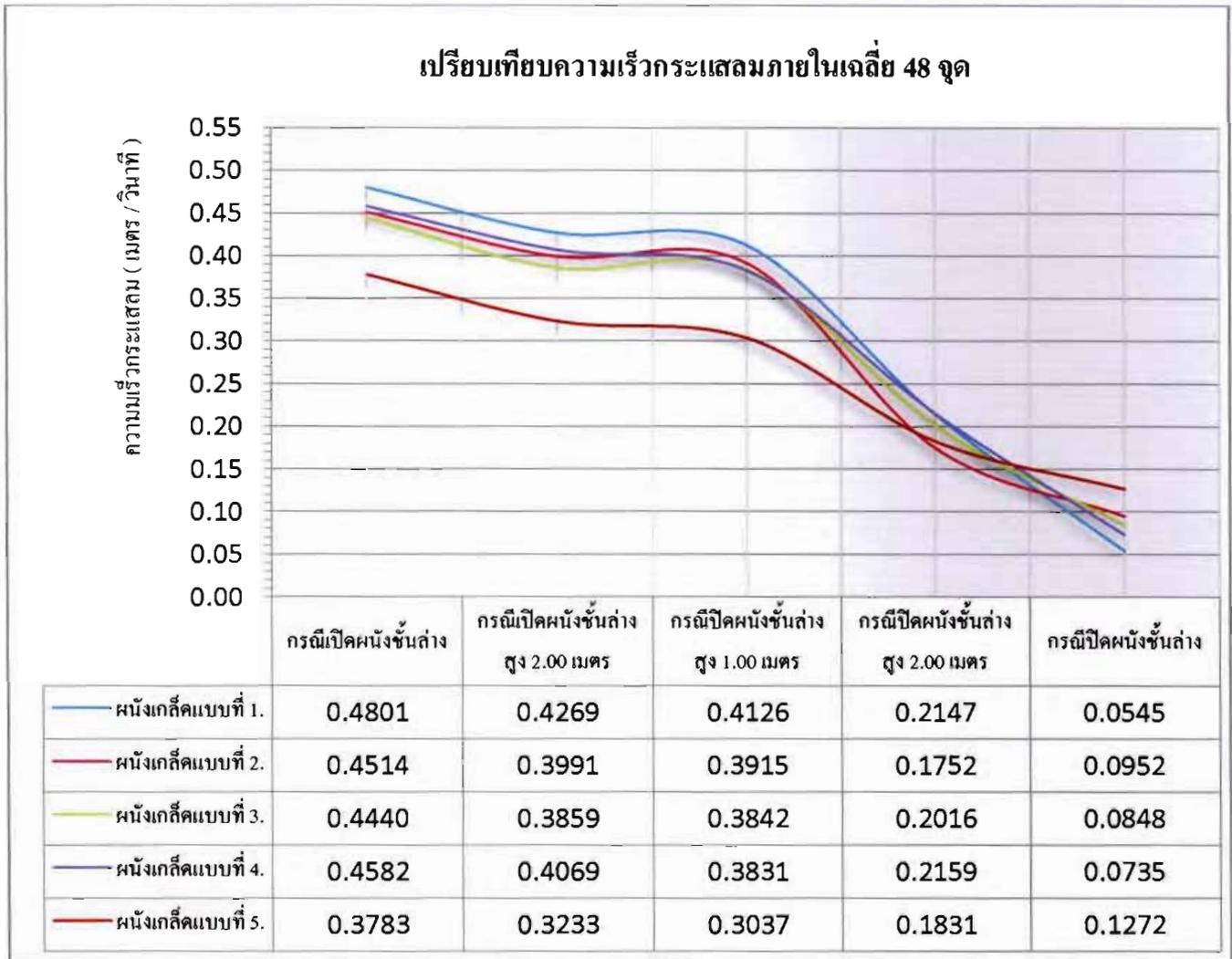
การจำลองการไหลของกระแสลมผ่านช่องเปิด และผนังช่องเกล็ดแต่ละแบบ ทำให้ทราบถึงความแตกต่างกันของความเร็วลมภายในอาคาร ในแต่ละแบบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่องเปิดมีความสำคัญต่อผนังเกล็ดด้วย เช่น ผนังเกล็ดแบบที่ 1 จะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดีก็ต่อเมื่อช่องเปิดกว้างมาก แต่เมื่อช่องเปิดอาคารเริ่มกว้างน้อยลง จะเห็นว่าผนังเกล็ดแบบที่ 5 ซึ่งมีความถี่มากกว่าผนังเกล็ดแบบอื่นจะมีประสิทธิภาพความเร็วลมได้ดีกว่าและมีความเร็วลดลงต่อเมื่อช่องเปิดมีขนาดมากขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์การไหลของกระแสลมแบบ cross ventilation ผ่านรูปทรงอาคาร ผนังช่องเกล็ด และช่องเปิดของอาคารมีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพของความเร็วลม เช่น เมื่อช่องเปิดของอาคารมากย่อมส่งผลต่อการไหลของกระแสลมที่มีความเร็วมาก แต่เมื่อช่องเปิดของอาคารน้อยลง ความเร็วของกระแสลมย่อมลดลง ส่วนในกรณีการไหลผ่านผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ลักษณะการไหลของกระแสลมจะเป็นแบบ Turbulent ซึ่งการไหลแบบนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากลักษณะรูปแบบของเกล็ดเองด้วย ผลสรุปจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Flovent 7.2 ได้แสดงในรูปของแผนภูมิ เพื่อช่วยต่อการทำความเข้าใจ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### เปรียบเทียบความเร็วกระแสลมภายในเฉลี่ย 48 จุด



แผนภูมิที่ 11 ความเร็วของกระแสลมที่ผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ  
(แสดงแบบแผนภูมิแท่ง)



แผนภูมิที่ 12 ความเร็วของกระแสลมที่ผ่านช่องเปิดและผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ  
(แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น)

ประสิทธิภาพของความเร็วกระแสลมที่ต่างกัน สามารถอธิบายได้ดังนี้ ผนังเกล็ดแบบที่ 1 ให้ประสิทธิภาพความเร็วลมดีกว่าผนังเกล็ดแบบอื่นเนื่องจากรูปแบบของผนังเกล็ดมีความถี่ของเกล็ดน้อยกว่าผนังเกล็ดแบบอื่น เมื่อกระแสลมผ่าน โอกาสที่จะเกิดกระแสลมที่เรียกว่า Turbulent จึงน้อยกว่าผนังเกล็ดแบบอื่น นอกจากนี้หากพิจารณาให้สัมพันธ์กับช่องเปิดที่มีพื้นที่มาก จะทำให้กระแสลมในอาคารมีความเร็วเฉลี่ยมากกว่าการจำลองต่อผนังเกล็ดแบบอื่นทั้งหมด แต่ในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 ซึ่งมีความถี่ของเกล็ดมากกว่าผนังเกล็ดแบบอื่น เมื่อจำลองพื้นที่ช่องเปิดให้น้อยลงกลับจะมีประสิทธิภาพของความเร็วลมมากกว่าผนังเกล็ดแบบอื่นเนื่องจากการเกิด air curtain หรือม่านอากาศลดลงสัมพันธ์กับขนาดช่องเปิดที่มีพื้นที่ลดลงไปด้วย จนช่องเปิดชั้นล่างของอาคารที่ใช้ในการจำลองปิดหมด ผนังเกล็ดแบบที่ 5 จะมีความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าผนังเกล็ดแบบอื่นทั้งหมด

#### 4 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคารจำลองโดยวิธีการคำนวณ ( Air Change Rate )

อัตราไหลของอากาศที่ผ่านเข้ามายังอาคาร นอกจากการหาค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD แล้วยังสามารถใช้วิธีการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศได้ด้วย ซึ่งในบางครั้งอัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารอาจแสดงได้ในรูปของอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ซึ่งมีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อชั่วโมง โดยใช้สัญลักษณ์  $N$  หรือ AC/hr ตามทฤษฎี “การเปลี่ยนถ่ายอากาศ” หมายถึง การมีอากาศเข้ามาแทนที่อากาศในอาคารนั้นทั้งหมด ซึ่งการแทนที่อากาศในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการผสมกันของอากาศในห้องนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ คือ (วันทนีส์ พันธุ์ประสิทธิ์ 2549 : 248-249)

$$N = \frac{(3600 Q)}{\text{Vol}}$$

เมื่อ  $N$  = อัตราการเปลี่ยนอากาศ (ครั้ง/ชั่วโมง)

$Q$  = อัตราการไหลของอากาศ (ลบ.ม./วินาที)

$\text{Vol.}$  = ปริมาตรของอาคาร ในที่นี้อาคารที่ใช้จำลองมีปริมาตรของอาคาร = 2,484

ลูกบาศก์เมตร

3600 = ค่าคงที่ (3600 วินาที = 1 ชั่วโมง)

โดยค่า  $Q$  หาได้จาก

$$Q = 0.278 Z AV$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหลของอากาศ (ลบ.ม./วินาที)

$Z$  = มุมตกกระทบของลม ถ้าตั้งฉากกับอาคาร  $Z = 0.5$  ถ้ามุมอื่น  $Z = 0.3$

$A$  = พื้นที่เปิด(ในที่นี้หมายถึงผนังช่องเปิด และผนังเกล็ดด้านเหนือลมหรือใต้ลม

โดยแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 5 กรณี)

กรณีแรก คือการเปิดผนังชั้นล่าง มีจำนวนพื้นที่ช่องเปิดรวม = 38.20 ตารางเมตร

กรณีที่สอง คือการเปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 ม. มีจำนวนพื้นที่ช่องเปิดรวม = 26.20

ตารางเมตร

กรณีที่สาม คือการปิดผนังชั้นล่างสูง 1.00 ม. มีจำนวนพื้นที่ช่องเปิดรวม = 24.91

ตารางเมตร

กรณีที่สี่ คือการปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 ม. มีจำนวนพื้นที่ช่องเปิดรวม = 11.81

ตารางเมตร

กรณีนี้ทำ คือการปิดผนังชั้นล่าง จะคิดแต่เฉพาะพื้นที่ช่องเปิดของผนังเกิดขึ้น ดังนี้  
 ผนังเกิดขึ้นแบบที่ 1 มีพื้นที่ช่องเปิดรวม 5.60 ตารางเมตร  
 ผนังเกิดขึ้นแบบที่ 2 มีพื้นที่ช่องเปิดรวม 5.60 ตารางเมตร  
 ผนังเกิดขึ้นแบบที่ 3 มีพื้นที่ช่องเปิดรวม 6.72 ตารางเมตร  
 ผนังเกิดขึ้นแบบที่ 4 มีพื้นที่ช่องเปิดรวม 7.84 ตารางเมตร  
 ผนังเกิดขึ้นแบบที่ 5 มีพื้นที่ช่องเปิดรวม 12.32 ตารางเมตร

$V =$  ความเร็วกระแสลมเฉลี่ย (กม./ชม.) โดยหาค่าเฉลี่ยจากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Flovent7.2 บนตำแหน่งที่บริเวณช่องเปิดด้านกระแสลมเข้าดังภาพที่ 77 แล้วจึงแปลงค่าจากเมตร/วินาที เป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง (1 เมตร/วินาที = 3.6 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

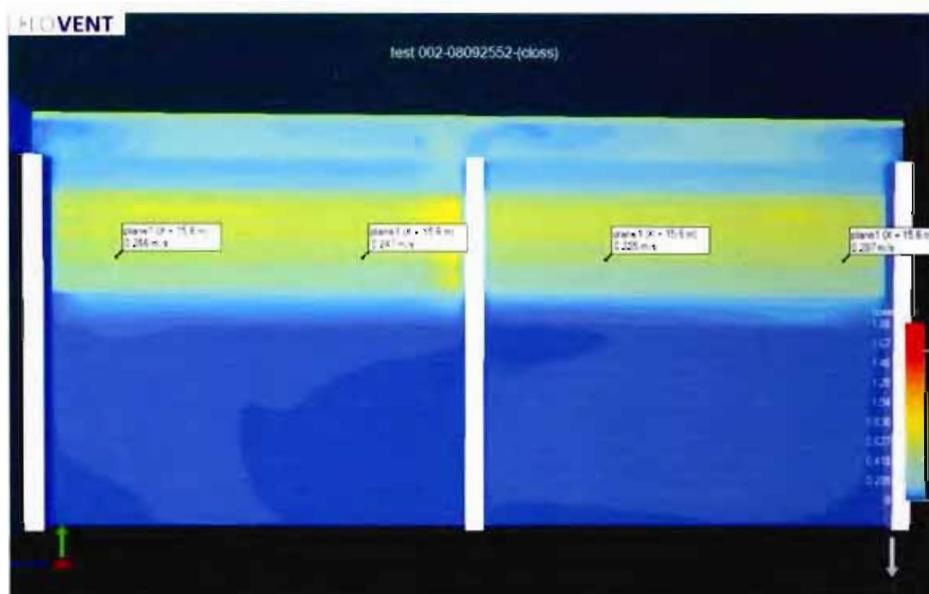
0.278 = ค่าคงที่จากการแปลงหน่วย

เช่น การคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศในเกิดขึ้นแบบที่ 2 กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่าง

$$Q = 0.278 \times 0.5 \times 5.60 \times 0.92 = 0.72 \text{ ลบ.ม./วินาที}$$

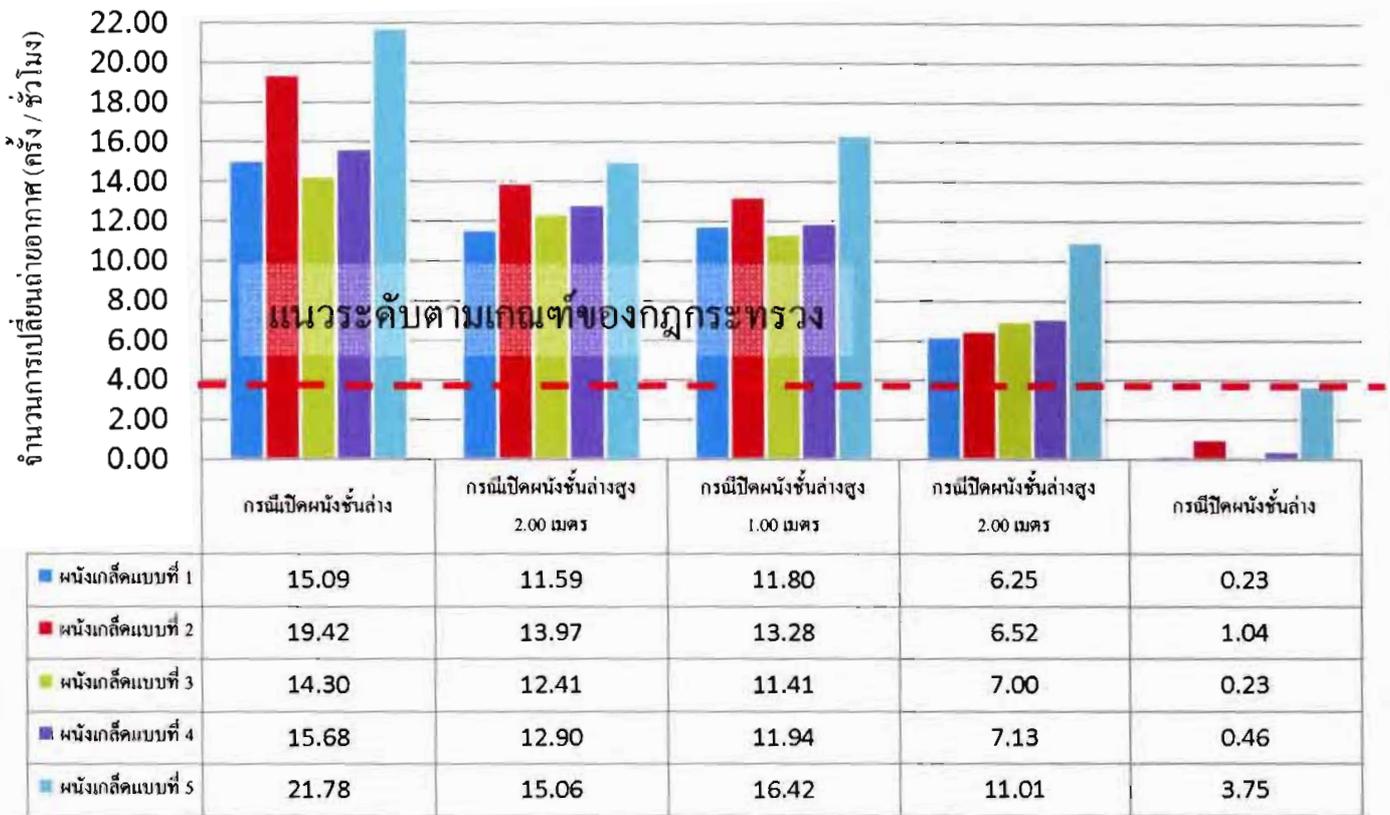
$$N = \frac{(3,600 \times 0.72)}{2,484} = 1.04 \text{ ครั้ง/ชั่วโมง}$$

การคำนวณในกรณีนี้ ได้อัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศในอาคารอยู่ที่ 1.04 ครั้ง/ชั่วโมง



ภาพที่ 77 ตำแหน่งการหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศของผนังเกิดขึ้นแบบที่ 2 กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่าง

เปรียบเทียบการเปลี่ยนถ่ายอากาศผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ



หมายเหตุ เส้นประสีแดงหมายถึงเกณฑ์กำหนดการเปลี่ยนถ่ายอากาศจากกฎกระทรวง

แผนภูมิที่ 13 การคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ

จากการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศผ่านช่องเปิด และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ทั้งหมด 25กรณี เปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดการเปลี่ยนถ่ายอากาศจากกฎกระทรวงมีเกณฑ์กำหนด 4 ครั้ง/ชั่วโมงไม่ผ่านอยู่ 5 กรณีและทั้งหมดนี้ เป็นการจำลองแบบปิดผนังอาคารชั้นล่างทั้งสิ้นซึ่งสอดคล้องกับการหาค่าความเร็วลมเฉลี่ยในการจำลอง CFD ที่มีผลต่ำที่สุดทั้ง 5 กรณี ในที่นี้มีข้อ น่าสังเกตกับผนังเกล็ดแบบที่ 5 ที่ได้ผลค่อนข้างขัดแย้งกับการจำลองการหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย สาเหตุจากความเร็วลมที่ใช้ในการคำนวณนั้นต่างจากการจำลองเบื้องต้น และยังเกิด effect ที่ เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศดังนั้นจึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาดังกล่าวต่อไป

### การปรับปรุงผลการจำลอง

การจำลองโต๊ะน้ำให้ผลสอดคล้องกับการจำลองด้วย CFD แต่ไม่ชัดเจนจึงวิเคราะห์ผลที่ได้จาก CFD โดยเทียบกับวิธีการคำนวณ Air change rate เพื่อปรับปรุงผลของการจำลอง ซึ่งจะทำให้เพิ่มความเร็วลมและประสิทธิภาพการระบายอากาศได้

โดยทฤษฎีแล้วหากเป็นไปตามผลจากการจำลอง CFD แล้วนั้นสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงอาคารจริงได้ ผลจากการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Flovent7.2 นั้น ทำให้เห็นว่ขนาดช่องเปิดอาคาร และผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ มีความสัมพันธ์กับลักษณะ และความเร็วของกระแสลม ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

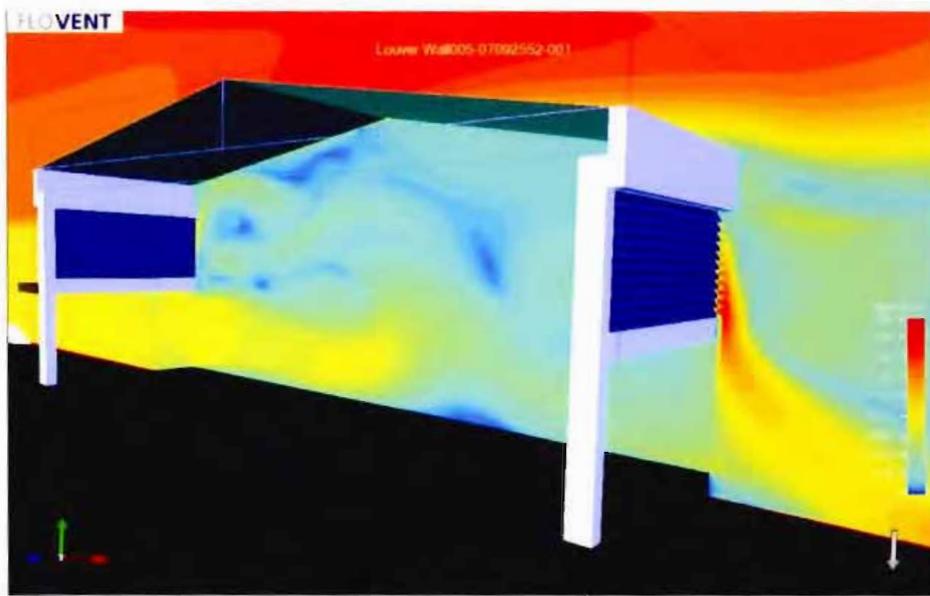
- 1 รูปทรง สัดส่วนของเกล็ดทั้ง 5 แบบ และลักษณะอาคารที่ใช้ในการจำลอง
- 2 กระแสลมแบบ Turbulent ที่เกิดจากการปะทะของกระแสลมกับผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ และช่องเปิดแต่ละระดับ
- 3 การเกิด effect ที่เรียกว่า “air curtain” หรือม่านอากาศ ซึ่งเป็นกระแสลมที่เกิดขึ้นกับผนังเกล็ดแบบที่ 5 ในทิศด้านกระแสลมออก แล้วไปขวางกั้นการไหลของกระแสลมภายในอาคาร จึงทำให้กระแสลมในอาคารมีความเร็วลดลง ฉะนั้นการปรับปรุงองค์ประกอบในการจำลอง จึงเป็นประเด็นสำคัญของการศึกษา โดยการปรับปรุงเพื่อนำเสนอ ดังนี้

1. การปรับปรุงนั้น จำเป็นต้องอ้างอิงรูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารนี้
2. การปรับปรุง ต้องเพิ่มความเร็วมเพื่อผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

## 5.1 การจำลองเพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

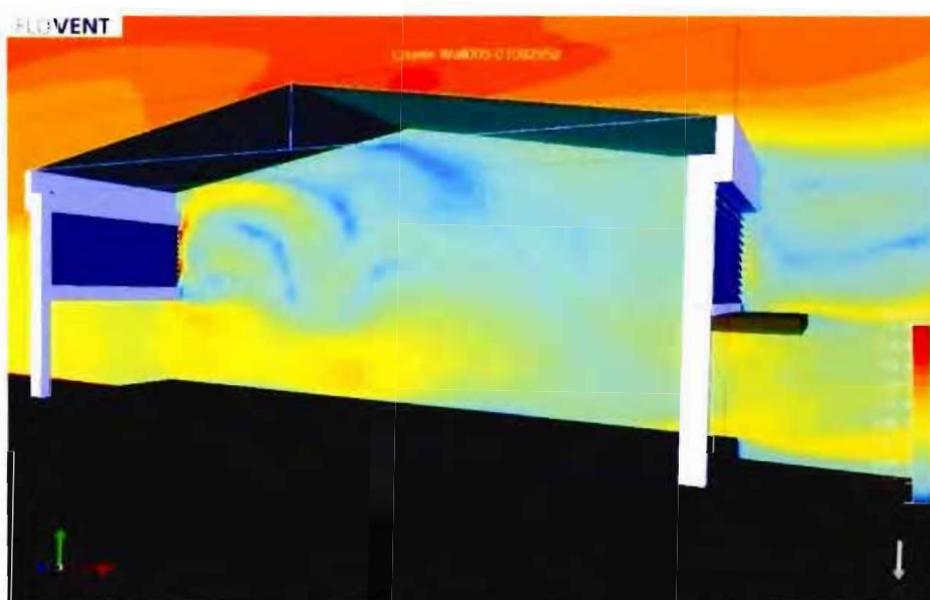
5.1.1 การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาใช้ผนังเกล็ดแบบที่ 5 นั้น เพื่อแก้ปัญหา effect แบบ air curtain ที่เกิดขึ้นให้มีผลต่อการคำนวณ air change rate นั้น ได้คำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจริง เหมาะสมกับอาคารในส่วนงานด้านสถาปัตยกรรม โดยจำลองกรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง และเพิ่มการติดตั้งกันสาดลึก 1.50 เมตร ในแต่ละด้านทั้ง 3 ลักษณะดังนี้

### 1 ติดตั้งในทิศด้านกระแสมเข้ามา



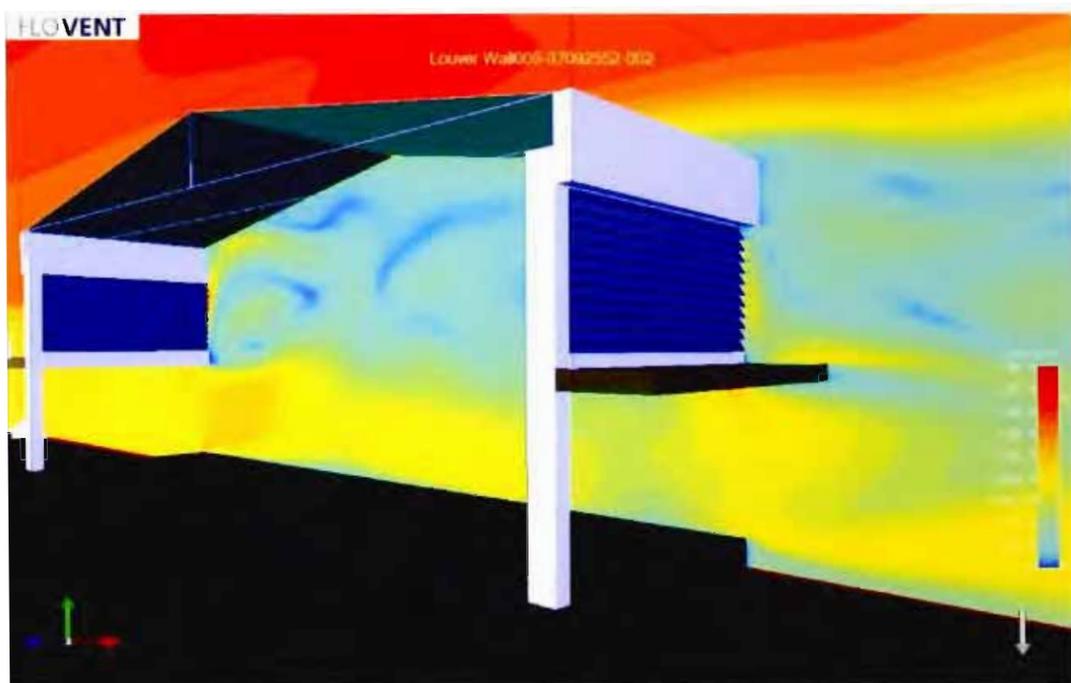
ภาพที่ 78 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้านกระแสมเข้ามา

### 2 ติดตั้งในทิศด้านกระแสมออก



ภาพที่ 79 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้านกระแสมออก

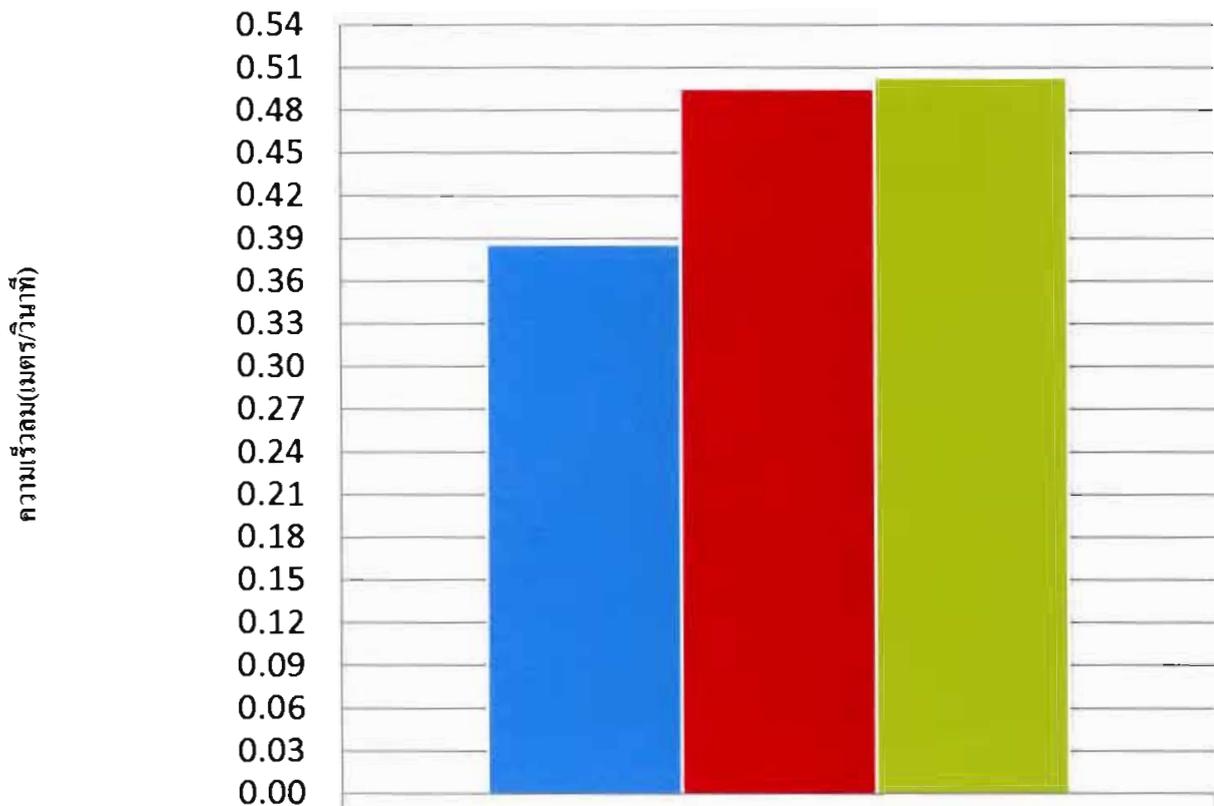
### 3 ติดตั้งบนผนังทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 80 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน

การติดตั้งองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ที่เป็นกันสาดมีผลต่อกระแสลมในอาคาร (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 125-127) ซึ่งได้ผลจากการวิเคราะห์ดังนี้ การติดตั้งกันสาดบนผนังด้าน กระแสลมเข้า ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.39 เมตร/วินาที เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ติดตั้งกันสาด มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.38 เมตร/วินาที ทั้งนี้เนื่องจากกันสาดบนผนังด้านกระแสลมเข้ายังคงส่งผลให้เกิด air curtain ในผนังด้านกระแสลมออกอยู่ ส่วนการติดตั้งกันสาดบนผนังด้านกระแสลมออก สามารถลด effect แบบ air curtain ได้ดีกว่าทำให้เกิดความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็น 0.50 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมเฉลี่ยที่มากกว่ากรณี ผนังเกล็ดแบบที่ 1 ถึง 4 ทั้งยังสอดคล้องกับการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ ส่วนการติดตั้งกันสาดบนผนังทั้ง 2 ด้านสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้อีกเล็กน้อยโดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.50 เมตร/วินาที คือมีความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าแบบการติดตั้งกันสาดบนผนังด้าน กระแสลมออกเพียง 0.007 เมตร/วินาที ดังแสดงในแผนภูมิที่ 14

### ผลของความเร็วลมในกรณีการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร

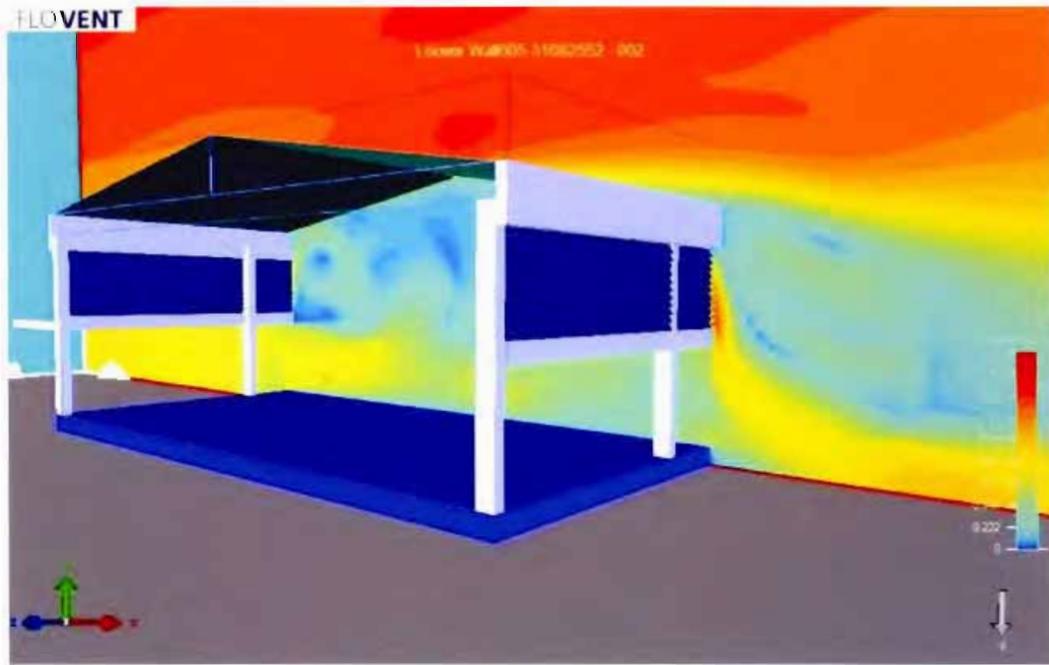


■ ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมเข้า	0.3861
■ ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมออก	0.4959
■ ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมเข้าและลมออก	0.5033

แผนภูมิที่ 14 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในอาคาร กรณีที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร

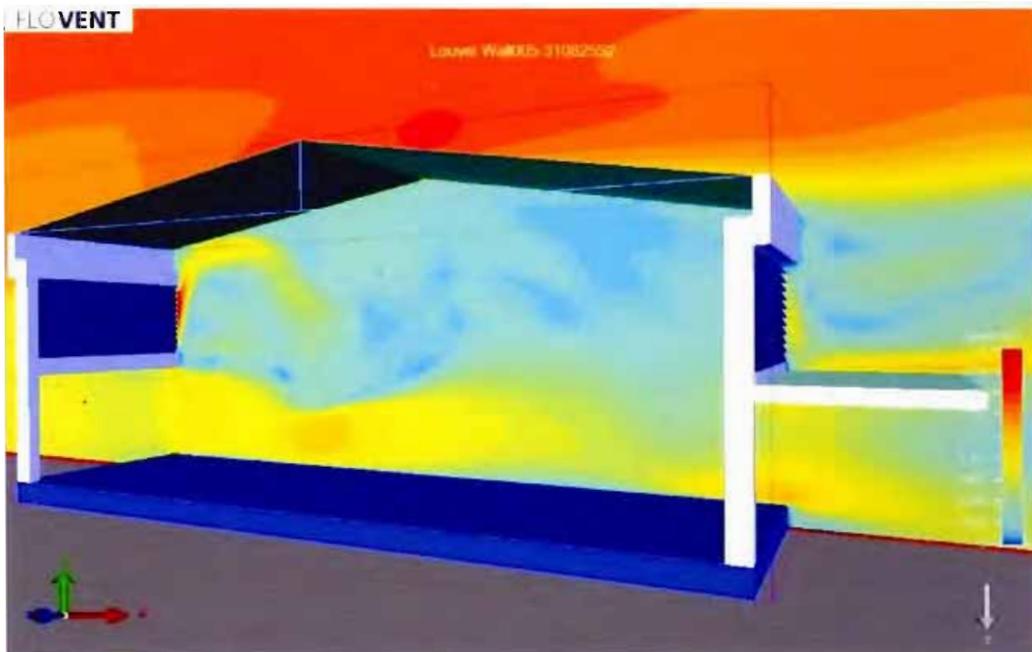
5.1.2 การติดตั้งกันสาดซึ่งยื่นออกมา 1.50 เมตร นั้นสามารถเป็นไปได้กับทุกอาคาร รวมถึงอาคารขนาดเล็ก แต่สำหรับอาคารขนาดใหญ่ เช่นอาคารประเภทอุตสาหกรรม การยื่นกันสาดอาจมากกว่า 1.50 เมตรก็ได้ ดังนั้นในที่นี้จึงได้จำลองการยื่นกันสาดที่ 3.50 เมตร เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มเติม

1 การปรับปรุงอาคาร โดยติดตั้งกันสาดยื่นออกจากอาคาร 3.50 เมตร ในทิศด้าน  
กระแลมเข้า



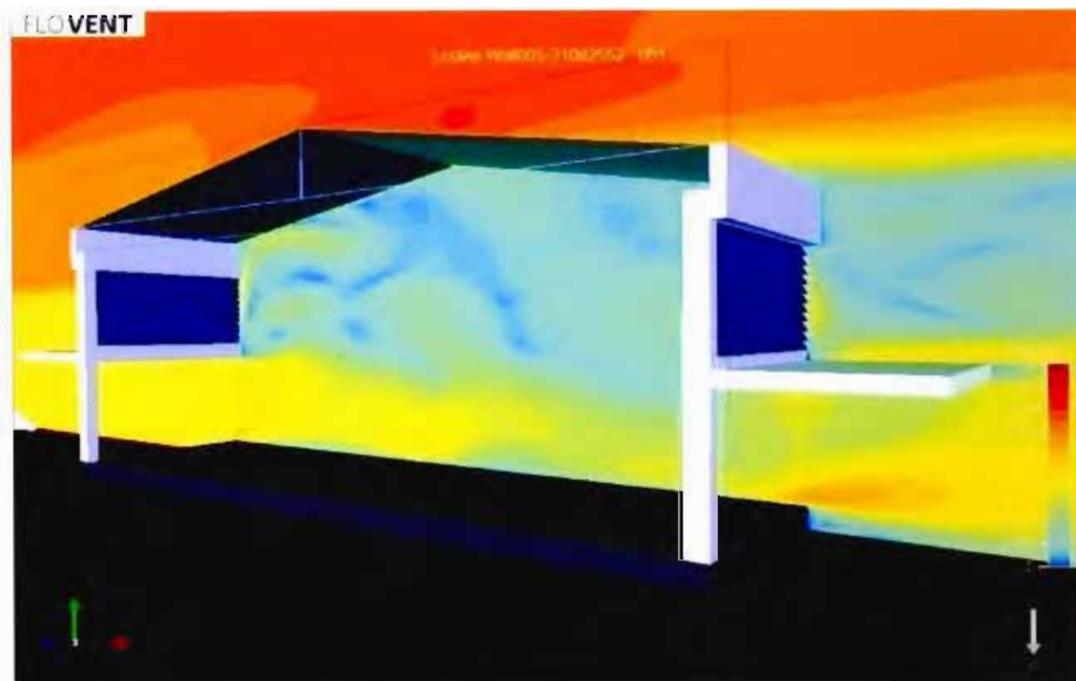
ภาพที่ 81 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร บนผนังด้านกระแลมเข้า

2 การปรับปรุงอาคาร โดยติดตั้งกันสาดยื่นออกจากอาคาร 3.50 เมตร ติดตั้งในทิศด้าน  
กระแลมออก



ภาพที่ 82 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร บนผนังด้านกระแลมออก

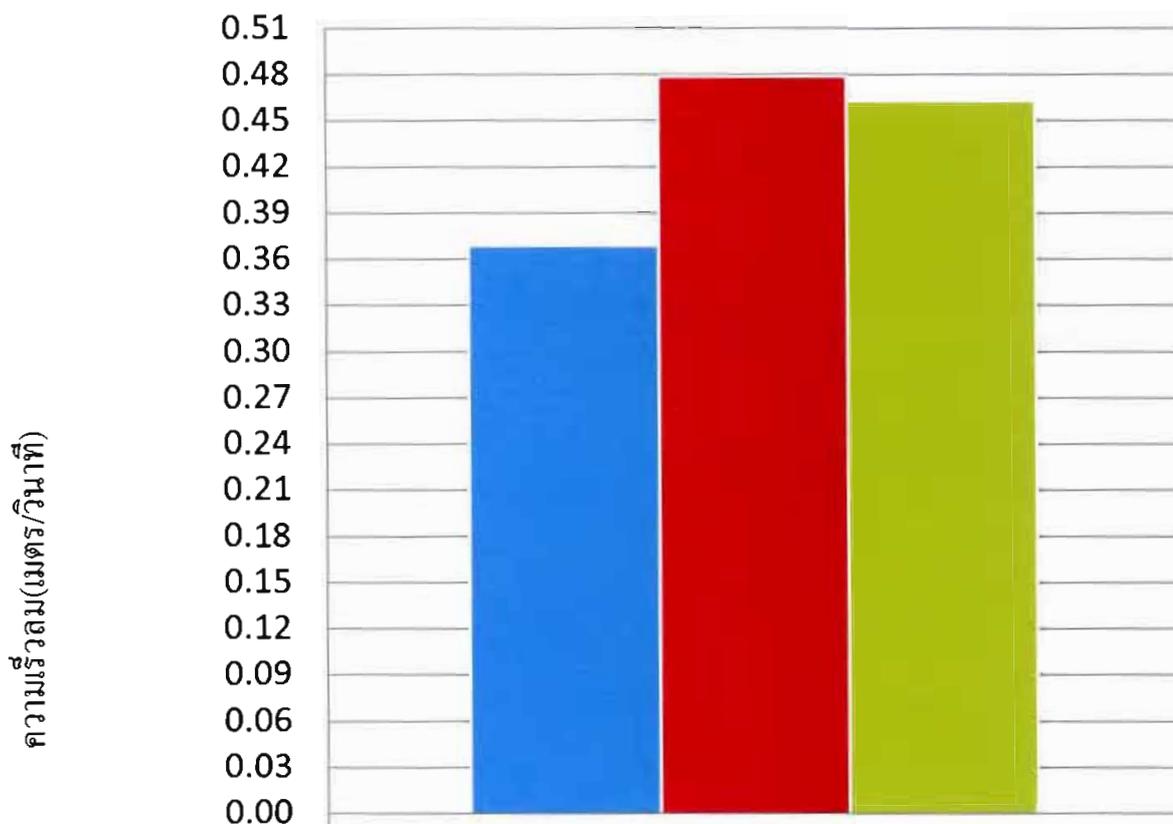
### 3 การปรับปรุงอาคาร โดยติดตั้งกันสาดยื่นออกจากอาคาร 3.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน



ภาพที่ 83 การจำลองที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน

การปรับขนาดของกันสาด มีผลต่อความเร็วกระแสลมภายในอาคาร ด้วยการยื่นกันสาดให้มีขนาด 3.50 เมตร มีผลโดยรวม ต่อความเร็วของกระแสลมภายในอาคารจะลดลงเมื่อเทียบกับการยื่นกันสาดที่ 1.50 เมตร ซึ่งการติดตั้งกันสาดบนผนังด้านกระแสลมเข้า ยังผลให้ความเร็วของกระแสลมลดลงเพราะเกิดม่านอากาศในผนังเกล็ดแบบที่ 5 ส่วนการติดตั้งกันสาด บนด้านผนังกระแสลมออก จะตรงข้ามต่อการทดลอง ที่ยื่นกันสาดออกมาที่ 1.50 เมตร เพราะค่าความเร็วกระแสลมในอาคารของกันสาดขนาด 3.50 เมตร จะมากกว่าการติดตั้งกันสาด บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน ซึ่งการจำลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความยาวของการยื่นกันสาดนั้น เมื่อการยื่นของกันสาดมีระยะมากขึ้น จะส่งผลต่อความเร็วกระแสลมในอาคาร โดยภาพรวมความเร็วลมในอาคารจะลดลง ดังนั้นการติดตั้งกันสาดแบบ 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน คือผนังด้านกระแสลมเข้าและผนังด้านกระแสลมออก จะให้ความเร็วลมในอาคารมากกว่า การติดตั้งกันสาดในผนังด้านกระแสลมเข้า หรือในผนังด้านกระแสลมออกเพียงอย่างเดียว

### ผลของความเร็วลมในกรณีติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร



■ 1 ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมเข้า	0.3693
■ 2 ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมออก	0.4788
■ 3 ติดตั้งบริเวณผนังด้านลมเข้าและลมออก	0.4635

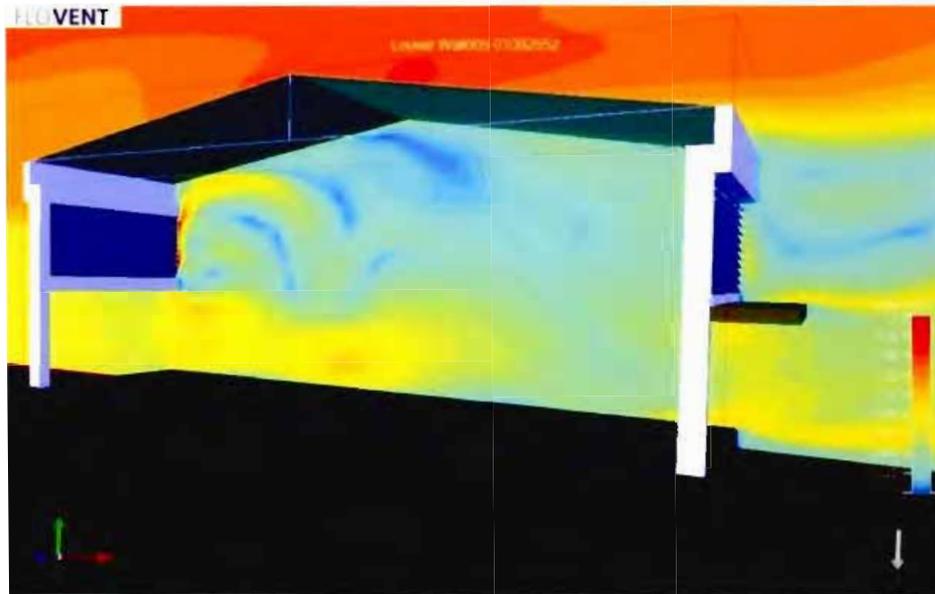
แผนภูมิที่ 15 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในอาคาร กรณีที่เพิ่มการติดตั้งกันสาด 3.50 เมตร

การติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร กับอาคารที่มีการเปิดช่องเปิดทั้ง 5 ระดับ เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีจำลองก่อนหน้านี้ และการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ เพื่อทำความเข้าใจกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของการระบายอากาศ จึงได้จำลองเพิ่มเติม โดยใช้กรณีที่มีสำหรับการติดตั้งกันสาดได้พิจารณาใช้เพียงการติดตั้งบนผนังด้านกระแสนลมออก และบนผนังทั้ง 2 ด้าน

## 5.2 การจำลองเพื่อปรับปรุงความเร็วของกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา

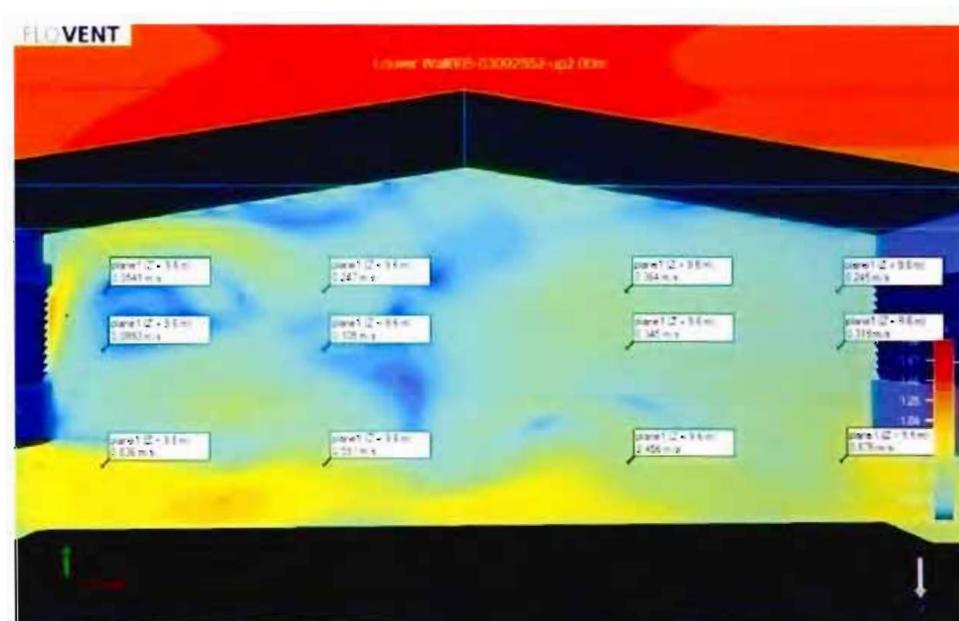
### 5.2.1 การจำลอง โดยการติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก

1 กรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างให้โล่งทั้งหมด



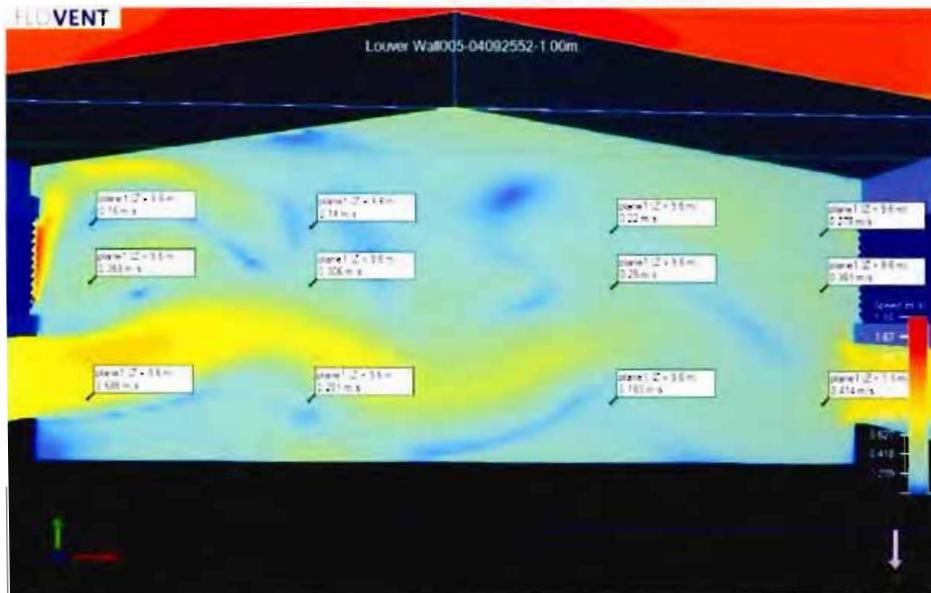
ภาพที่ 84 ลักษณะกระแสลมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังด้านผนังกระแสลมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง

2 กรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



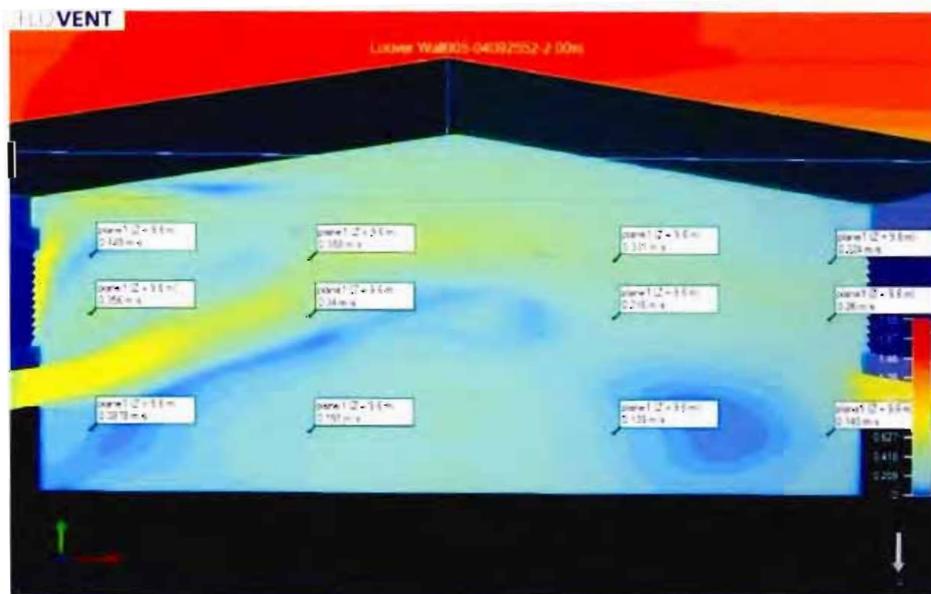
ภาพที่ 85 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก กรณีเปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร

### 3 การปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 1.00 เมตร



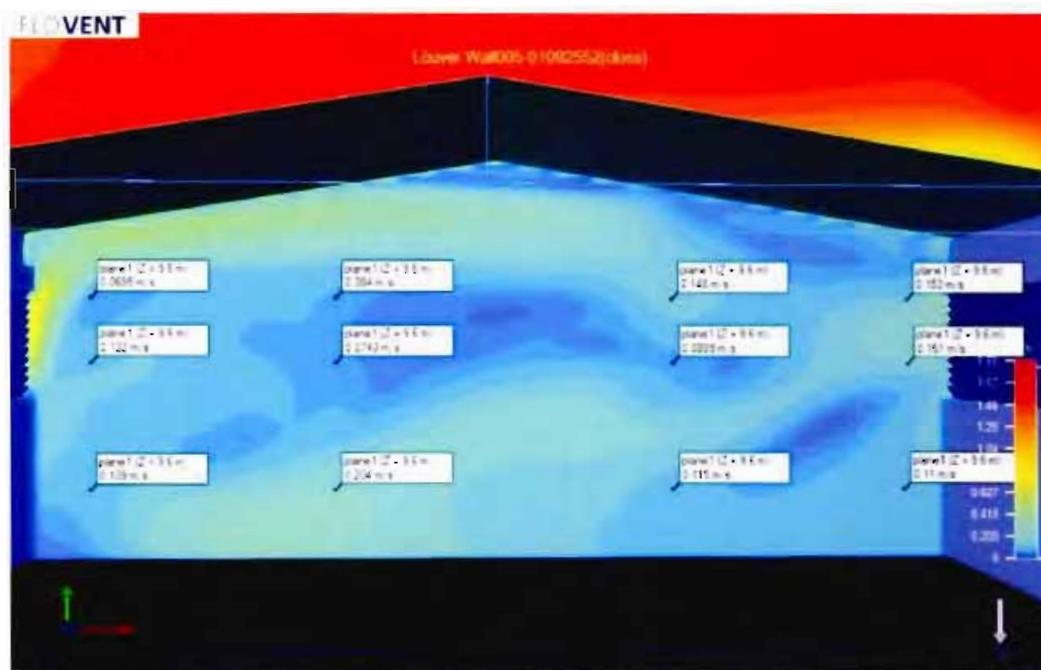
ภาพที่ 86 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 1.00 เมตร

### 4 การปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



ภาพ 87 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก กรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร

## 5 การปิดผนังอาคารชั้นล่าง

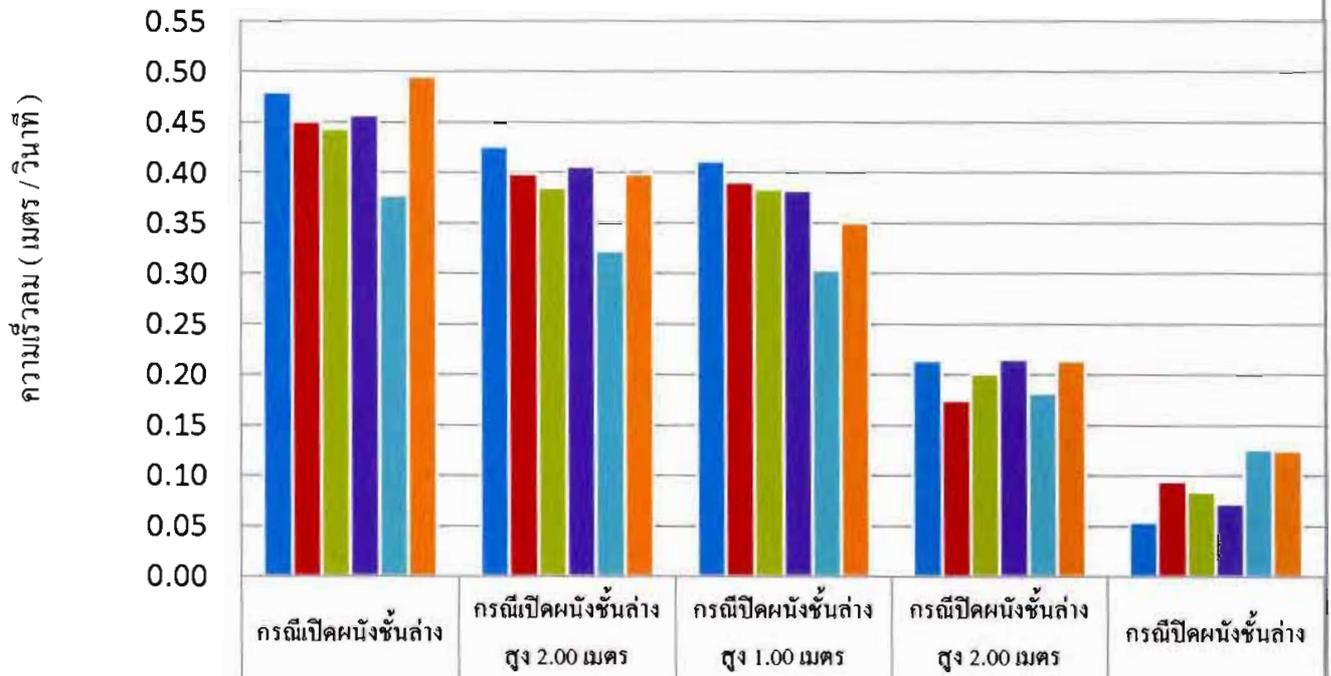


ภาพที่ 88 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่าง

ผลจากการจำลองจะเห็นได้ว่าในกรณีที่มีช่องเปิด (กรณีที่ 1 ถึง 4) ความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น หากไม่มีช่องเปิดแล้ว เช่นในกรณีที่ 5 ความเร็วลมเฉลี่ยจะลดลงเล็กน้อย

เปรียบเทียบการปรับปรุงกระแสลมเมื่อติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้าน

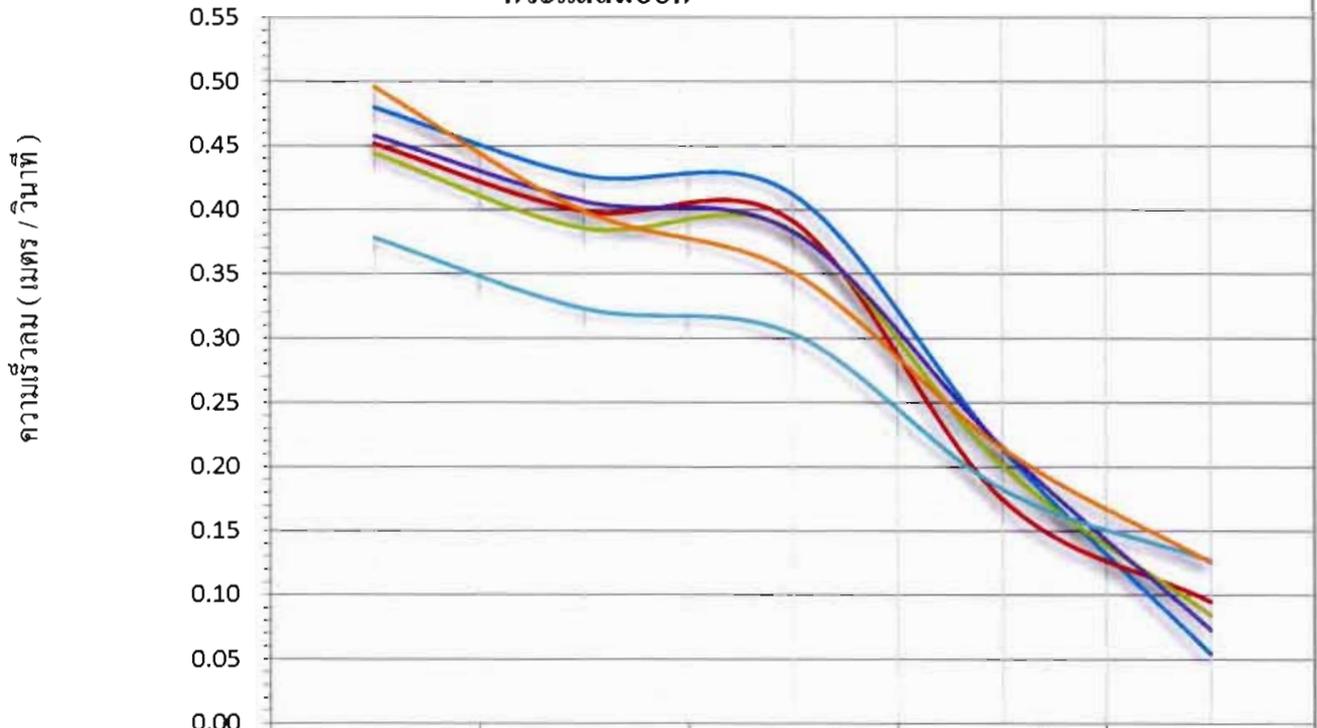
กระแสลมออก



แผนภูมิที่ 16 เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 ถึง 5 และเมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก (แสดงแบบแผนภูมิแท่ง)

เปรียบเทียบการปรับปรุงกระแสลมเมื่อติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังด้าน

กระแสลมออก

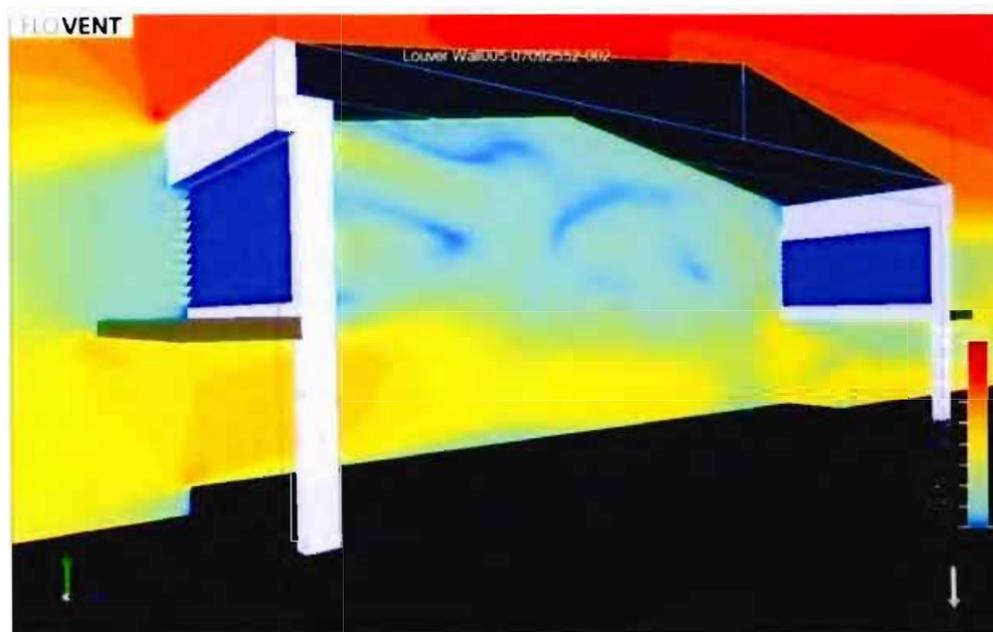


	กรณีเปิดผนังชั้นล่าง	กรณีเปิดผนังชั้นล่าง สูง 2.00 เมตร	กรณีเปิดผนังชั้นล่าง สูง 1.00 เมตร	กรณีเปิดผนังชั้นล่าง สูง 2.00 เมตร	กรณีเปิดผนังชั้นล่าง
— ผนังเกล็ดแบบที่ 1.	0.4801	0.4269	0.4126	0.2147	0.0545
— ผนังเกล็ดแบบที่ 2.	0.4514	0.3991	0.3915	0.1752	0.0952
— ผนังเกล็ดแบบที่ 3.	0.4440	0.3859	0.3842	0.2016	0.0848
— ผนังเกล็ดแบบที่ 4.	0.4582	0.4069	0.3831	0.2159	0.0735
— ผนังเกล็ดแบบที่ 5.	0.3783	0.3233	0.3037	0.1831	0.1272
— ปรับปรุงผนังเกล็ดแบบที่ 5.	0.4959	0.3993	0.3513	0.2149	0.1259

แผนภูมิที่ 17 เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 ถึง 5 และเมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังด้านกระแสลมออก (แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น)

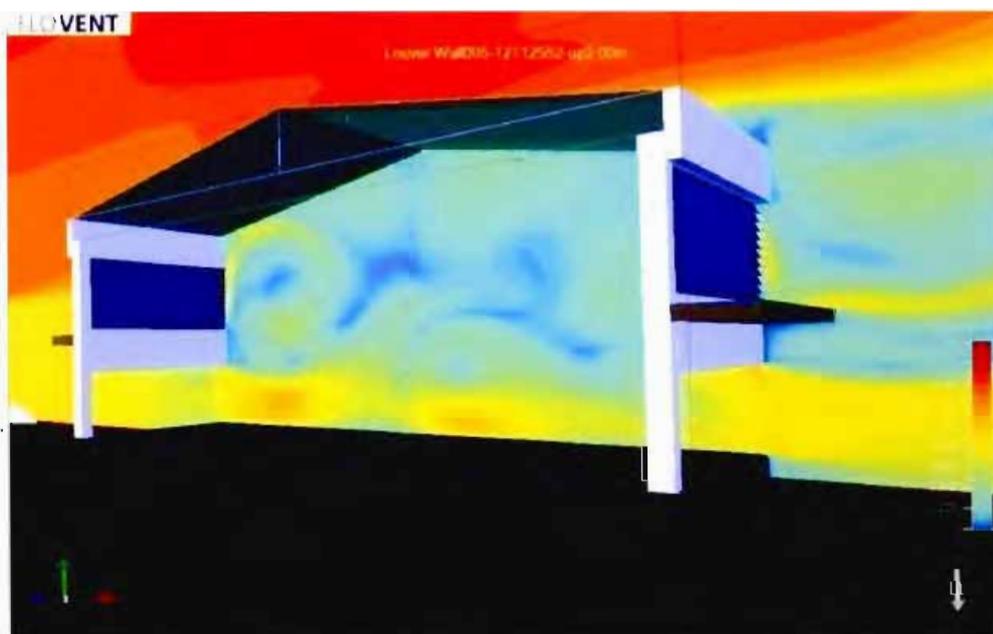
## 5.2.2 การจำลองโดยการติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน

### 1 กรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างให้โล่งทั้งหมด



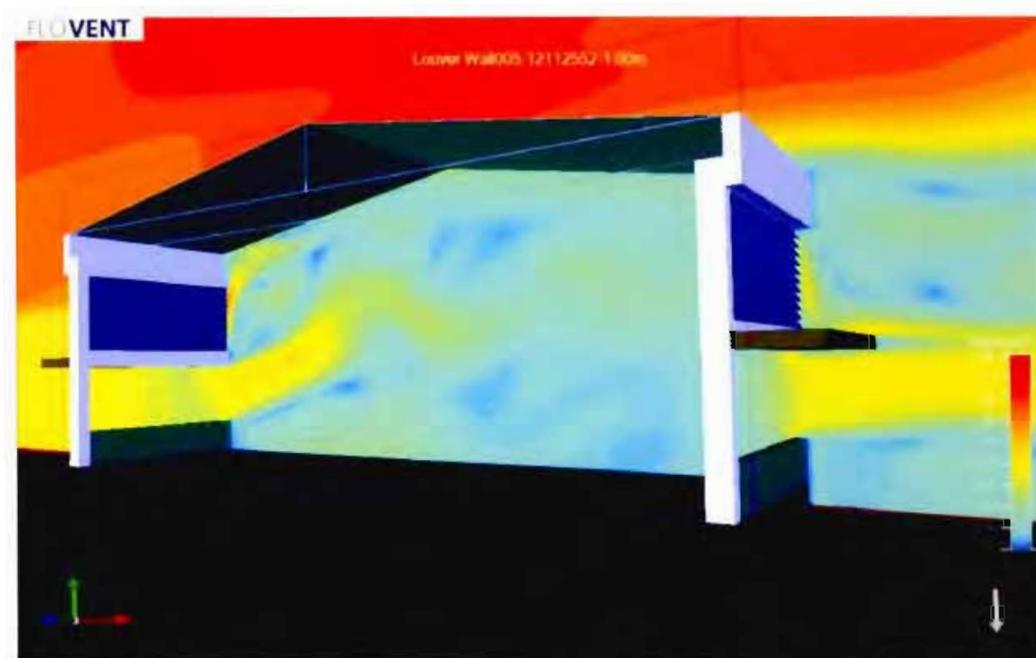
ภาพที่ 89 ลักษณะกระแสลมในอาคารที่ติดตั้งกันสาด 1.50 เมตรบนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง

### 2 กรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



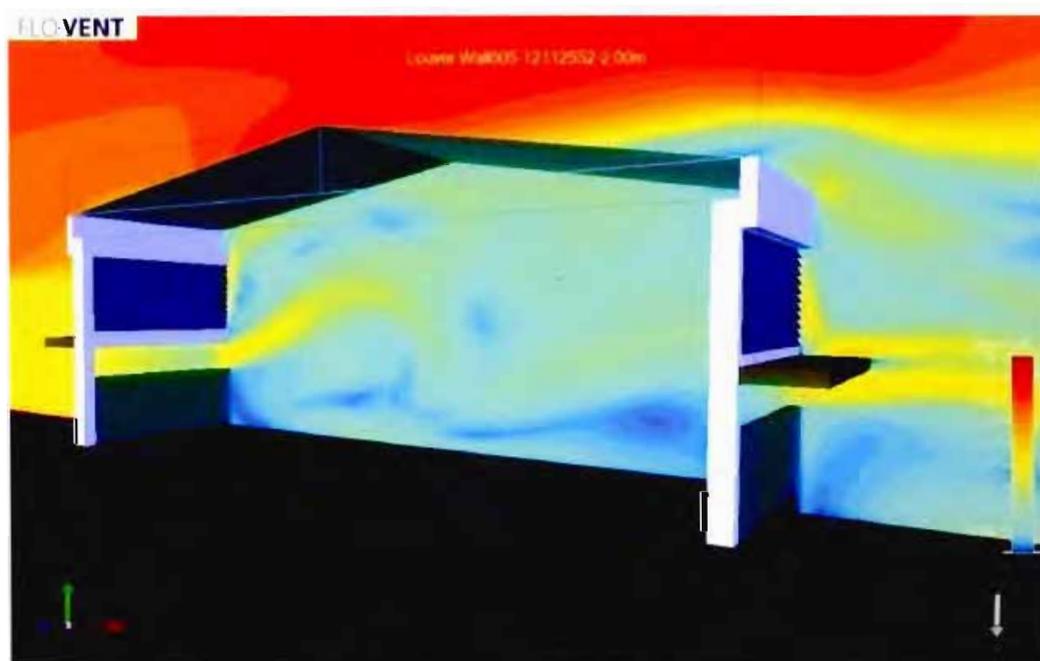
ภาพที่ 90 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน กรณีเปิดผนังชั้นล่างสูง 2.00 เมตร

### 3 การปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 1.00 เมตร



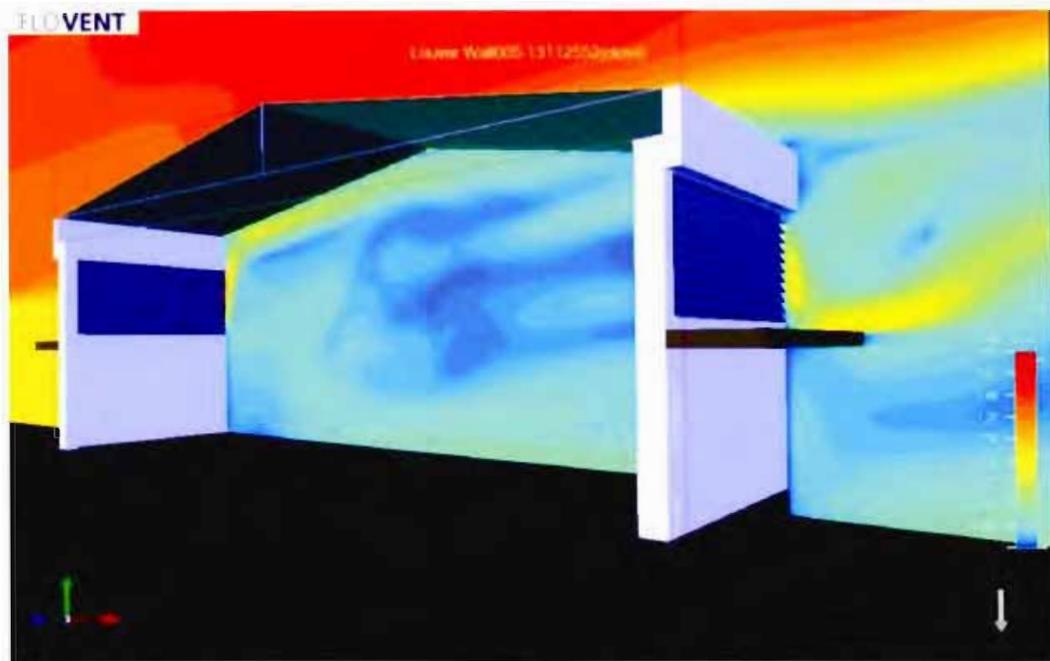
ภาพที่ 91 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน กรณี ปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 1.00 เมตร

### 4 การปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร



ภาพที่ 92 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน กรณี ปิดผนังอาคารชั้นล่างสูง 2.00 เมตร

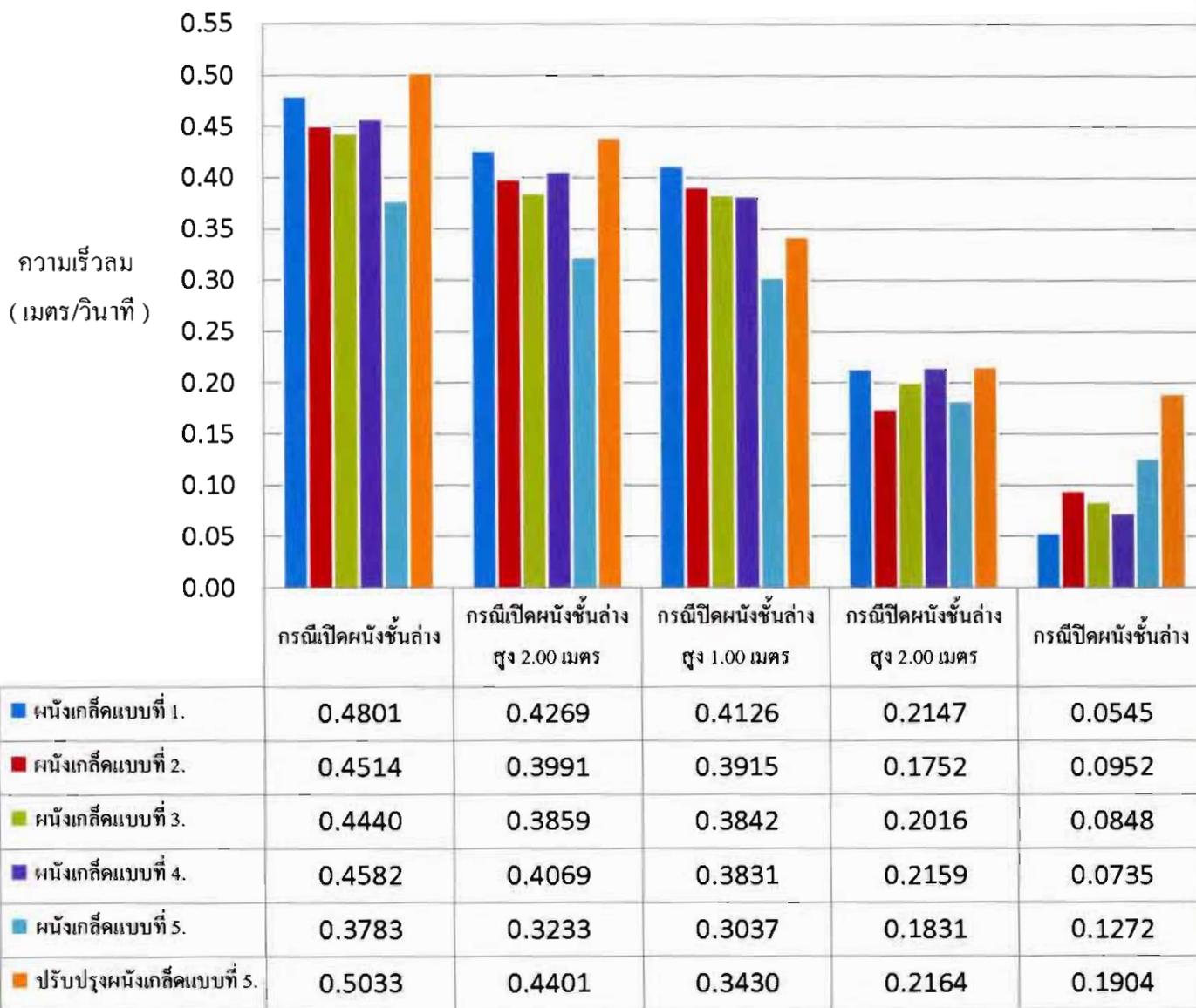
## 5 การปิดผนังอาคารชั้นล่าง



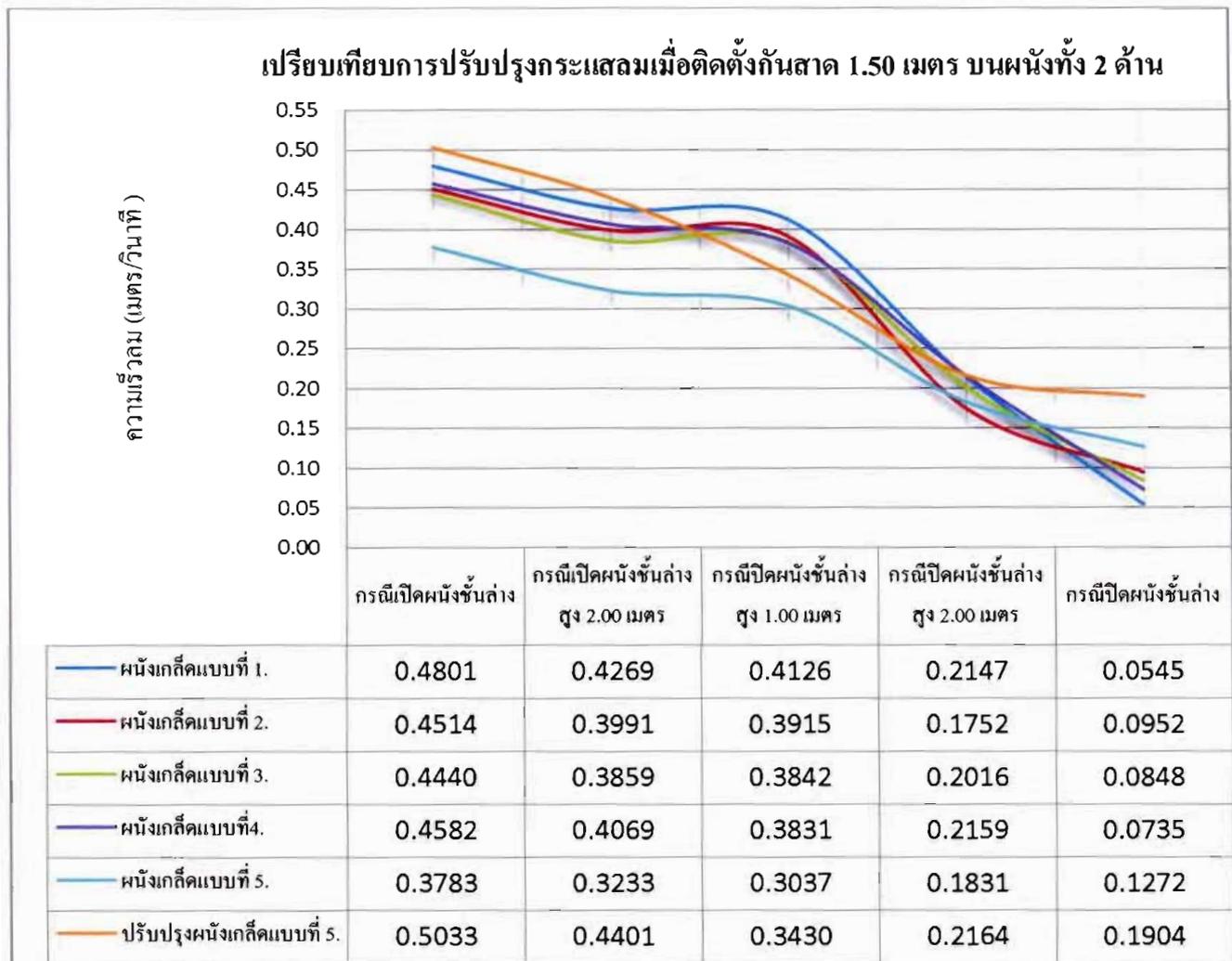
ภาพที่ 93 ลักษณะกระแสลมในอาคารติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน กรณีปิดผนังอาคารชั้นล่าง

ผลจากการจำลองเป็นเช่นเดียวกับกรณีการติดตั้งกันสาดบนผนังด้านกระแสลมออก นั่นคือความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้นทั้งหมด รวมทั้งไม่มีช่องเปิดในกรณีที่ 5 ด้วย

เปรียบเทียบการปรับปรุงกระแสลมเมื่อติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน



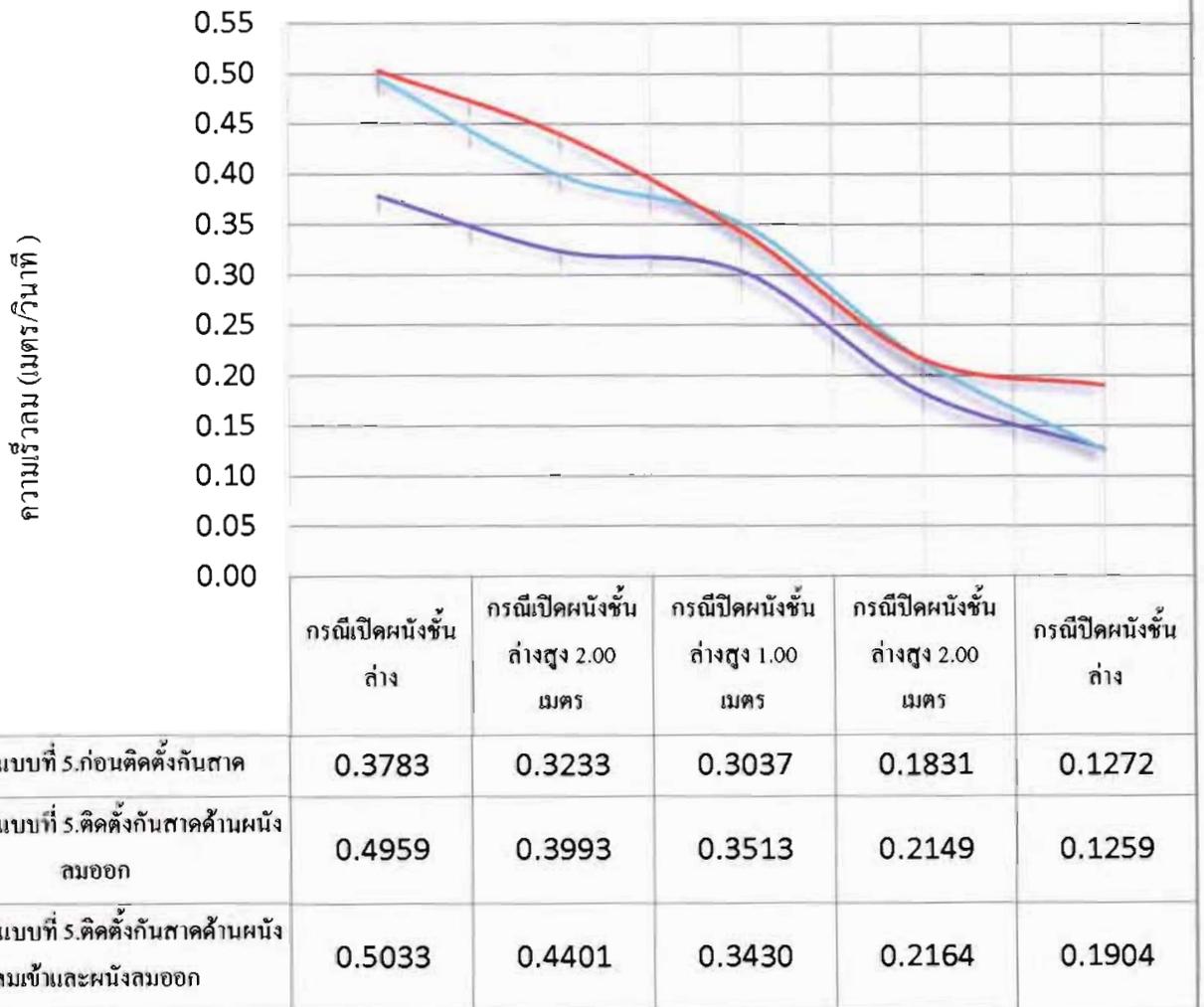
แผนภูมิที่ 18 เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 ถึง 5 และเมื่อติดตั้งกันสาด ขนาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน (แสดงแบบแผนภูมิแท่ง)



แผนภูมิที่ 19 เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 ถึง 5 และเมื่อติดตั้งกันสาดขนาด 1.50 เมตร บนผนังทั้ง 2 ด้าน (แสดงแบบแผนภูมิเชิงเส้น)

ทั้ง 5 กรณี ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของช่องเปิดที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยของลมภายในอาคาร โดยมีกันสาดเป็นตัวแปรที่สำคัญ ในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความเร็วกระแสลม ซึ่งสัมพันธ์ต่อช่องเปิดอย่างเห็นได้ชัดจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม Flovent 7.2 กันสาดที่ใช้ในการจำลองสามารถป้องกันการเกิด air curtain และการรบกวนของคลื่นกระแสลมแบบ Turbulent ได้เป็นอย่างดี ส่งผลต่อความเร็วของกระแสลมภายในอาคาร การทดลองด้วยการติดตั้งกันสาดด้านผนังกระแสลมออก และการติดตั้งกันสาดทั้ง 2 ด้านดังเช่น กรณีที่ 1, กรณีที่ 2, กรณีที่ 3, กรณีที่ 4 ส่วนในกรณีที่ 5 นั้น กันสาดไม่มีประโยชน์ต่อการป้องกันการเกิด effect แต่ก็ยังส่งผลให้ความเร็วลมภายในอาคารเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามกันสาดที่ติดตั้งบนผนังด้านกระแสลมออก ยังส่งผลให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารลดลง การลดลงของกระแสลมนั้น เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่เมื่อติดตั้งกันสาดทั้ง 2 ด้านพร้อมกัน ทำให้อัตราความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจำลองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนดังแผนภูมิที่ 20

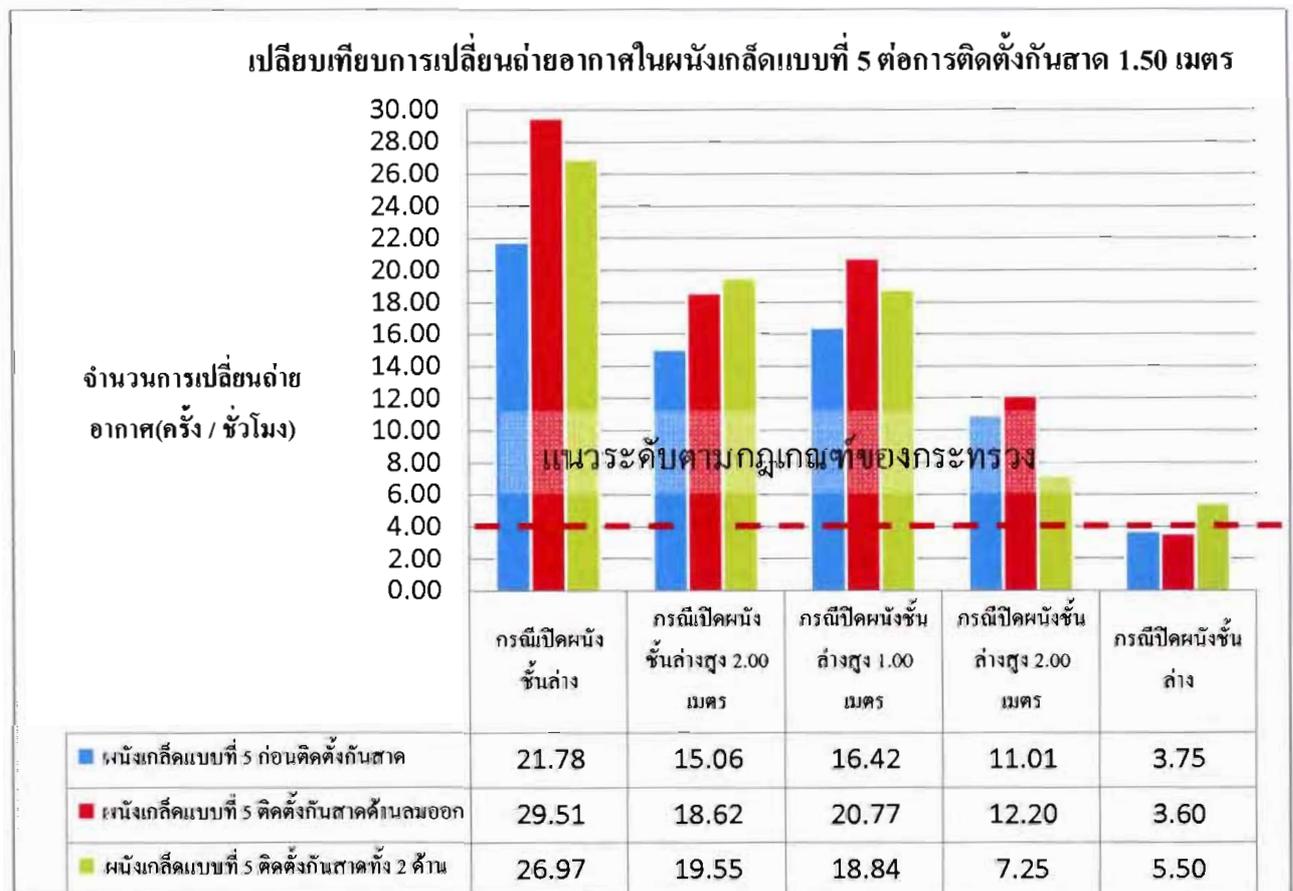
เปรียบเทียบผลการปรับปรุงในผนังเกล็ดแบบที่ 5 ต่อการติดตั้งกันสาด 1.50 เมตร



แผนภูมิที่ 20 เปรียบเทียบความเร็วกระแสลม ระหว่างก่อนการติดตั้งกันสาด ติดกันสาดบนผนัง  
ด้านลมออกและบนผนังทั้ง 2 ด้าน

### 5.3 การปรับปรุงโดยพิจารณาการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์กับการคำนวณ อัตราการระบายอากาศมีความสัมพันธ์กันเมื่อมีช่องเปิดมากความเร็วลมภายในอาคารจะมากตาม และจำนวนครั้งต่อการเปลี่ยนถ่ายอากาศก็จะมากตามเช่นกัน แต่ในกรณีของผนังเกล็ดแบบที่ 5 นั้นเกิดม่านอากาศขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม Flovent7.2 เสียใหม่โดยได้ทำการแก้ไขติดตั้งกันสาด เพื่อลดการเกิด air curtain หรือม่านอากาศ ที่เป็นอุปสรรคในการไหลผ่านของกระแสลมและจากการคำนวณได้ผลซึ่งแสดงในแผนภูมิที่ 21



แผนภูมิที่ 21 เปรียบเทียบผลจากการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร

ผลที่ได้หลังจากมีการปรับปรุงโดยติดตั้งกันสาดยื่นออกมา 1.50 เมตร ที่ผนังทั้ง 2 ด้าน ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศดีขึ้นบางกรณี เช่นในกรณีที่ปิดผนังชั้นล่างผลที่ได้จะผ่านเกณฑ์กำหนดของกฎกระทรวง ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารก็เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากการวิเคราะห์จะเห็นข้อแตกต่างระหว่างผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์กับผลจากการคำนวณอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ (air change rate) เนื่องจากการคำนวณนั้นใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วลมในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์นั่นเอง

## บทที่ 6

### สรุปผลการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ให้ความสำคัญกับการศึกษากระแสลมจากธรรมชาติซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุด และสามารถนำมาปรับใช้เพื่อช่วยเพิ่มหรือลดความเร็วลมภายในอาคาร การศึกษานี้ได้นำไปสู่การสร้างแนวทางการออกแบบที่เพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศในอาคาร โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1 ภูมิประเทศและภูมิอากาศ

การศึกษานี้ได้เลือกอาคารกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีสภาพอากาศด้านอุณหภูมิ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 25.66 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 73.58% ความเร็วลมเฉลี่ย 1.38 เมตรต่อวินาที การเคลื่อนที่ของกระแสนั้นส่วนมากจะมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และรองลงมาคือด้านทิศใต้ตามลำดับ ซึ่งกระแสลมจะเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยเหตุผลที่กระแสนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านสถาปัตยกรรมได้

#### 2 ประเภทอาคาร และอาคารกรณีศึกษา

อาคารที่ใช้ในการศึกษานี้ คืออาคารอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก และมีอุตสาหกรรมบางประเภทก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การให้ความสำคัญต่ออาคารเหล่านี้ย่อมส่งผลดีต่อสังคมส่วนรวม ในกรณีนี้ ได้เลือกอาคารอุตสาหกรรมประเภทศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ ลักษณะเป็นอาคารผสมระหว่างอาคารชั้นเดียวและอาคารสองชั้น ซึ่งส่วนที่มีสองชั้นจะเป็นฝ่ายบริหารและฝ่ายขาย และอาคารแบบชั้นเดียวนั้นจะเป็นพื้นที่ซ่อมบำรุงยานยนต์ ซึ่งส่วนนี้ได้ใช้รูปแบบของการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติผ่านผนังเกล็ด รวมถึงช่องเปิดของผนังอาคาร เพราะฉะนั้นอาคารในส่วนนี้จึงสอดคล้องกับเงื่อนไขของการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

จากการสำรวจสภาพอากาศภายในอาคารกรณีศึกษา เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2551 มีผลดังนี้ สภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงสุด 31.70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 19.90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์นั้นมีค่าสูงสุด 88.20% และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 28.30% ส่วนความเร็วลมสูงสุด 2.45 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมต่ำสุด 0.00 เมตรต่อวินาที สำหรับสภาพอากาศภายในอาคารนั้น ได้กำหนดการสำรวจอาคารออกเป็น 4 ส่วน และสำรวจในระดับความสูงที่ 1.20 เมตร และ 2.50 เมตร ผลของสภาพอากาศภายในมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 29.90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่ 20.00 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารมีค่าสูงสุด 82.90% และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 30.90% ความเร็วกระแสลมสูงสุดอยู่ที่ 2.35 เมตรต่อวินาที และความเร็วกระแสลมต่ำสุด 0.00 เมตรต่อวินาที

### 3 ผนังเกล็ดสำหรับอาคารอุตสาหกรรม

อาคารอุตสาหกรรมประเภทศูนย์ซ่อมบำรุงยานยนต์ส่วนมากจะมีผนังอาคารที่ประกอบไปด้วยผนังเกล็ด และช่องเปิดโล่ง เพื่อการระบายอากาศโดยที่ผนังอาคารชั้นล่างจะเปิดโล่งเป็นส่วนมาก และช่วงบนจะติดตั้งผนังเกล็ด ซึ่งแผ่นเกล็ดที่ได้ศึกษานี้มีอยู่ 2 ประเภท โดยแบ่งตามวัสดุ ได้แก่ แผ่นเกล็ดที่ทำจากกระเบื้องซีเมนต์ และแผ่นเกล็ดที่ทำจากโลหะรีดขึ้นรูป ในปัจจุบันแผ่นเกล็ดที่ทำจากโลหะนี้นิยมใช้มากกว่า เนื่องจากแผ่นเกล็ดแบบนี้มีความคงทนติดตั้งง่าย และมีให้เลือกหลายแบบ ผนังเกล็ดที่ทำการศึกษานี้จะมีอยู่ 5 แบบ โดยแต่ละแบบได้แบ่งตามรูปร่าง และขนาดที่แตกต่างกันไป

### 4 การจำลองอาคารกรณีศึกษา

วิธีการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้การจำลองอาคารกรณีศึกษาเป็นหลักโดยพิจารณาการหาประสิทธิภาพในการระบายอากาศผ่านผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบที่มีความแตกต่างทั้งรูปร่างและขนาด ประกอบกับช่องเปิดอาคารที่มีสัดส่วนต่างกัน การจำลองอาคารได้ใช้ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่หนึ่ง การจำลองโดยโตะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) การจำลองนี้ทำให้ทราบถึงการไหลของของไหลที่ผ่านหุ่นจำลอง ผลที่ออกมาจะอยู่ในรูปสองมิติผลที่ได้ทำให้ทราบว่าผนังเกล็ดแบบที่ 5 ซึ่งเป็นแผ่นเกล็ดที่มีความถี่มาก โดยมีขนาดหน้าตัด

10 x 24 เซนติเมตร ยอมให้ของไหลไหลผ่านได้ดีที่สุด ลักษณะของไหลที่ไหลผ่านไปนั้นเป็นการขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามด้วยผลที่ได้จากการจำลองโดยโต๊ะน้ำยังไม่ชัดเจนมากนัก

วิธีที่สอง การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (CFD) ในการศึกษาที่ใช้โปรแกรม Flovent7.2 ซึ่งสามารถให้ผลที่ละเอียดและชัดเจนกว่า การกำหนดความละเอียดในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ มีผลต่อการได้มาของผลลัพธ์ และแนวโน้มที่เกิดขึ้น รวมทั้งยังสามารถแสดงผลได้ทั้งแบบสองมิติ สามมิติ และภาพเคลื่อนไหว

ผลจากการจำลองได้แสดงให้เห็นว่าการเปิดช่องเปิดที่มากย่อมส่งผลต่อความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น และผนังเกล็ดที่ใช้ทั้ง 5 แบบ ก็มีผลต่อความเร็วลมควบคู่ไปกับช่องเปิดด้วยเช่นกัน เช่น

1 เมื่อเปิดผนังชั้นล่าง โลง ผนังเกล็ดแบบที่ 1 ซึ่งเป็นแผ่นเกล็ดที่มีความถี่น้อย (ขนาดใหญ่) โดยมีขนาดหน้าตัด 10 x 60 เซนติเมตร ให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารได้ดีกว่าผนังเกล็ดแบบอื่นๆ แต่เมื่อปิดช่องเปิดชั้นล่าง ผนังเกล็ดแบบที่ 5 ซึ่งมีความถี่มากและมีขนาดเล็กกว่าแผ่นเกล็ดอื่น ๆ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารดีที่สุดในกรณีติดตั้งกันสาดทั้ง 2 ด้าน เพราะความเร็วที่เกิดขึ้นก่อนการติดตั้งกันสาดนั้นมีค่าน้อยมากทั้งนี้เนื่องจากการเกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศบนผนังด้านลมออก

2 การเพิ่มขึ้นของขอบเขตของกระแสลมที่ปั่นป่วน (Turbulent) ซึ่งกระแสลมชนิดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากรูปแบบและขนาดของผนังเกล็ด จึงทำให้กระแสลมภายในอาคารลดความเร็วลง

## 5. การคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร

เพื่อให้การศึกษานี้มีความชัดเจนมากขึ้น จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลจากการจำลองกับการคำนวณการเปลี่ยนถ่ายอากาศภายในอาคาร (air change rate) และบรรทัดฐานในการระบายอากาศ จากข้อกำหนดของกฎกระทรวงฉบับที่ 33 ผลที่ได้จากการคำนวณ ทำให้ทราบว่า เมื่อเปิดช่องผนังแล้ว ไม่ว่าจะใช้ผนังเกล็ดแบบใดก็จะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศผ่านเกณฑ์ของกฎกระทรวงที่กำหนดไว้คือ 4 ครั้งต่อชั่วโมง(อาคารอุตสาหกรรม) แต่เมื่อปิดช่องเปิด ผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบไม่สามารถผ่านเกณฑ์ดังกล่าวได้เลย

## 6. ประสิทธิภาพของผนังเกล็ด

รูปร่างของแผ่นเกล็ดแบบที่ 5 ที่มีขนาดเล็กกว่า มีผลต่อการเกิดม่านอากาศจึงทำให้ความเร็วลมภายในอาคารลดลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ เมื่อเทียบกับแผ่นเกล็ดแบบที่ 1 ซึ่งมีขนาดใหญ่ และรูปร่างของเกล็ดแบบนี้ไม่มีครีบหัว-ท้าย เหมือนแผ่นเกล็ดแบบที่ 2,3,4 และ 5 ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดการขยายขอบเขตของ Turbulent และม่านอากาศปัจจัยดังกล่าวทำให้ความเร็วลมลดลง แต่ผนังเกล็ดแบบที่ 1 ไม่เกิดปัญหาเหล่านี้ ดังนั้นจึงทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของช่องเปิดและทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมากขึ้นตามลำดับ

## 7 การปรับปรุงประสิทธิภาพของผนังเกล็ด

กรณีศึกษานี้ได้พิจารณาถึงการเกิดม่านอากาศของผนังเกล็ดแบบที่ 5 จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (CFD) จึงนำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของผนังเกล็ด ซึ่งได้แก่ การติดตั้งกันสาดระหว่างช่องเปิด และผนังเกล็ด เพื่อลดการเกิดม่านอากาศที่กั้นทางออกของกระแสลม ในกรณีศึกษานี้ได้จำลองการติดตั้งกันสาด 2 แบบ คือกันสาดที่มีความลึก 1.50 เมตร และกันสาดที่มีความลึก 3.50 เมตร ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ากันสาดที่มีความลึก 1.50 เมตร จะให้ประสิทธิภาพของความเร็วลมได้ดีกว่า กันสาดที่มีความลึก 3.50 เมตร แม้ว่าการติดตั้งกันสาดทั้ง 2 ด้าน จะทำให้กระแสลมเพิ่มขึ้นแต่ก็เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ น่าจะเป็นการลด effect ที่เรียกว่า air curtain ได้ การติดตั้งกันสาดบนผนังด้านลมออก และทั้ง 2 ด้านให้ผลดีกว่าการติดตั้งกันสาดบนผนังด้านลมเข้าเพียงด้านเดียว และการเพิ่มกันสาด 1.50 เมตร ทั้ง 2 ด้านนั้นสามารถเพิ่มขอบเขตอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศ เช่นกรณีปิดผนังชั้นล่างทั้งหมด ก็ยังสามารถผ่านเกณฑ์ถึง 5.50 ครั้ง/ชั่วโมง

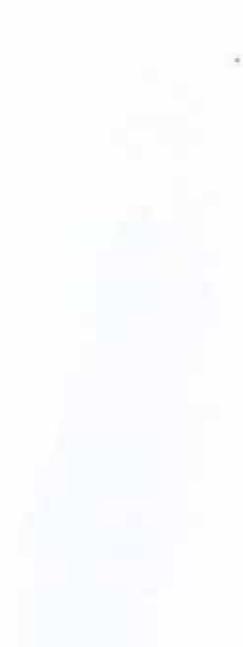
### บรรณานุกรม

- กิจชัย จิตขจรวานิช. "ข้อเสนอแนะในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น," หน้าจั่ววารสารทางวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร, 17 (2544) : 137
- เฉลิมวัฒน์ ดันสวัสดิ์. "เครื่องช่วย (สถาป) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล" สร้างสรรค์ อาคารสบาย, (2547) : 8-1
- ตรึงใจ บุรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, กรุงเทพมหานคร : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด มหาชน, 2539.
- ปราโมทย์ เคชะอำไพ. ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
- พันธุดา พุฒิไพโรจน์. "เครื่องมือสำหรับการศึกษาและวิจัยด้านการอนุรักษ์พลังงานและการเลือกใช้งาน." หน้าจั่ววารสารทางวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร, 18 (2544) : 182-195.
- มาลินี ศรีสุวรรณ. การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543
- มาลินี ศรีสุวรรณ. "การทดสอบทิศทางกระแสลมของกระแสลมจากอาคารกรณีศึกษา" สร้างสรรค์ อาคารสบาย, (2547), 7-1
- มาลินี ศรีสุวรรณ. ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบอาคารสาธารณะประเภทต่างๆ, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2542
- วันชัย วิจิรวณิช. การออกแบบผังโรงงาน, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ธรรมสาร, 2549
- สมสิทธิ์ นิตยะ. "การปรับเย็นในอาคาร." วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (พฤษภาคม 2536) : 34-41
- สมศักดิ์ ตรีสัตย์. การวางผังโรงงาน, พิมพ์ครั้งที่ 6 .กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซี.เอเซียเพรส (1989) จำกัด, 2538.
- สัมพันธ์ ไชยเทพ. อากาศพลศาสตร์เบื้องต้น, เชียงใหม่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดคาราวรรณการพิมพ์, 2549.

- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering.  
ASHRAE Standard 55: Thermal Environment Conditions for Human Occupancy. ASHRAE : Atlanta, 1992.
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering.  
ASHRAE Standard ,Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.  
ASHRAE : Atlanta, 1999.
- Awbi, H. B.Ventilation of Buildings. London : E & FN Spon, 1991.
- Givoni, B. Man, Climate and Architecture. London : Applied Science Publishers Ltd, 1976.
- Alread,Jason and Leslie,Thomas. Design-Tech. Burlington : Published Elsevier Ltd. 2007.
- Olgyay,V.Design With Climate. Princeton. New Jersey : Princeton University Press, 1969.

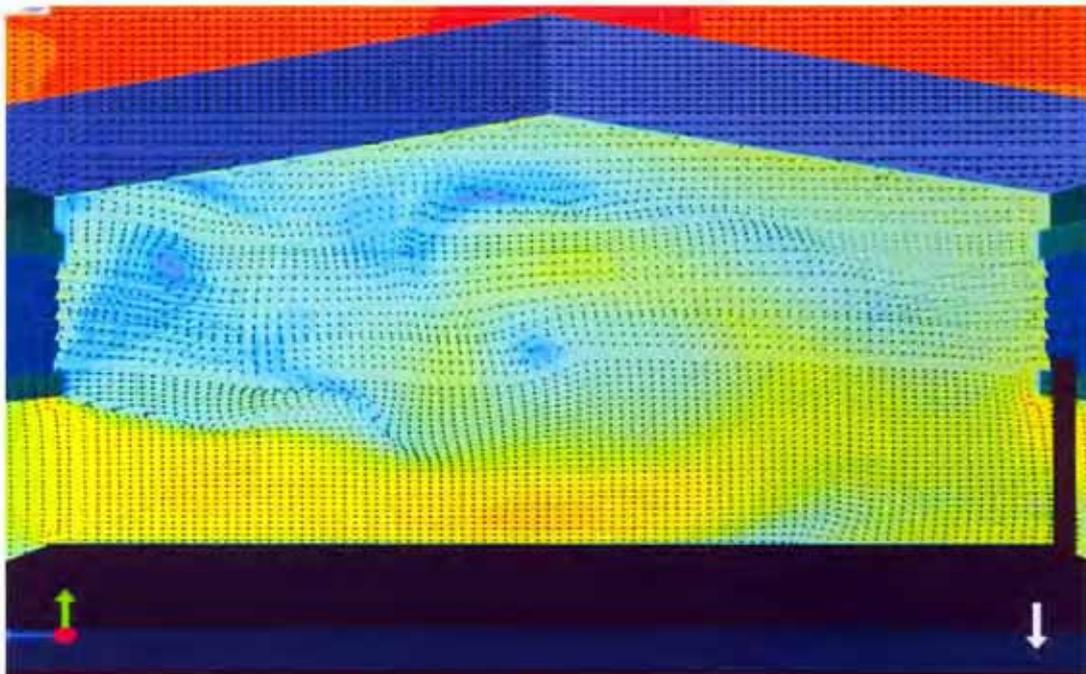
## ภาคผนวก

๙๙๙  
๑๑๑  
๒๒๒

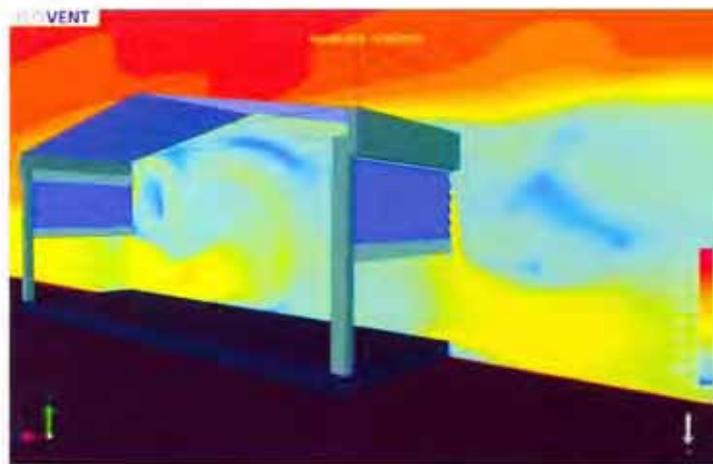


### ภาคผนวก ก

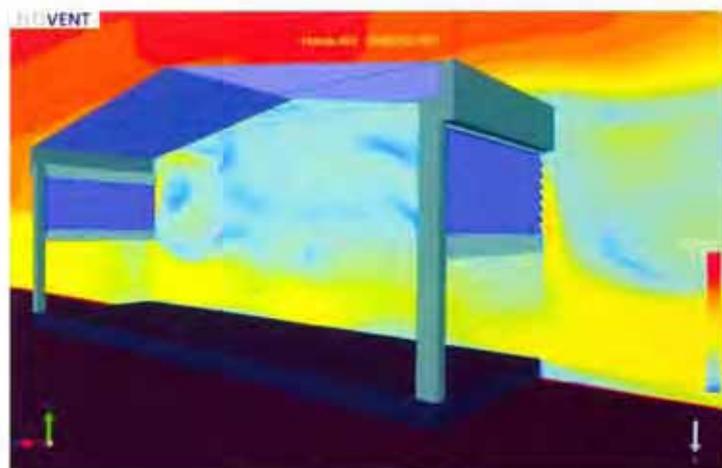
การศึกษาผลการจำลองอาคาร โดยติดตั้งผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ต่อกรณีการเปิดผนังชั้นล่างโล่งซึ่งกำหนดความเร็วกระแสลม 6.00 เมตร/วินาที โดยการจำลองในโปรแกรม Flovent7.2 เหมือนการจำลองความเร็วที่ 1.38 เมตร/วินาที ภายใต้เงื่อนไขและขอบเขตที่กำหนดไว้ ลักษณะการไหลของกระแสลมผ่านช่องเปิดอาคาร และผนังเกล็ดอาคารจะมีรูปแบบ ( pattern ) ที่ปรากฏดังกล่าว แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ใช้ในการจำลอง รูปแบบการไหลของกระแสลม จะเปลี่ยนไปจากรูปแบบเดิม ซึ่งไม่ได้หมายความว่า การไหลของกระแสลมยังคงรูปเดิมโดยมีความเร็วเพิ่มขึ้น (ปราโมทย์ เศษะอำไพ 2545 : 13)ปรากฏการณ์เหล่านี้ จำเป็นต่อการแก้ปัญหาโดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ซึ่งจะมีรูปแบบของกราฟในลักษณะไม่เชิงเส้น ต่อการแก้ปัญหาลักษณะการไหลของกระแสลม การเพิ่มความเร็วลมยังก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 94 ลักษณะและทิศทางของกระแสลมในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 1 (กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง)



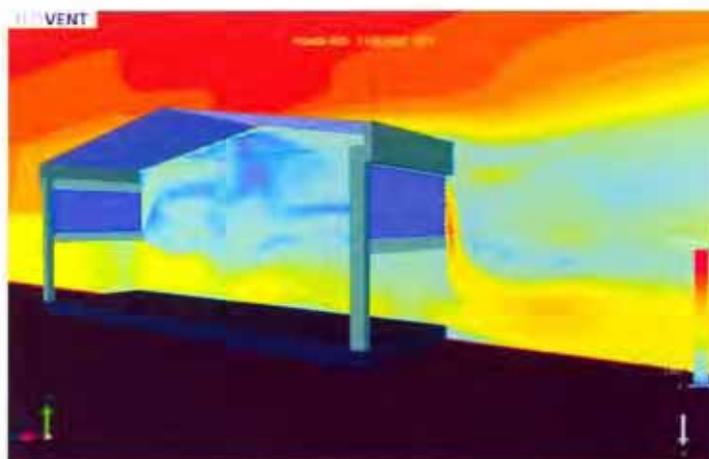
ภาพที่ 95 ลักษณะและทิศทางของกระแสลมในกรณีผนังเคลื่อนแบบที่ 2 (กรณีเปิดผนังชั้นล่าง โถง)



ภาพที่ 96 ลักษณะและทิศทางของกระแสลมในกรณีผนังเคลื่อนแบบที่ 3 (กรณีเปิดผนังชั้นล่าง โถง)



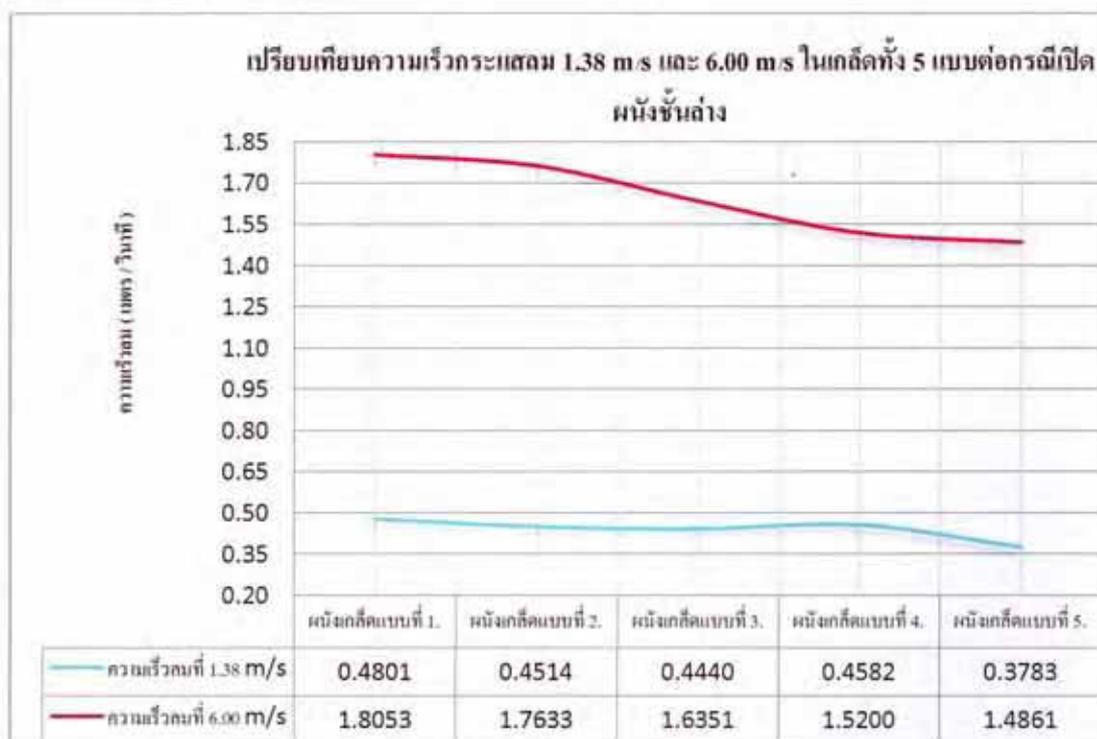
ภาพที่ 97 ลักษณะและทิศทางของกระแสลมในกรณีผนังเคลื่อนแบบที่ 4 (กรณีเปิดผนังชั้นล่าง โถง)



ภาพที่ 98 ลักษณะและทิศทางของกระแสลมในกรณีผนังเกล็ดแบบที่ 5 (กรณีเปิดผนังชั้นล่างโล่ง)

จากการจำลองโดยเพิ่มความเร็วลมที่กระทำต่ออาคารเป็น 6.00 เมตร/วินาที ภายได้ขอบเขตและเงื่อนไขเดียวกับการจำลองในกระแสนลมที่ 1.38 เมตร/วินาที ผลจากการจำลองการเพิ่มความเร็วกระแสลมในกรณีเปิดผนังอาคารชั้นล่างต่อผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบนั้นเกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศ ในการจำลองอาคารที่ติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ แต่อาคารในจำลองที่ติดตั้งผนังเกล็ดแบบที่ 1 ไม่เกิดผลใดๆ นอกจากความเร็ว และลักษณะทิศทางของกระแสลมที่เปลี่ยนไป ดังนั้นรูปแบบของผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ มีผลต่อการไหลผ่านของกระแสลมที่มีความเร็วมากขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างของลักษณะ รูปแบบกระแสลมที่เปลี่ยนไปอย่างชัดเจน

จากการเพิ่มความเร็วกระแสลมในการจำลองด้วยโปรแกรม Flovent7.2 นั้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมเข้าไปมีผลต่อลักษณะของกระแสลมที่เปลี่ยนไป เพื่อผลต่อเวลา และความถูกต้องที่แม่นยำ โดยการใช้รูปแบบของกราฟิก ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจซึ่งผลที่ได้ ดังนั้นในกราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วด้วยการเพิ่มกระแสลมจาก 1.38 เมตร/วินาที และ 6.00 เมตร/วินาที เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในความเร็วของลมหลังจากผ่านผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วลมเปลี่ยนไปผนังเกล็ดทั้ง 5 แบบ ให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของการเกิด effect ที่เรียกว่า air curtain หรือม่านอากาศ เมื่อเพิ่มความเร็วลมในระดับ 6.00 เมตร/วินาที นั้น ส่งผลให้ผนังเกล็ดแบบที่ 2, 3, 4 และ 5 เกิด air curtain ซึ่งส่งผลต่อความเร็วลมในอาคารอย่างเห็นได้ชัด



แผนภูมิที่ 22 เปรียบเทียบความเร็วของกระแสลมเมื่อผ่านช่องเปิดที่ต่างกัน

## ภาคผนวก ข

กฎกระทรวงได้กำหนดการเปลี่ยนถ่ายอากาศในอาคารคือกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 หมวด 2 เรื่องระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ ข้อ 9 การระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยวิธีการดังต่อไปนี้

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ให้ใช้เฉพาะกับพื้นที่มีผนังด้านนอกอย่างน้อย 1 ด้าน โดยให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือบานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้สอยพื้นที่นั้น ๆ และพื้นที่ของช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 10 ของพื้นที่นั้น

ตารางที่ 9 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่า จำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือ สำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงแรมหรสพ	4
6	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
7	สำนักงาน	7
8	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
9	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
10	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและ เครื่องดื่ม	24
11	ลิฟต์โดยสารและลิฟต์ดับเพลิง	30

ที่มา : “พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522,” กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535)

### ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายศรีเดช ใจสูง
วัน เดือน ปี เกิด	16 มีนาคม พ.ศ.2514
ภูมิลำเนา	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีการศึกษา 2541
อาชีพ	สถาปนิก