แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัย

นายสุบิน วงศ์ฝั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN:974-17-6901-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GUIDELINES FOR UTILIZATION OF NATURAL AIR FLOW PATTERN OF TRADITIONAL THAI HOUSE IN RESIDENCE

Mr. Subin Wongfun

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic year 2004

ISBN: 974-17-6901-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัย
โดย	นายสุบิน วงศ์ฝั้น :
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุบิน วงศ์ฝั้น : แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัย (GUIDELINES FOR UTILIZATION OF NATURAL AIR FLOW PATTERN OF TRADITIONAL THAI HOUSE IN RESIDENCE) อ.ที่ปรึกษา:ผศ.ธนิต จินดาวณิค, อ.ที่ปรึกษาร่วม:อ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 252หน้า.ISBN: 974-17-6901-6.

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น ซึ่งอากาศโดยทั่วไปจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี การใช้การไหลเวียนของกระแสลมจึงมีส่วนสำคัญ ที่ช่วยถ่ายเทอากาศและถ่ายเทความร้อนทำให้เกิดสภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีแนวคิดมาจากเรือนไทยเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของกระแสลม สำหรับรูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

วิธีดำเนินการวิจัยอาศัยการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามผ่านการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD (Computation Fluid Dynamic) กำหนดให้ตัวแปรต้นคือส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรม ตัวแปรตามคือความเร็วลมและลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคาร และตัวแปรคงที่คือรูปแบบของกรณีศึกษาและความเร็วลมภายนอกอาคาร แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1: เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมกรณีศึกษาและปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้น ทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ช่องเปิดที่พื้น, ช่องเปิดที่ผนัง, หลังคาทรงสูง,ใต้ถุนโล่ง, ชายคาและชานโล่ง ส่วนที่ 2: เป็นการนำปัจจัยที่ได้ศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรในการทดลอง รวมทั้งหมด 12 ปัจจัย 33 ตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยกลุ่มอาคาร,ปัจจัยทิศทางกระแสลม, ปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่บังลมกัน, ปัจจัยปริมาณช่องเปิด, ปัจจัยระดับช่องเปิด, ปัจจัยตำแหน่งช่องเปิด, ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น, ปัจจัยช่องลม, ปัจจัยใต้ถุนโล่ง, ปัจจัยรูปทรงหลังคา, ปัจจัยรูปแบบชายคา และปัจจัยระยะยื่นของชายคา แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรในแต่ละปัจจัย เพื่อสรุปหาตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนที่ 3: เป็นการนำข้อสรุปจากการทดลองในส่วนที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับบ้านพักอาศัยต้นแบบเพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

ผลการวิจัยพบว่า เรือนไทยเดิมมีระบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอด การกระจายของกระแสลมภายในอาคารค่อนข้างดี ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด กระแสลมที่พัดมาในทิศตั้งฉากกับชานทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านทุกพื้นที่สูงสุด โดยเฉพาะบริเวณใต้ถุน ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย แต่ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องต่ำกว่าจะรู้สึกได้ โดยส่วนใหญ่ปัจจัยที่ทำการศึกษาทำให้ความเร็วเฉลี่ยภายในเรือนไทยลดลงเมื่อขาดปัจจัยนั้นๆ ยกเว้นปัจจัยชายคาที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในเรือนไทยเพิ่มขึ้น ส่วนบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันที่มีรูปแบบการวางกลุ่มอาคารล้อมชานที่แตกต่างกัน แม้จะมีระบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านที่เหมือนกันแต่ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดจะแตกต่างกันมาก โดยการวางกลุ่มบ้านแบบไม่ต่อเนื่อง และกลุ่มบ้านแบบต่อเนื่องบางส่วน เมื่อทิศทางกระแสลมภายนอกทำมุม 45 องศากับพื้นที่ชานจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านสูงสุดและอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่กลุ่มบ้านแบบต่อเนื่อง เมื่อทิศทางกระแสลมภายนอกตั้งฉากกับพื้นที่ชานจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านสูงสุดแต่อยู่ในระดับที่ไม่อาจรับรู้ได้ ซึ่งหากทำการปรับปรุงโดยเพิ่มระยะห่างระหว่างบ้านที่บังลมกันให้เท่ากับ 2 เท่าของความสูงห้อง, ปริมาณช่องเปิดลมเข้า-ออก 60 %, ความสูงช่องเปิดสูงกว่าพื้นห้อง 0.40 ม.ในตำแหน่งกลางผนัง, มีช่องลมตลอดความยาวผนังสำหรับผนังภายในและผนังภายนอกเฉพาะด้านรับลม, มีช่องเปิดระหว่างพื้นชานกับพื้นชั้นบน, พื้นชั้นล่างยกสูง 1.20 ม., หลังคามีความชัน 60 องศา, ชายคาราบเหนือหน้าต่างมีระยะยื่น 1.60 ม. ห่างจากผนัง 0.80 ม.จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบอยู่ในระดับสบายได้ โดยเมื่อวางบ้านให้ชานตั้งฉากกับทิศทางลมเด่นความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านจะเพิ่มขึ้น 6 เท่าเมื่อความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s และจะเพิ่มขึ้น 10 เท่า เมื่อกระแสลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s

ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2547	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4574215725: MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD : NATURAL VENTILATION/NATURAL AIRFLOW/WIND/VENTILATION

SUBIN WONGFUN : GUIDELINES FOR UTILIZATION OF NATURAL AIR FLOW PATTERN OF TRADITIONAL THAI HOUSE IN RESIDENCE. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF THANIT CHINDAVANIG, THESIS CO-ADVISOR : DR. ATCH SRESHTHAPUTRA, 252 pp. ISBN: 974-17-6901-6

Thailand has a hot, humid climate. Its weather is typically warm, sometimes sweltering, throughout the year. The utilization of natural air flow is a key element to enhance air circulation and heat reduction inside houses and gives comfort to residents. According to the above consideration, this research was aimed to study and propose design guidelines for the use of architectural elements, for a traditional Thai house to facilitate airflow efficiency in contemporary residences.

The research was an experiment research conducted by employing the Computation Fluid Dynamic Simulation Program (CFD) to study the relationships between the dependent variables, airflow velocity and airflow pattern, and independent variables, architectural elements, under the same studied models and fixed external airflow velocities. There were 3 parts to the study: Part 1-the study of airflow pattern and its affecting factors; Part 2-independent variable identification and simulation study; and Part 3-contemporary residence application study. Part 1-airflow patterns of the selected houses were studied as well as 6 factors, namely, floor gap, wall void, high roof, lifted floor, eaves and patio. These were tested to investigate their effects on the airflow patterns. Part 2- 12 factors and 33 independent variables from previous Part 1 factors as well as other factors from literature review were picked as simulation parameters. These factors were building cluster, airflow direction, overlapped distance between buildings, opening sizes, sill levels, opening position, floor gap, lifted floor, wall void, roof shape, eaves style, and eaves over-hang distance. These factors were analyzed and compared effects on airflow patterns and velocities among themselves to pinpoint the factors that most enhanced airflow efficiency. Part 3-the applications of Part 2 results were explored to give guidance to contemporary houses.

It was found that traditional Thai houses have a cross ventilation system. Internal airflow dispersion was decent for all external air directions. However, the perpendicular-to-raised-patio airflow direction generated maximum internal airflow velocity at all areas, especially around the underside of the raised floor. Further more the average airflow velocity reached the comfort level. Nevertheless, the average airflow velocity inside the rooms was determined by human factors. The lack of any item of the studied factors generally decreased the airflow velocity, except the lack of eaves factor would increase the velocity. In addition, even though the different clusters of groups of houses shared the same airflow pattern; different clusters significantly yielded different maximum airflow velocities. For non-attached and semi-detached house clusters, when external airflow was 45 degrees to the raised patio, the internal airflow velocity would reach its maximum and that maximum velocity was at the comfort level. While the internal airflow velocity of a fully-attached house cluster was at maximum level when the external airflow faced the raised patio at a right angle, this maximum airflow velocity was at a human undetectable level. However, the airflow velocity would rise to the comfort level if some adjustments were made to the fully-attached houses. These adjustments were: to increase the over-lapped distance between houses to twice of room height; increase the wall opening to 60% of wall area; set a sill at 400mm above floor level; set the opening position at the middle of the wall; have a wall opening run right through the external walls that face the external airflow and all internal walls; to have a gap between the raised patio and lifted floor; lift the internal floor 1200mm above the ground; have a 60 roof slope; have flat eaves with 1600mm over-hang, 800mm horizontally from the wall. In addition, if the house was placed perpendicularly to the dominant airflow direction, the average internal airflow velocity would be six times higher when the external airflow was at 1.35m/s and ten times higher when the external airflow was at 2.0m/s.

Department	Architecture	Student's signature…….
Field of study	Architecture	Advisor's signature.....
Academic year	2004	Co-advisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและการช่วยเหลือสนับสนุนจากบุคคลและองค์กรต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

รศ. เลอสม สถาปิตานนท์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผศ. ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการทำวิจัย

อ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความอนุเคราะห์รวมทั้งสอนการใช้โปรแกรมในการจำลองสถานการณ์สำหรับงานวิจัยนี้

รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ ผู้ล่วงลับซึ่งเคยเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ แนวคิดต่างๆ ของท่านมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการศึกษาในสถาบันแห่งนี้

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้การทำงานวิจัยเป็นไปได้โดยราบรื่น

เจ้าหน้าที่ของศูนย์ศิลปาชีพบางไทร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เก็บข้อมูลและอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี

บัณฑิตวิทยาลัยและสถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เห็นคุณค่าในงานวิจัยนี้ และกรุณามอบทุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

เพื่อนๆ และน้องๆ โดยเฉพาะ คุณสาวิกา นิลทจันทร์ คุณชลธิษฐ์ ถนัดศิลปกุล และคุณประพันธ์ศักดิ์ รักษ์ชัยวรรณ ที่ช่วยเหลือในส่วนของการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่ให้ทั้งกำลังทรัพย์และกำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูปภาพ.....ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....ณ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย..... ..1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.4 นิยามศัพท์.....3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระแสลมในธรรมชาติ.....6
2.2 การวิเคราะห์ลมประจำถิ่น..... .12
2.3 กระแสลมกับการระบายอากาศ..... .14
2.4 การระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย.....30
2.5 บ้านพักอาศัยปัจจุบัน.....36

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... .43
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....44
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... .48
3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ.....50
3.5 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย..... .55

หน้า

3.6 การออกแบบการทดลอง……..……..62
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล……..……..70
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล……..……...70
3.9 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ……..……71

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 1……72
4.2 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 2……..…… .98
4.3 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 3……..…… 137

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมภาคกลาง……..…… 155
5.2 แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัยปัจจุบัน.. 157
5.3 ข้อเสนอแนะ……..……..168

รายการอ้างอิง……..169
ภาคผนวก……171
ภาคผนวก ก……..……172
ภาคผนวก ข…….....…… 175
ภาคผนวก ค……..……...194
ภาคผนวก ง……..……211
ภาคผนวก จ……..……224
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……252

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงตัวเลขโบฟอร์ต ความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล และลักษณะบนแผ่นดิน……..7
ตารางที่ 2-2 แสดงข้อมูลสรุปของความเร็วลมในพื้นที่ภาคกลาง……13
ตารางที่ 2-3 แสดงข้อมูลสรุปจำแนกความถี่ของลมในแต่ทิศทางที่เกิดลมรายเดือนในพื้นที่ภาคกลาง..13
ตารางที่ 2-4 แสดงความต้องการปริมาณอากาศบริสุทธิ์เข้ามาภายในห้องต่างๆ……14
ตารางที่ 2-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย……15
ตารางที่ 2-6 แสดงผลกระทบของตำแหน่งหน้าต่างและทิศทางกระแสลมต่อความเร็วลมเฉลี่ย……20
ตารางที่ 2-7 แสดงผลกระทบขนาดหน้าต่างในห้องซึ่งไม่มีการพัดผ่านตลอดของกระแสลมต่อ
ความเร็วลมเฉลี่ย……..……21
ตารางที่ 2-8 แสดงผลกระทบของขนาดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกซึ่งมีการพัดผ่านตลอด
ของกระแสลมต่อความเร็วลมเฉลี่ยและความเร็วลมสูงสุด…….…… 21
ตารางที่ 2-9 แสดงความยาวของเงาลม โดยพิจารณาจากความสูง ความกว้าง
และความยาวของอาคาร……..……...24
ตารางที่ 2-10 แสดงค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนแปลง……27
ตารางที่ 2-11 แสดงค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศต่างๆ……..……...28
ตารางที่ 2-12 เปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่างๆ…….……29
ตารางที่ 2-13 แสดงพฤติกรรมและขนาดพื้นที่ใช้สอยบ้านเดี่ยวพักอาศัย……37
ตารางที่ 2-14 แสดงลักษณะส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนกระแสลม
ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา……..... 39
ตารางที่ 3-1 แสดงการเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วยกับเครื่องวัด
ความเร็วลมแบบแท่ง……51
ตารางที่ 3-2 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วย
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของเรือนไทยกรณีศึกษา……54
ตารางที่ 3-3 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ทางสถิติจากการคำนวณด้วยวิธีการ regression……55
ตารางที่ 3-4 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการศึกษาแนวทางการวางอาคารที่สัมพันธ์กับ
ทิศทางกระแสลม……..……..57
ตารางที่ 3-5 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ตัวแปรในลักษณะต่างๆของเรือนไทย บ้านพักอาศัย
ปัจจุบันและจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....……..58

หน้า

ตารางที่ 3-6 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมในทิศทางต่างๆ……..……61
ตารางที่ 3-7 แสดงแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาและแบบจำลองของแต่ละปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 1……..……..……64
ตารางที่ 3-8 แสดงแบบจำลองของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและแบบจำลองของแต่ละตัวแปรจากการทดลองส่วนที่ 2……..……..……67
ตารางที่ 3-8(ต่อ) แสดงแบบจำลองของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและแบบจำลองของแต่ละตัวแปรจากการทดลองส่วนที่ 2……..……..…….... .68
ตารางที่ 4-1 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1-3……..……73
ตารางที่ 4-2 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1-3…….... 78
ตารางที่ 4-3 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4-6……..78
ตารางที่ 4-4 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7-9……78
ตารางที่ 4-5 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 10-12……...79
ตารางที่ 4-6 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 13-15……...79
ตารางที่ 4-7 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 16-18……...79
ตารางที่ 4-8 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1การทดลองที่ 1-6……....99
ตารางที่ 4-9 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7-12……99
ตารางที่ 4-10 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 13-18……. .99
ตารางที่ 4-11 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1-3…..... 116
ตารางที่ 4-12 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4-6…..... 119
ตารางที่ 4-13 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7-9…..... 119
ตารางที่ 4-14 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 10-14……..119
ตารางที่ 4-15 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 15-18……..126
ตารางที่ 4-16 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 19-21.....129
ตารางที่ 4-17 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 22-24.....129
ตารางที่ 4-18 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 1-6…..137
ตารางที่ 4-19 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 7-12…..……..137
ตารางที่ 5-1 สรุปแนวทางการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานที่มีกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องในปัจจุบัน…. 165

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกซึ่งทำให้เกิดลมประจำปี.....8
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศบนผิวโลกเนื่องจากแรงคอริออลิส 9
รูปที่ 2-3 แสดงลักษณะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ..... 10
รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะการเกิดลมทะเลและลมบก..... 11
รูปที่ 2-5 แสดงลักษณะการเกิดลมลมหุบเขาและลมภูเขา..... 11
รูปที่ 2-6 แสดงการเคลื่อนที่ของกระแสลมเนื่องจากแรงลมและจากความแตกต่างของอุณหภูมิ..... 16
รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการไหลของอากาศรูปแบบต่างๆ 17
รูปที่ 2-8 แสดงลักษณะการระบายอากาศด้านเดียว.....18
รูปที่ 2-9 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด.....19
รูปที่ 2-10 แสดงขอบเขตพื้นที่เงาลมเมื่อลมพัดมาในทิศทางตั้งฉากและทำมุม 45 องศากับอาคาร.....19
รูปที่ 2-11 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายนอกและภายในห้องเมื่อช่องเปิดลมเข้าและ
ช่องเปิดลมออกมีขนาดต่างๆ กัน 21
รูปที่ 2-12 แสดงการเบี่ยงเบนของกระแสลมเนื่องจากตำแหน่งความสูงของช่องเปิด..... 22
รูปที่ 2-13 แสดงประสิทธิภาพในการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดชนิดต่างๆ 23
รูปที่ 2-14 ลักษณะของพื้นที่เงาลมที่เกิดจากการวางอาคารในลักษณะต่างๆ 23
รูปที่ 2-15 แสดงอิทธิพลของรูปทรงหลังคาต่อความเร็วลมภายในห้องทดลอง..... 24
รูปที่ 2-16 แสดงความเร็วลมภายในต่อภายนอกเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ.....25
รูปที่ 2-17 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ.....25
รูปที่ 2-18 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบลักษณะกันสาดแบบต่างๆ.....26
รูปที่ 2-19 แสดงความเร็วลมภายในต่อภายนอกในทิศทางต่างๆกรณีใช้แผงดักลมลักษณะต่างๆ.....26
รูปที่ 2-20 แสดงประเภทของเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....32
รูปที่ 2-21 แสดงลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง 34
รูปที่ 2-22 แสดงลักษณะการระบายอากาศทางขนานและทางดิ่งของเรือนไทย 34
รูปที่ 2-23 แสดงลักษณะภายนอกบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบัน..... 38
รูปที่ 3-1 ลักษณะภายนอกของกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....44
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะภายในชั้นล่างและชั้นบนกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....44
รูปที่ 3-3 ผังพื้นชั้นบนกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....45
รูปที่ 3-4 รูปตัดตามยาวกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....45

หน้า

รูปที่ 3-5 รูปด้านทิศตะวันตกกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....46
รูปที่ 3-6 รูปด้านทิศใต้กรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง.....46
รูปที่ 3-7 แสดงแบบสถาปัตยกรรมของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยปัจจุบัน.....47
รูปที่ 3-8 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติและเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย.....48
รูปที่ 3-9 เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 Velocity Stick).....49
รูปที่ 3-10 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลมแบบลูกถ้วย.....52
รูปที่ 3-11 แสดงการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลมแบบลูกถ้วยกับเครื่องบันทึกข้อมูล... 52
รูปที่ 3-12 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษาชั้นล่างและชั้นบน..... 53
รูปที่ 3-13 แสดงแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาที่สร้างด้วยโปรแกรม HEATX..... 53
รูปที่ 3-14 แสดงการกำหนดทิศทางกระแสลมภายนอกในการวิจัย.....56
รูปที่ 3-15 แสดงตัวแปรของกรณีศึกษาเรือนไทยเดิม..... 57
รูปที่ 3-16 แสดงตัวแปรของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน.....60
รูปที่ 3-17 แสดงแบบจำลองของบ้านพักอาศัยต้นแบบ.....69
รูปที่ 4-1 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1... 75
รูปที่ 4-2 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2...75
รูปที่ 4-3 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 3.. 76
รูปที่ 4-4 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1...85
รูปที่ 4-5 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2...85
รูปที่ 4-6 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3...86
รูปที่ 4-7 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4...86
รูปที่ 4-8 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 5.. 87
รูปที่ 4-9 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 6.. 87
รูปที่ 4-10 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7.. 88
รูปที่ 4-11 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 8.. 88
รูปที่ 4-12 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 9.. 89
รูปที่ 4-13 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่10. 89
รูปที่ 4-14 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่11. 90
รูปที่ 4-15 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่12. 90
รูปที่ 4-16 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่13. 91
รูปที่ 4-17 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่14. 91

หน้า

รูปที่ 4-18 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่15.... .92
รูปที่ 4-19 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่16.... .92
รูปที่ 4-20 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่17.....93
รูปที่ 4-21 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่18.... .93
รูปที่ 4-22 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1.... 104
รูปที่ 4-23 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2.... 104
รูปที่ 4-24 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 3... 105
รูปที่ 4-25 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 4... 105
รูปที่ 4-26 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 5.... 106
รูปที่ 4-27 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 6.... 106
รูปที่ 4-28 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7.... 107
รูปที่ 4-29 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 8.... 107
รูปที่ 4-30 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 9.... 108
รูปที่ 4-31 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1การทดลองที่10.... 108
รูปที่ 4-32 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยจากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่11....109
รูปที่ 4-33 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่12... 109
รูปที่ 4-34 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่13... 110
รูปที่ 4-35 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่14... 110
รูปที่ 4-36 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่15... 111
รูปที่ 4-37 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่16... 111
รูปที่ 4-38 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่17... 112
รูปที่ 4-39 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่18... 112
รูปที่ 4-40 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2.... 117
รูปที่ 4-41 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3.... 118
รูปที่ 4-42 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 5.... 121
รูปที่ 4-43 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 6.... 121
รูปที่ 4-44 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7.... 122
รูปที่ 4-45 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 8.... 122
รูปที่ 4-46 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่11... 123
รูปที่ 4-47 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่12....123

หน้า

รูปที่ 4-48 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่13... 124
รูปที่ 4-49 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่14... 124
รูปที่ 4-50 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่15... 127
รูปที่ 4-51 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่16... 127
รูปที่ 4-52 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่17... 128
รูปที่ 4-53 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่18... 128
รูปที่ 4-54 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่19... 130
รูปที่ 4-55 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่20... 131
รูปที่ 4-56 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่21... 131
รูปที่ 4-57 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่23... 132
รูปที่ 4-58 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่24... 132
รูปที่ 4-59 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 1..... 142
รูปที่ 4-60 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 2..... 142
รูปที่ 4-61 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 3..... 143
รูปที่ 4-62 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 4..... 143
รูปที่ 4-63 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 5..... 144
รูปที่ 4-64 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 6..... 144
รูปที่ 4-65 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 7..... 145
รูปที่ 4-66 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 8..... 145
รูปที่ 4-67 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 9..... 146
รูปที่ 4-68 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่10..... 146
รูปที่ 4-69 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่11..... 147
รูปที่ 4-70 แสดงการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่12..... 147
รูปที่ 4-71 แปลนบ้านพักอาศัยต้นแบบชั้นล่าง..... 151
รูปที่ 4-72 แปลนบ้านพักอาศัยต้นแบบชั้นบน..... 151
รูปที่ 4-73 รูปด้านทิศใต้บ้านพักอาศัยต้นแบบ..... 152
รูปที่ 4-74 รูปด้านทิศตะวันตกบ้านพักอาศัยต้นแบบ..... 152
รูปที่ 4-75 รูปด้านทิศเหนือบ้านพักอาศัยต้นแบบ..... 153
รูปที่ 4-76 รูปด้านทิศตะวันออกบ้านพักอาศัยต้นแบบ..... 153
รูปที่ 4-77 รูปตัดตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกบ้านพักอาศัยต้นแบบ..... 154

หน้า

รูปที่ 4-78 รูปตัดตามแนวทิศใต้-เหนือบ้านพักอาศัยต้นแบบ.....154
รูปที่ 5-1 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า.....156
รูปที่ 5-2 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน เมื่อชานทำมุม 45 องศากับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 158
รูปที่ 5-3 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก.....159
รูปที่ 5-4 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระยะห่างระหว่างอาคารต่างๆ กัน เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 160
รูปที่ 5-5 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีปริมาณช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 160
รูปที่ 5-6 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระดับช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก.....161
รูปที่ 5-7 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีตำแหน่งช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 161
รูปที่ 5-8 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีมีช่องเปิดที่พื้น, มีช่องลมเหนือช่องเปิด และยกใต้ถุนโล่ง เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก.....162
รูปที่ 5-9 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีรูปทรงหลังคาความชันต่างๆ เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 163
รูปที่ 5-10 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีรูปแบบชายคาต่างๆ เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 164
รูปที่ 5-11 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระยะยื่นชายคาต่างๆ เมื่อชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก..... 164

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... .42
แผนภูมิที่ 3-2 แสดงผลการเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดความเร็วและทิศทางแบบลูกถ้วยกับเครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง..... 51
แผนภูมิที่ 3-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีศึกษา..... 55
แผนภูมิที่ 4-1 เปรียบเทียบร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยกรณีศึกษาเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทางต่างๆ ด้วยวามเร็ว 1.35 m/s.....74
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ด้วยความเร็ว 1.35 m/s.....82
แผนภูมิที่ 4-3 แสดงร้อยละผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศาด้วยความเร็ว 1.35 m/s.....83
แผนภูมิที่ 4-4 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคาร เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศต่างๆด้วยความเร็ว 1.35 m/s..... 101
แผนภูมิที่ 4-5 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคารในทิศที่ทำให้ความเร็วลมภายในสูงสุด เมื่อความเร็วลมภายนอก 1.35 m/s..... 103
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงผลต่างร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่างๆ(เฉพาะตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละปัจจัย)..... 135
แผนภูมิที่ 4-7 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามทิศทางกระแสลมภายนอกเปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ.....139
แผนภูมิที่ 4-8 แสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่เปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s ในทิศ 0 องศา ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ.....141

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย

สภาวการณ์ของประเทศไทยในปัจจุบันเรามีเทคโนโลยี และวิทยาการที่ก้าวหน้าทำให้คนเราสามารถตอบสนองต่อความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตให้เป็นไปตามจินตนาการอย่างสมบูรณ์ โดยแลกมาด้วยการบริโภคทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำนวนจำกัดอย่างฟุ่มเฟือย จนในที่สุดถึงจุดที่เกิดสภาวะวิกฤตทางด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของโลกอย่างรุนแรง

รูปแบบของบ้านพักอาศัยได้ถูกสร้างสรรค์ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านประโยชน์ใช้สอย ความงาม ของทั้งผู้อยู่อาศัย ผู้ออกแบบ และนายทุน จนบางครั้งไร้ขีดจำกัด และต้องแลกมาด้วยการสูญเสียพลังงานไปอย่างมากมายเพื่อสร้างภาวะน่าสบาย (comfort zone) ให้เกิดขึ้นในบ้านด้วยการใช้เครื่องปรับอากาศ หากมองย้อนกลับไปในอดีตจะพบว่า บรรพบุรุษของเรากลับเป็นผู้ที่มีอัจฉริยะภาพอย่างแท้จริงในการสร้างสรรค์บ้านพักอาศัยที่สามารถตอบสนองความต้องการในทุกๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านสภาวะน่าสบาย โดยไม่ทำลายธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และใช้พลังงานน้อยมาก

เรือนไทยในอดีต เป็นสถาปัตยกรรมที่เกิดจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม (อรศิริ ปาณินท์, 2539 อ้างถึงใน สุนทร บุญญาธิการ, 2542:5) เป็นการยึดธรรมชาติเป็นหลักในการปลูกบ้านเรือน ส่วนประกอบทุกส่วนจึงได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของความเข้าใจในปัจจัยทางธรรมชาติต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจในเรื่องการไหลเวียนของกระแสลม สะท้อนให้เห็นได้จาก ทิศทางการวางเรือน วิธีการวางกลุ่มเรือนให้สามารถรับลมในทุกทิศทุกทาง การเลือกวัสดุ การออกแบบรูปทรงและการประกอบกันของโครงสร้างส่วนต่างๆของเรือนที่เอื้อให้อากาศสามารถถ่ายเทเข้าออกภายในตัวบ้านอย่างอิสระและกระจายทั่วถึงทุกพื้นที่ การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมรอบๆเรือนให้มีความร่มรื่นเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศที่จะผ่านเข้ามาในตัวเรือน เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นอัจฉริยะภาพของบรรพบุรุษของเราที่สร้างสรรค์จนเกิดเป็นรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่ถึงพร้อมซึ่งสุนทรีและคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้อยู่อาศัย แต่น่าเสียดายที่อัจฉริยะภาพเหล่านี้กลับค่อยๆสูญหายไปตามกาลเวลา และตามค่านิยมที่ไหลตามกระแสสังคมโลก

การไหลเวียนของกระแสลมนอกจากจะมีความสำคัญต่อรูปแบบของเรือนไทยแล้ว ยังมีผลโดยตรงต่อความรู้สึกสบายของผู้อยู่อาศัยด้วย ผลจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า หากจะอยู่อาศัยแบบธรรมชาติในประเทศไทยซึ่งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น การออกแบบเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของกระแสลม

เป็นมาตรการสำคัญที่จะทำให้เกิดสภาวะน่าสบายขึ้นได้ (สมสิทธิ์ นิตยะ,2523) เนื่องจากการไหลเวียนของกระแสลมจะทำให้ร่างกายมีการระเหยเหงื่อได้ดีขึ้น จึงเป็นการทำให้ร่างกายรู้สึกเสมือนว่าอยู่ในเขตสบาย จากการวิจัยพบว่าความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้รู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ,2542) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้การไหลเวียนของกระแสลมมีแนวโน้มที่จะทำให้สภาวะภายในอาคารเย็นสบายขึ้นได้

ความพยายามในการสืบสานอัจฉริยะภาพของเรือนไทยในอดีตเข้ากับวิถีความเป็นอยู่ในปัจจุบันทำให้เกิดรูปแบบบ้านพักอาศัยใหม่ๆ ซึ่งแม้จะมีแนวคิดเริ่มต้นมาจากจุดเดียวกัน แต่ด้วยเป้าหมายที่แตกต่างกันทำให้เกิดบทสรุปของรูปแบบที่แตกต่างกันในที่สุด ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจเนื่องมาจากยังขาดองค์ความรู้ที่ครอบคลุมในทุกๆด้านของเรือนไทย เพราะจากงานวิจัยเกี่ยวกับเรือนไทยที่ผ่านมา แม้จะมีผู้ศึกษาวิเคราะห์ไว้มากมาย หลายประเด็น ได้แก่ รูปแบบ โครงสร้าง ประเพณี คติความเชื่อ รวมไปถึงการวิเคราะห์ลักษณะของที่ว่าง แต่ในส่วนขององค์ความรู้ทางด้านสภาวะน่าสบายภายในอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ความรู้ด้านการไหลเวียนของกระแสลม เป็นส่วนที่ยังไม่มีการวิจัยเท่าที่ควรทั้งที่มีความสำคัญดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

งานวิจัยนี้จะเป็นอีกมุมมองหนึ่งที่ศึกษาและวิเคราะห์เรือนไทย ในเชิงการไหลเวียนของกระแสลม โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมของเรือนไทย โดยไม่ครอบคลุมถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เพื่อนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ปัจจัยเหล่านั้น สู่การออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะการวางอาคารแบบล้อมชาน (enclosure space) ในปัจจุบันให้มีการไหลเวียนของกระแสลมอย่างมีประสิทธิภาพ ผลสืบเนื่องจากการวิจัยนี้อาจขยายผลไปสู่การออกแบบบ้านพักอาศัยในรูปแบบอื่นๆที่มีการไหลเวียนของกระแสลมที่มีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดอันสะท้อนถึงภูมิปัญญาในการสร้างสรรค์ส่วนประกอบทางกายภาพที่เอื้อให้เกิดการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทยเดิม
2. เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทยเดิม
3. เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีแนวคิดมาจากเรือนไทยเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของกระแสลม สำหรับบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะการวางอาคารแบบล้อมชานในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื่องจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทยมีได้จากหลายปัจจัย ในการวิจัยจึงกำหนดขอบเขตของปัจจัยเฉพาะปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมของเรือนไทยเท่านั้น โดยจะไม่รวมส่วนประกอบอื่นๆทางสภาพแวดล้อมแวดล้อม
2. การวิจัยมุ่งเน้นเฉพาะการไหลเวียนของกระแสลมที่เกิดจากแรงลม (wind force) เท่านั้น
3. ทำการศึกษาเฉพาะเรือนไทยเดิมภาคกลางที่เป็นเรือนหมู่และเป็นเรือนเครื่องสับเท่านั้น
4. บ้านพักอาศัยในปัจจุบันจะทำการศึกษาเฉพาะบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้นขึ้นไป ที่มีลักษณะการวางอาคารแบบล้อมชาน ในเขตจังหวัดภาคกลาง

1.4 นิยามศัพท์

1. กระแสลม (air flow) คือ อากาศที่เคลื่อนไหว จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ความแตกต่างของความกดอากาศนี้สามารถเกิดขึ้นได้จาก 2 ปัจจัย ได้แก่ อิทธิพลจากแรงลม (wind force) หรือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (stack effect)
2. เรือนไทยเดิมภาคกลาง (traditional thai house of the central) คือ เรือนไทยที่สร้างขึ้นในเขตภาคกลางของประเทศไทย อายุประมาณ 100-150 ปีมาแล้ว ลักษณะหลังคาทรงสูง มีปั้นลม กันสาด และใต้ถุนสูง (ฤทัย ใจจงรัก, 2535:2)
3. เรือนหมู่ คือ เรือนหลายหลังปลูกในที่เดียวกัน จัดวางตัวเรือนเป็นกลุ่ม โดยมีชานเปิดโล่งไม่มีหลังคาเชื่อมตรงกลาง
4. เรือนเครื่องสับ คือ เรือนไม้จริงตั้งแต่เสา โครงหลังคา ฝา พื้น บันได หน้าต่าง ประตู มีหลังคาเท่านั้นที่มุงด้วยวัสดุอื่น มักยึดตรึงด้วยการใช้ลิ่มและสลักหรือลูกประสักเท่านั้น
5. ภาคกลาง คือพื้นที่ที่อยู่ในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย บริเวณเส้นรุ้งที่ 3-16 องศาเหนือ เส้นแวงที่ 95-102 องศาตะวันออก (แบ่งตามแบบ พ.ศ. 2500) มี 28 จังหวัด (ฤทัย ใจจงรัก, 2535:2)

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องต่างๆ ได้แก่ ศักยภาพการใช้ลมในประเทศไทย การไหลเวียนกระแสลมในงานสถาปัตยกรรม รายละเอียดส่วนประกอบและลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเดิมภาคกลาง และรายละเอียดส่วนประกอบของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่มีลักษณะการวางอาคารแบบล้อมชาน ในเขตจังหวัดภาคกลาง จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. คัดเลือกเรือนไทยกรณีศึกษาที่มีความเหมาะสม ทำการเก็บข้อมูลความเร็วลมจากเรือนไทยกรณีศึกษา ภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงทั้งความเร็วลมภายในและภายนอกพร้อมกัน ด้วยเครื่องมือวัดความเร็วลม เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องกับการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HeatX
3. กำหนดปัจจัยส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมของเรือนไทย จากข้อมูลเบื้องต้นในข้อที่ 1 ทำการทดลองส่วนที่ 1 เพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยและปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้นด้วยการจำลองสถานการณ์ (simulation) ด้วยโปรแกรม HeatX กับแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาและแบบจำลองของปัจจัยต่างๆ วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย
4. คัดเลือกบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันที่มีความเหมาะสม และกำหนดปัจจัยและตัวแปรในแต่ละปัจจัย ที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา โดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจากข้อ 1 ร่วมกับปัจจัยที่ได้จากการทดลองส่วนที่ 1 แล้วทำการทดลองส่วนที่ 2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในแต่ละปัจจัยต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา ด้วยการจำลองสถานการณ์ (simulation) ด้วยโปรแกรม HeatX กับแบบจำลองของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและแบบจำลองของตัวแปรต่างๆ วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย
5. ออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบ โดยอาศัยตัวแปรส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมในบ้านพักอาศัยปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงสุดจากผลการทดลองส่วนที่ 2 แล้วทำการทดลองส่วนที่ 3 เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบการไหลเวียนกระแสลมสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ด้วยการจำลองสถานการณ์ (simulation) ด้วยโปรแกรม HeatX กับแบบจำลองของบ้านพักอาศัยต้นแบบ วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงภูมิปัญญาไทยในการสร้างสรรค์ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เอื้อให้เกิดการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทย
2. ทราบถึงลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมของเรือนไทย และ อิทธิพลของส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทย
3. ทราบถึงแนวทางออกแบบที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสลมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน
4. กระตุ้นให้สำนึกถึงการออกแบบบ้านพักอาศัย ที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานโดยการใช้การไหลเวียนของกระแสลม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล 4 ส่วน ได้แก่ การศึกษากระแสลมในธรรมชาติ การศึกษากระแสลมกับการระบายอากาศ การศึกษาการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทย และการศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียด และวัตถุประสงค์ในการศึกษา ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษากระแสลมในธรรมชาติประกอบด้วยการศึกษาทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลม การศึกษาลมสำคัญในประเทศไทย และการศึกษาลมประจำถิ่นสำหรับพื้นที่ภาคกลางในประเทศไทย เป็นการศึกษาพฤติกรรมของกระแสลมในธรรมชาติเบื้องต้น เพื่ออธิบายลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ลมประจำถิ่นของพื้นที่ภาคกลางในประเทศไทย ซึ่งเป็นลมที่ใช้ประโยชน์สำหรับการระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคาร

ส่วนที่ 2 การศึกษากระแสลมกับการระบายอากาศ ประกอบด้วย การศึกษาหน้าที่ของการระบาย การศึกษาการระบายอากาศธรรมชาติ การศึกษารูปแบบการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคาร และการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของอากาศในอาคาร การศึกษาในส่วนนี้นอกจากจะทำให้เห็นถึงความสำคัญของกระแสลมต่อการระบายอากาศแล้วยังทำให้ทราบถึงวิธีการใช้ประโยชน์จากกระแสลมเพื่อปรับทิศทางและคุณสมบัติของลมให้มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงสุด โดยอาศัยปัจจัยส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมเป็นหลัก

ส่วนที่ 3 การศึกษาการระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย ประกอบด้วย การศึกษาประเภทของเรือนไทยเดิมภาคกลาง การศึกษาลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง และการศึกษาลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทย โดยเน้นการศึกษาหน้าที่และความสำคัญของส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ของเรือนไทยเดิมภาคกลางที่ทำให้เกิดการระบายอากาศธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนที่ 4 การศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ประกอบด้วย การศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบบ้านเดี่ยว และการศึกษารูปแบบของบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา เนื่องจากรูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันมีความหลากหลาย การศึกษาในส่วนนี้เป็นการกำหนดขอบเขตของบ้านพักอาศัยที่จะทำการศึกษา เฉพาะบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะล้อมชาน ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่มีการประยุกต์มาจากลักษณะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง ในเรื่อง ขนาดพื้นที่ใช้สอย ขนาดที่ดิน งบประมาณ และลักษณะการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ

ข้อมูลทั้งหมดจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะทำให้ทราบถึงปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย การกำหนดขอบเขตของการวิจัย การกำหนดตัวแปรในการวิจัย และกำหนดเป้าหมายของการวิจัย

2.1 กระแสลมในธรรมชาติ

ลม (wind) คือ อากาศที่มีการเคลื่อนที่ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางอุทก-อุตุนิยมวิทยา (Hydro meteorological) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนไหว การผสมผสานของความร้อนเย็น ความกดอากาศ การระเหยของน้ำ ความชื้นในอากาศ และการเกิดฝนในที่ต่างๆ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-78)

ความเร็วลม เป็นปริมาณเวกเตอร์ (vector) มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยขนาดของความเร็วลม (wind speed) ปกติจะมีหน่วยเป็น ft/s (feet per second), mi/hr (mid per hour), m/s (meters per second), km/hr (kilometers per hour) และ kn (knots)

ทิศทางลม จะเรียกตามทิศทางที่เกิดลมพัด โดยปกติเรียกตามเข็มทิศทั้ง 16 ทิศทาง เช่น ลมที่เกิดทางทิศตะวันตกพัดไปทางทิศตะวันออก เรียกว่า ลมตะวันตก (westerly wind) ใช้สัญลักษณ์ W ลมที่เกิดทางทิศใต้พัดไปทางทิศเหนือ เรียกว่า ลมฝ่ายใต้ (southerly wind) ใช้สัญลักษณ์ S และลมที่เกิดทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัดไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เรียกว่า ลมตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้สัญลักษณ์ NE เป็นต้น

ลักษณะลม นิยมบอกเป็นตัวเลข เรียกว่า มาตราลมของ Beaufort (Beaufort wind scale) ดังตารางที่ 2-1 ซึ่งตัวเลข Beaufort จะบอกถึงความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล ลักษณะบนแผ่นดิน ทำให้สามารถใช้ในการประมาณการความเร็วลมที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องมีเครื่องวัดลมจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

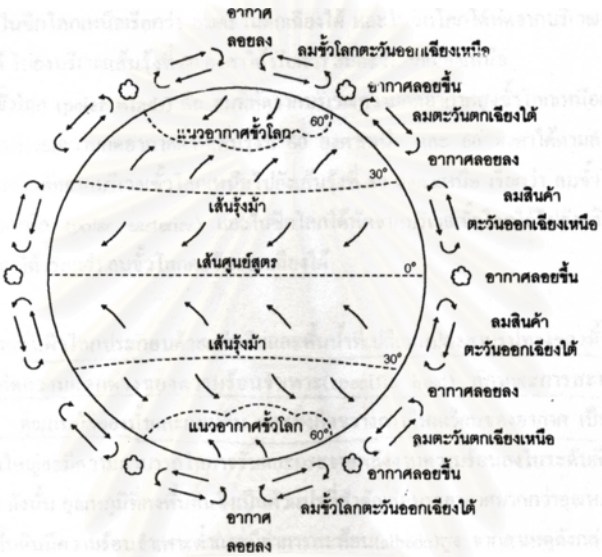
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวเลข Beaufort	ความเร็วลม			ชื่อลม	ลักษณะทะเล	ลักษณะบนแผ่นดิน
	kmph	mph	knots			
0	<1	<1	<1	ลมสงบ (calm)	ทะเลเรียบ	สงบนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวของใบไม้ ควันลอยขึ้นตรงๆ
1	1-5	1-3	1-3	ลมเบา (light air)	น้ำกระเพื่อมเล็กน้อย	ใบไม้ไหวเล็กน้อย ควันลอยตามลม แต่ศรลม (Wind vane) ไม่หมุนตามทิศทางที่ลมพัด
2	6-11	4-7	4-6	ลมอ่อน (light breeze)	น้ำทะเลมีคลื่นลมเล็กๆ มองเห็นยอดคลื่นที่ไม่แตกตัว	ใบไม้ไหวและศรลมเริ่มหมุนวัดทิศทางลมได้
3	12-19	8-12	7-10	ลมโชย (gentle breeze)	น้ำทะเลมีคลื่นโตขึ้น มองเห็นยอดคลื่นแตกเป็นฟอง	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆเคลื่อนไหว ธงบนยอดเสาเริ่มปลิว
4	20-29	13-18	11-16	ลมปานกลาง (moderate breeze)	คลื่นขนาดเล็กแต่มีความยาวคลื่นมากขึ้น	กิ่งไม้ขนาดเล็กเคลื่อนไหว มีฝุ่นกระดาษและใบไม้แห้งปลิว
5	30-38	19-24	17-21	ลมเฉื่อยค่อนข้างแรง (fresh breeze)	ทะเลมีคลื่นปานกลาง น้ำมีการกระเพื่อมและมีฟองสีขาวโดยทั่วไป	ต้นไม้ขนาดเล็กและกิ่งไม้เอนไปตามลม น้ำในแผ่นดินที่อยู่ตามแม่น้ำลำธารเริ่มมีคลื่นน้ำ
6	39-49	25-31	22-27	ลมแรง(strong breeze)	ทะเลมีคลื่นขนาดใหญ่ มองเห็นยอดคลื่นโดยทั่วไป และมีการแตกตัวบ้าง	กิ่งไม้ขนาดใหญ่เอนไปมา ได้ยินเสียงหวีดตามสายโทรศัพท์ และใช้ร่มลำบาก
7	50-61	32-38	28-33	ลมค่อนข้างจัด (moderate or near gale)	ทะเลมีคลื่นจัด ยอดคลื่นสูงตามทิศทางลม	ต้นไม้ทั้งหมดมีการเอนตัวตามลามพัดและเป็นการยากที่จะเดินทวนทิศทางที่ลมพัด
8	62-74	39-46	34-40	ลมจัด (fresh gale or gale)	ทะเลมีคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากและมีความสูงคลื่นปานกลาง ยอดคลื่นมีการแตกตัว	กิ่งไม้ขนาดเล็กหัก เดินทวนลมยากมาก ยวดยานพาหนะเริ่มสั่นตามลม
9	75-87	47-54	41-47	ลมจัดมาก (strong gale)	ทะเลมีคลื่นสูง ยอดคลื่นแตกตัวและทะเลเริ่มเป็นระลอกขนาดใหญ่ ทัศนะวิสัยลดลง	สิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงได้รับความเสียหาย เช่นหลังคาบ้านเริ่มปลิว
10	88-101	55-63	48-55	พายุ (storm or whole gale)	ทะเลมีคลื่นสูงมากและเป็นคลื่นขนาดใหญ่ ท้องทะเลเป็นระลอก และมีฟองปกคลุมโดยทั่วไป ทัศนะวิสัยลดลง	ต้นไม้ถูกถอนรากถอนโคน สิ่งก่อสร้างได้รับความเสียหาย
11	102-116	64-73	56-63	พายุใหญ่ (storm or violent storm)	คลื่นขนาดใหญ่ในทะเลมีการแตกตัว เรือขนาดเล็กและขนาดกลางอับปาง	เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12-17	>117	>74	>64	พายุไต้ฝุ่นหรือพายุเฮอริเคน (typhoon or hurricane)	ทะเลปั่นป่วนมาก ทัศนะวิสัยเลวมาก	เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างและรุนแรงมาก

ตารางที่ 2-1 ตัวเลขโบฟอร์ต ความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล และลักษณะบนแผ่นดิน (ที่มา: กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-82)

2.1.1 ทฤษฎีการเกิดและการเคลื่อนที่ของกระแสลม

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีการเคลื่อนไหวและหมุนเวียนอยู่เสมอ การหมุนเวียนของบรรยากาศมีทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง การหมุนเวียนของบรรยากาศในแนวราบตามผิวโลก เรียกว่า ลม แต่การหมุนเวียนอย่างรวดเร็วและรุนแรง เรียกว่า พายุ ส่วนการหมุนเวียนของบรรยากาศในแนวตั้งกรณีเคลื่อนขึ้น เรียกว่า ดึงขึ้น (updraft) ส่วนกรณีเคลื่อนลงเรียกว่า ดึงลง (down draft) (ประเสริฐ วิทยรัฐ, 2545:71)

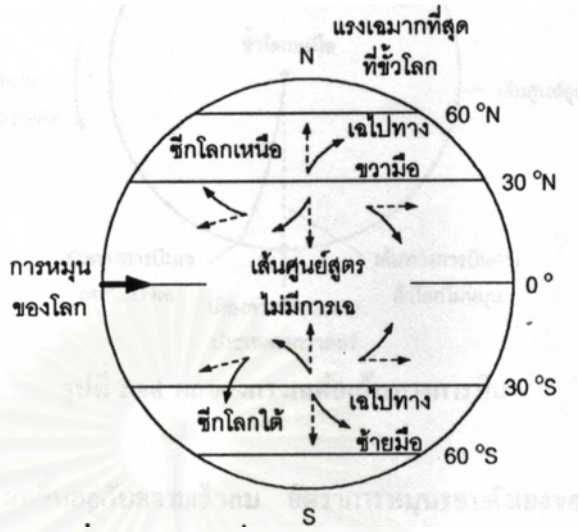


รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกซึ่งทำให้เกิดลมประจำปี (ที่มา: กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-99)

ลักษณะการเคลื่อนไหวของบรรยากาศ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความแตกต่างของความกดอากาศ ความลาดชันของความกดอากาศ แรงคอริออลิส (coriolis force) และแรงเสียดทาน (friction force)

พื้นผิวโลกบริเวณต่างๆจะมีความกดอากาศที่แตกต่างกันได้เนื่องจากระดับความสูงและสภาพแผ่นดินและพื้นที่น้ำที่แตกต่างกัน ความกดอากาศที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดการถ่ายเทของอากาศ จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูง ไหลไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ เกิดลมพัด ความแตกต่างของความกดอากาศสูงและต่ำ และระยะห่างของตำแหน่งของความกดอากาศทั้งสองทำให้เกิดความลาดชันของความกดอากาศ หากมีความแตกต่างของความกดอากาศมาก และระยะห่างของตำแหน่งความกดอากาศไม่มาก จะทำให้มีความลาดชันของความกดอากาศมาก ลมจะการเคลื่อนทีอย่างรวดเร็วและรุนแรง จนเกิดเป็นพายุได้

การหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้เกิดแรงที่เรียกว่า แรงคอริออลิส ซึ่งมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของลมมีทิศทางเบี่ยงเบนไป ทิศทางของการเบี่ยงเบนของลมได้กล่าวไว้เป็นกฎโดยเฟอร์เรล (Ferrel) ว่า วัตถุหรือของไหลใดๆ ที่เคลื่อนที่ในแนวราบทางซีกโลกเหนือจะเบี่ยงเบนไปทางขวาเมื่อหันหน้าไปตามเส้นทางการเคลื่อนที่ ส่วนในซีกโลกใต้จะเบี่ยงเบนไปทางซ้าย ทั้งนี้ไม่ว่าการเคลื่อนที่ไปทางทิศใด แรงคอริออลิสนี้จะไม่ปรากฏที่ศูนย์สูตร แต่จะเพิ่มมากขึ้นไปทางขั้วโลก ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศบนผิวโลกเนื่องจากแรงคอริออลิส (ที่มา: ประเสริฐ วิทยรัฐ, 2545:72)

นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะผิวของพื้นโลก ยังทำให้เกิดแรงต้านทานระหว่างลมกับบริเวณที่ลมพัดผ่าน ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่ลมพัดผ่าน ซึ่งจะทำให้ความเร็วลมลดลง เรียกว่า แรงเสียดทาน โดยถ้าลมพัดผ่านบริเวณพื้นที่ราบหรือผิวน้ำ จะเกิดแรงเสียดทานน้อย ทำให้ลมพัดแรง และลมที่พัดในที่สูงจะพัดแรงกว่าลมที่พัดผ่านพื้นที่ผิวโลก ซึ่งพื้นผิวที่เกิดแรงเสียดทานจะสูงจากผิวโลกไม่เกิน 500 เมตร

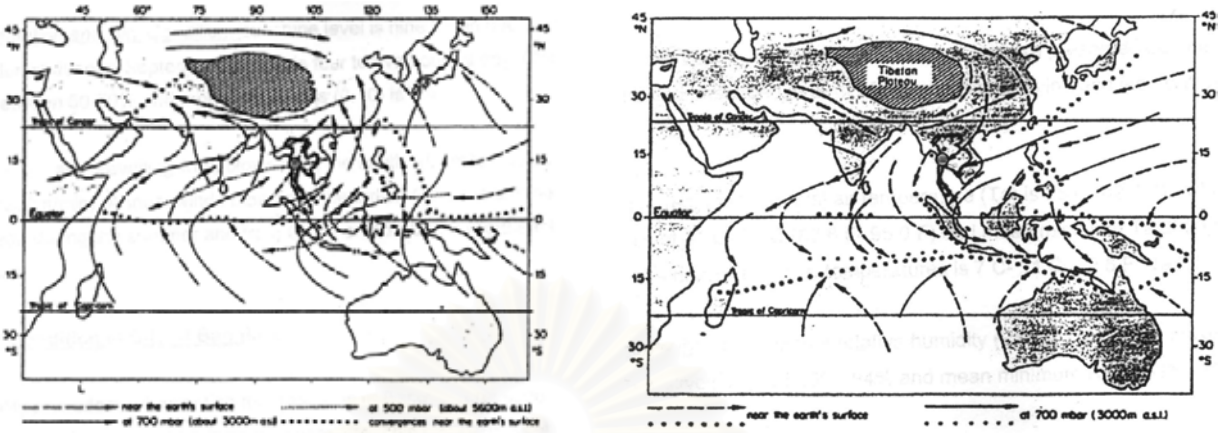
2.1.2 ลมสำคัญในประเทศไทย

หลักเกณฑ์ที่อธิบายมาตอนต้น นำมาอธิบายกับลมสำคัญต่างๆในประเทศไทย ดังนี้

2.1.2.1 **ลมมรสุม** (Monsoon)

ลมมรสุม หมายถึง ลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางกับการเปลี่ยนฤดู คือ ฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่ง และจะพัดเปลี่ยนทิศทางในทางตรงกันข้ามในฤดูหนาว (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-109) การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

พื้นที่ส่วนใหญ่ทางตอนเหนือของทวีปเอเชียเป็นพื้นดิน ส่วนตอนใต้เป็นพื้นน้ำ ดังนั้นในฤดูร้อนพื้นดินของทวีปเอเชียมีอุณหภูมิสูงจึงเป็นศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำ ขณะที่พื้นน้ำอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีความกดอากาศสูงกว่า ดังนั้นจึงเกิดลมจากพื้นน้ำเคลื่อนเข้าสู่พื้นดินและนำเอาความชื้นจากพื้นน้ำเข้ามาด้วย เรียกว่า มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มรสุมดังกล่าวจะมีอิทธิพลอยู่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนกระทั่งสิ้นเดือนกันยายนโดยประมาณ ทิศทางลมโดยรอบๆ จะมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงอิทธิพลของมรสุมนี้จะมีฝนตกเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย หรือเป็นที่ทราบกันว่าเป็นช่วงฤดูฝน



รูปที่ 2-3 แสดงลักษณะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(ภาพซ้าย)และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(ภาพขวา)

(ที่มา: Jitkhajornwanich, cited in Sutthipong Boonyou,1999:6)

เมื่อสิ้นฤดูร้อนแสงตั้งฉากของดวงอาทิตย์ได้เคลื่อนไปอยู่ทางใต้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นน้ำ ขณะเดียวกันพื้นดินของทวีปเอเชียได้รับแสงเฉียงและระยะเวลากลางวันสั้นทำให้อุณหภูมิบริเวณพื้นดินส่วนใหญ่ต่ำ พื้นดินของทวีปเอเชียจึงมีความกดอากาศสูง ทำให้เกิดลมเคลื่อนที่จากพื้นดินไปสู่พื้นน้ำเรียกว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมที่เคลื่อนที่จากพื้นดินไม่มีความชื้นจึงทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของเอเชียแห้งแล้ง เว้นแต่บางบริเวณที่เมื่อลมพัดออกจากพื้นดินแล้วผ่านทะเลเข้าสู่พื้นดินอีก จึงมีความชื้นเข้ามาและทำให้เกิดฝนตก เช่น บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย นอกจากนั้นลมที่พัดออกมาจากพื้นดิน นอกจากแห้งแล้งแล้วยังนำความหนาวเย็นมาด้วย ดังนั้นประเทศไทยมักจะมีอากาศหนาวเย็นบางส่วนแผ่เข้ามาเป็นระลอก มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอิทธิพลอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม แต่สำหรับประเทศไทยจะมีอิทธิพลอยู่แค่เดือนกุมภาพันธ์ ถัดจากนั้นอิทธิพลของอากาศท้องถิ่นจะเข้ามามีบทบาทแทน

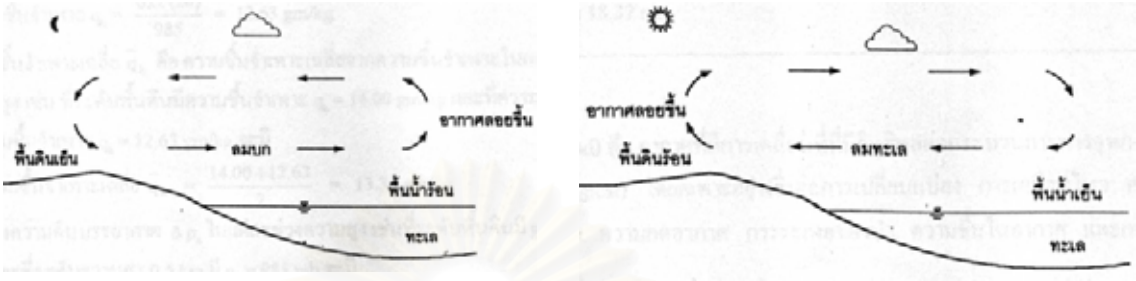
2.1.2.2 **ลมประจำถิ่น** (Local wind)

ลมประจำถิ่น คือ ลมที่พัดเป็นประจำในท้องถิ่นต่างๆ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-109) ประกอบด้วย

1. **ลมบกและลมทะเล** (Land and sea breeze) คือ ลมที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นลมประจำถิ่นที่เกิดขึ้นทุกวัน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศเหนือพื้นดินและเหนือพื้นน้ำ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-109)

ลมทะเล เกิดขึ้นในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเล ในเวลากลางวันเมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ และอากาศเหนือพื้นดินเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวลอยสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่เกิดลมจากทะเลพัดเข้าหาฝั่งเรียกว่าลมทะเล ดังรูปที่ 2-4(ภาพซ้าย) ซึ่งจะเริ่มพัดในเวลาประมาณ 10.00 น. ลมทะเลสามารถพัดเข้าหาฝั่งมีระยะไกล

ถึง 16-48 กิโลเมตร และความแรงของลมจะลดลงเมื่อเข้าถึงฝั่ง ลมทะเลมีความสำคัญต่ออุณหภูมิของอากาศในบริเวณชายฝั่ง ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง



รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะการเกิดลมทะเล(ภาพซ้าย)และลมบก(ภาพขวา) (ที่มา กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-110)

ลมบก เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสีออกจะคายความร้อนออกได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำอากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อนกว่าพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่เกิดเป็นลมพัดจากฝั่งไปสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก ดังรูปที่ 2-4(ภาพขวา) ซึ่งลมบกจะมีความแรงของลมอ่อนกว่าลมทะเล จึงไม่สามารถพัดเข้าสู่ทะเลได้ระยะทางไกลเหมือนทะเล โดยลมบกสามารถพัดเข้าสู่ทะเลมีระยะทางเพียง 8-10 กิโลเมตร

2. **ลมภูเขาและลมหุบเขา** (Mountain and valley breeze) คือ ลมที่เกิดขึ้นบริเวณยอดเขาและหุบเขาเป็นลมประจำถิ่นที่เกิดขึ้นทุกวัน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศบริเวณภูเขาและหุบเขา (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-111)

ลมหุบเขา เกิดขึ้นในเวลากลางวัน คือ อากาศตามภูเขาและลาดเขาร้อนเพราะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ ส่วนอากาศที่หุบเขาเบื้องล่างมีความเย็นกว่าจึงไหลเข้าแทนที่ ทำให้มีลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบน ดังรูปที่ 2-5(ภาพซ้าย)

รูปที่ 2-5 แสดงลักษณะการเกิดลมลมหุบเขา(ภาพซ้าย)และลมภูเขา(ภาพขวา) (ทีมา กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-111)

ลมภูเขา เกิดขึ้นในเวลากลางคืน อากาศตามภูเขาและลาดเขาจะเย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการคายความร้นออก อากาศตามลาดเขาที่เย็นและหนักกว่าอากาศบริเวณใกล้เคียงจึงไหลออกมาทำให้มีลมพัดมาตามลาดเขาสู่หุบเขาเบื้องล่างเรียกว่าลมภูเขา ดังรูป2-5(ภาพขวา)

3. **ลมตะเภาหรือลมฝ่ายใต้**

ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย ที่พัดจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้ง พื้นที่ภาคกลางตอนล่าง ตั้งแต่นครสวรรค์จนจดอ่าวไทยซึ่งเป็นพื้นที่ราบและเป็นช่วงที่แสงแดดส่องตั้งฉากกับบริเวณพื้นที่ส่วนนี้ เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินกับพื้นน้ำมาก เป็นผลให้มีลมพัดจากอ่าวไทยสู่ภาคกลางตอนล่าง เนื่องจากพัดมาจากทางทิศใต้ จึงเรียกว่าลมฝ่ายใต้ ซึ่งในสมัยโบราณลมนี้จะช่วยพัดเรือสำเภาซึ่งเข้ามาค้าขายให้แล่นไปตามแม่น้ำเจ้าพระยา จึงเรียกลมนี้อีกชื่อหนึ่งว่า ลมตะเภา ส่วนมากลมจะเริ่มพัดตั้งแต่เวลาบ่ายโมงและค่อยๆ แรงขึ้นในเวลา 5 โมงถึง 6 โมงเย็น และลมจะพัดไปอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งใกล้กับเวลาเที่ยงคืนจึงสงบ ลมนี้จะนำความชื้นจากอ่าวไทยมาสู่ภาคกลางตอนล่างเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้สูงมากจึงไม่มีการเปลี่ยนความชื้นเป็นฝน ยกเว้นในบางปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสมอาจเกิดฝนบ่อยครั้งได้ในช่วงเดือนดังกล่าว

ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ เกิดระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน เป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำน้ำเจ้าพระยา และพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรืออาจจะเรียกว่าลมข้าวเบา เพราะพัดในช่วงที่ข้าวกำลังออกรวง

จากการศึกษาทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลมทำให้ทราบกระแสลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการหมุนเวียนของบรรยากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างกันของความกดอากาศ แรงคอริออลิส ความลาดชันของความกดอากาศ และแรงเสียดทานของพื้นโลก ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้ลมในแต่ละตำแหน่งและแต่ละช่วงเวลาบนโลกมีความแตกต่างกัน สำหรับประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงของกระแสลมขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก แต่กระแสลมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้อีกเนื่องจากอิทธิพลของลมประจำถิ่น ซึ่งจะมีอิทธิพลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ด้วย ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากกระแสลมในธรรมชาติจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา วิเคราะห์ลมประจำถิ่นโดยเฉพาะ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ลมประจำถิ่น

ลมประจำถิ่นมีอิทธิพลต่อการระบายอากาศมากที่สุด การวิเคราะห์ลมประจำถิ่นเป็นรายปี และเฉพาะเป็นเดือนๆ นำไปสู่การวางทิศทางอาคาร ให้ช่องเปิด เปิดรับลมทางทิศที่มีลมพัดและมีช่องทางออกให้เพียงพอ แรงเฉื่อยของการไหลของกระแสลมประจำถิ่น ก็จะทำให้เกิดการพัดผ่านตลอดได้

งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลทุติยภูมิการวิเคราะห์ลมประจำถิ่นจากงานวิจัยข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน โดย ผศ. ธนิต จินดาวณิค คมกฤช ชูเกียรติมั่น และ รอ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต พ.ศ. 2543 ซึ่งรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศของประเทศไทย จากข้อมูลตรงของกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา และเก็บติดต่อกันต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 10 ปี (ค.ศ. 1981-1998) โดยงานวิจัยนี้อ้างอิงข้อมูลใน 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลความเร็วลมแยกตามจังหวัด ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย (average wind speed :m/s) ทิศทางลมเด่น (prevailing) ความเร็วลมสูงสุด(maximum speed :m/s) ข้อมูลทั้งหมดมีทั้งที่สรุปเป็นรายเดือนและรายปี
2. ข้อมูลจำแนกความถี่ของลมในแต่ละความเร็ว และทิศทางที่เกิดลมรายเดือน (monthly frequency distribution of wind in each speed and direction)

โดยคัดเลือกข้อมูลตัวแทนจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทพมหานคร ปราจีนบุรี และชลบุรี (ดูข้อมูลในแต่ละจังหวัดเพิ่มเติมจากภาคผนวก ก) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งสามารถสรุปความเร็วลมในพื้นที่ภาคกลาง ได้ ดังตารางที่ 2.-2

ลม	เดือน												
	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	ตค.	ตค.	พย.	ธค.	เฉลี่ย
ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	1.07	1.50	1.80	1.65	1.35	1.45	1.40	1.40	0.98	0.93	1.25	1.37	1.35
ทิศทางลมเด่น	NE,E	S	S	S	S	W	W	W	W	NE	NE	NE	S,W,NE
ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	16.20	16.20	38.10	16.20	26.20	25.70	18.00	28.60	47.60	41.10	14.30	36.20	47.60

หมายเหตุ N = ทิศเหนือ NE=ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ E=ทิศตะวันออก SE=ทิศตะวันออกเฉียงใต้ S=ทิศใต้ SW= ทิศตะวันตกเฉียงใต้ W=ทิศตะวันตก NW=ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 2-2 แสดงข้อมูลสรุปของความเร็วลมในพื้นที่ภาคกลาง

ข้อมูลสรุปความถี่ของลมในแต่ละทิศทางที่เกิดลมแยกเป็นรายเดือนของพื้นที่ภาคกลาง ได้ดังตารางที่ 2-3

เดือน	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	รวม
มกราคม	3.72	8.62	10.60	4.77	4.68	3.38	2.87	2.32	40.95
กุมภาพันธ์	1.35	3.18	5.93	6.10	16.85	10.37	5.80	1.57	51.15
มีนาคม	0.95	1.73	3.72	6.60	22.98	13.22	6.32	1.62	57.13
เมษายน	0.97	1.52	3.45	6.42	20.13	10.18	7.28	2.27	52.22
พฤษภาคม	0.87	1.22	2.82	4.73	14.43	11.02	10.12	2.55	47.75
มิถุนายน	0.28	0.33	0.70	1.87	12.02	16.62	15.95	2.58	50.35
กรกฎาคม	0.45	0.48	0.60	1.77	10.20	16.25	17.37	3.35	50.47
สิงหาคม	0.37	0.37	0.53	1.52	9.00	16.45	18.55	3.33	50.12
กันยายน	1.20	1.72	2.28	2.75	5.22	9.52	12.98	3.83	39.50
ตุลาคม	4.85	8.28	7.55	3.13	2.82	3.00	4.17	3.00	36.80
พฤศจิกายน	10.32	16.27	11.33	2.23	0.87	0.85	1.37	2.07	45.30
ธันวาคม	11.12	17.00	12.30	1.98	0.83	0.80	1.02	2.32	47.37
ค่าเฉลี่ย	3.04	5.06	5.15	3.66	10.00	9.30	8.65	2.57	47.43

หมายเหตุ N = ทิศเหนือ NE=ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ E=ทิศตะวันออก SE=ทิศตะวันออกเฉียงใต้ S=ทิศใต้ SW=ทิศตะวันตกเฉียงใต้ W=ทิศตะวันตก NW=ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 2-3 แสดงข้อมูลสรุปจำแนกความถี่ของลมในแต่ละทิศทางที่เกิดลมรายเดือนในพื้นที่ภาคกลาง

2.3 กระแสลมกับการระบายอากาศ

2.3.1 การระบายอากาศ (Ventilation)

การระบายอากาศ คือ การนำอากาศเก่าภายในห้องออกไป และนำอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการกำจัดหรือทำให้มลพิษต่างๆที่เกิดขึ้นภายในอาคารเจือจาง (Sutthipong Boonyou,1999:29) มีหน้าที่ 3 ประการ คือ

1. ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่

โดยปกติอาคารที่มีการใช้งานอากาศภายในอาคารจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ และมลพิษต่างๆทั้งสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค ก๊าซพิษ โลหะพิษ มากกว่าอากาศภายนอก ซึ่งอากาศที่ถูกปนเปื้อน สามารถทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพมากกมาย ตั้งแต่ปวดศีรษะ คลื่นไส้ วิงเวียน ไปจนถึงเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในปอด จึงจำเป็นต้องอาศัยการระบายอากาศเพื่อนำเอาออกซิเจนจากภายนอกอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคาร ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษต่างๆ ภายในอาคารเจือจางลง ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนคน กิจกรรม กลิ่น และ ปริมาณสารเป็นพิษ และขนาดของห้อง ดังตารางที่ 2-4

ชนิดห้อง	ปริมาณการนำอากาศบริสุทธิ์ใหม่เข้ามา
ห้องน้ำ ส้วม	20 ปริมาตรห้อง/ชม.
ห้องโถงและทางผ่าน	10 ปริมาตรห้อง/ชม.
ห้องครัว (ปรุงอาหารไม่เกิน 6 คน)	20,000 ลบ.ฟุต/ชม.
ห้องรับแขก และห้องนอน	
300 ตร.ฟุต/คน	7,200 ลบ.ฟุต/ชม.
400 ตร.ฟุต/คน	6,000 ลบ.ฟุต/ชม.
500 ตร.ฟุต/คน	4,200 ลบ.ฟุต/ชม.
ห้องเตรียมอาหาร และห้องบันได	20 ปริมาตรห้อง/ชม.

ตารางที่ 2-4 แสดงความต้องการปริมาณอากาศบริสุทธิ์เข้ามาภายในห้องต่างๆ (ที่มา: สมสิทธิ์ นิตยะ, 2523)

2. ทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนหนึ่งว่าอุณหภูมิลดลง

ความเร็วลม (wind speed) ที่ผ่านผู้อยู่อาศัยมีผลกระทบต่อภาวะน่าสบาย ลมจะพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็นขึ้น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกายซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้ความรู้สึกเย็นเนื่องจากการระเหยของน้ำ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะทำให้รู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ,2542) อย่างไรก็ตามความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่หากความเร็วลมที่มากเกินไป ก็ทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่างๆ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาพวะน่าสบาย เป็นดังตารางที่ 2-5

ความเร็วลม	ความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-5 fpm หรือ 0-0.25 mps	ไม่เปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100 fpm หรือ 0.25-0.5 mps	ต่ำลง 2-3 $^{\circ}$ F	สบาย
100-200 fpm หรือ 0.5-1 mps	ต่ำลง 4-5 $^{\circ}$ F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300 fpm หรือ 1-1.5 mps	ต่ำลง 5-7 $^{\circ}$ F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm หรือ 1.5 mps	ต่ำลงมากกว่า 2-3 $^{\circ}$ F	ต้องการการแก้ไขที่ถูกต้อง

ตารางที่ 2-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย (ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค : 2536)

3. **ทำให้เกิดการถ่ายเทของความร้อน** (Convection)

การระบายอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทของความร้อน ระหว่างอากาศภายนอกอาคารกับอากาศภายในอาคารหรือกับโครงสร้างอาคาร ซึ่งเป็นไปในลักษณะ 2 ทาง ขึ้นอยู่กับว่าแหล่งใดมีความร้อนสูงกว่าก็จะถ่ายเทไปสู่อีกแหล่งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นการระบายอากาศซึ่งทำให้อากาศในอาคารหรือโครงสร้างอาคารมีอุณหภูมิลดลง จำเป็นต้องอาศัยอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่านั่นเอง

2.3.2 **การระบายอากาศธรรมชาติ** (Natural ventilation)

การระบายอากาศธรรมชาติเป็นรูปแบบหนึ่งของการระบายอากาศ ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นทางเลือกในการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดภาระการทำความเย็นในอาคารเพื่อไปสู่ภาวะน่าสบายทางความร้อนและทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมภายในอาคาร สำหรับสถานที่ซึ่งสภาพอากาศภายนอกเหมาะสม

การระบายอากาศธรรมชาติอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านเปลือกอาคารทางช่องเปิดหน้าต่างหรือช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ อากาศนี้จะถูกสร้างด้วยความแตกต่างของความดันระหว่างภายนอกและภายในที่เกิดขึ้นด้วยแรงลมและความแตกต่างของอุณหภูมิ

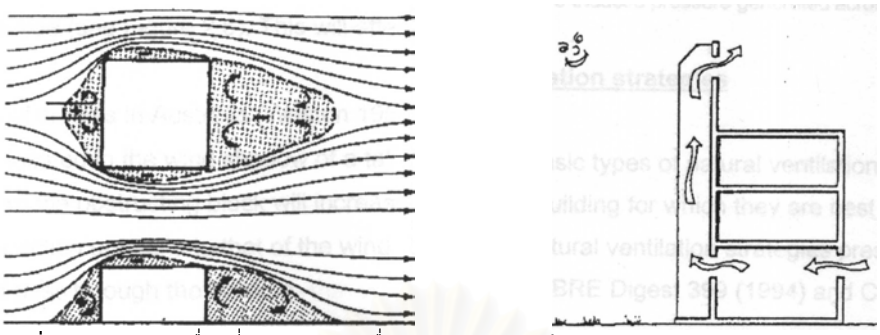
การใช้งานการระบายอากาศธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ จะต้องเข้าใจในหลักการเคลื่อนที่ของอากาศ ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการไหลของอากาศผ่านอาคาร และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของอากาศผ่านอาคาร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.2.1 **หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ**

ในการออกแบบการระบายอากาศธรรมชาติ ต้องคำนึงถึงการไหลเวียนของอากาศผ่านพื้นที่ภายในอาคารซึ่งเกิดขึ้นจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ การกระจายของความกดอากาศรอบอาคาร และแรงผลักเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ดังนี้

1. **แรงลม**

การระบายอากาศธรรมชาติเนื่องจากแรงลมเกิดจากความแตกต่างของความดันอากาศระหว่างด้านตรงข้ามผิวภายนอกของอาคาร โดยทั่วไป ผิวอาคารด้านปะทะลมจะเกิดความดันอากาศสูง และด้านตรงกันข้ามและด้านขนานกับด้านปะทะลมจะเกิดความดันอากาศต่ำ



รูปที่ 2-6 แสดงการเคลื่อนที่ของกระแสลมเนื่องจากแรงลม(ภาพซ้าย)และจากความแตกต่างของอุณหภูมิ(ภาพขวา)
(ที่มา: Koenigsberger, cited in Sutthipong Boonyou,1999:17,58)

2. แรงเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

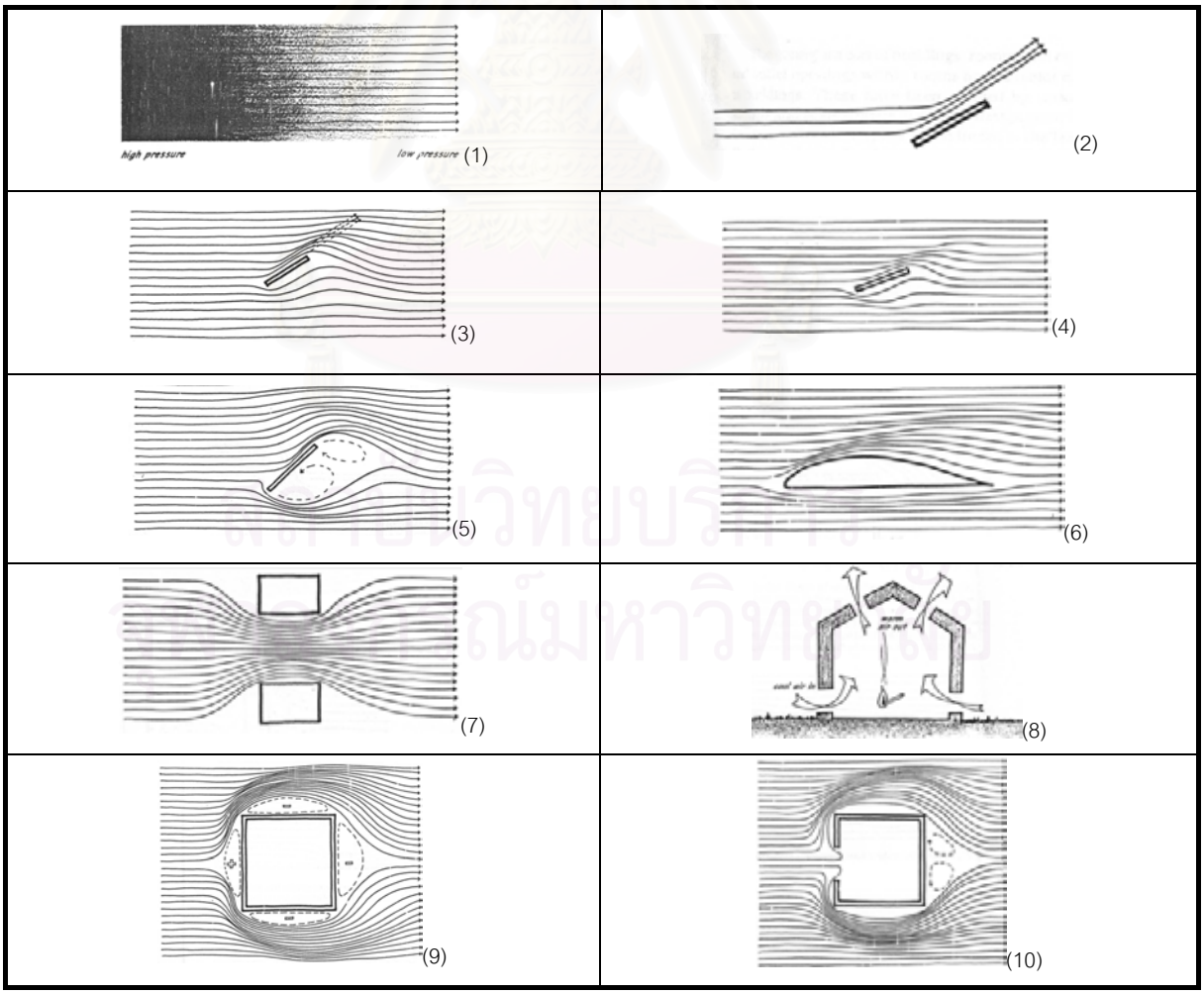
โดยทั่วไปแล้วอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในกรณีที่พื้นที่สองส่วนมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกันก็จะทำให้ความดันอากาศแตกต่างกันด้วย โดยอากาศจะเคลื่อนที่จะบริเวณที่มีความดันอากาศสูงหรือบริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสู่บริเวณที่มีความดันอากาศต่ำหรือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่านั่นเอง นอกจากนี้ความหนาแน่นอากาศบริเวณที่สูงจะต่ำกว่าบริเวณที่ต่ำกว่า ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจึงมีแนวโน้มขึ้นสู่บริเวณที่สูงกว่า

ดังนั้นในกรณีที่อากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกอาคาร อากาศในระดับต่ำกว่าจะลอยตัวขึ้นสูงซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ในขณะที่อากาศภายนอกในระดับเดียวกันซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งหากอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารสูงกว่าภายในอาคารก็จะเกิดปรากฏการณ์ในทางตรงข้ามกัน ความแตกต่างของอุณหภูมิและความหนาแน่นอากาศระหว่างอากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศทางตั้งผ่านอาคารในลักษณะนี้ เรียกว่า stack effect

2.3.2.2 ลักษณะการไหลของอากาศ

1. อากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำดังรูปที่ 2-7(1)
2. การเคลื่อนที่ของอากาศ จะเคลื่อนเป็นแนวทาง และความเร็วที่แน่นอน จนกว่าจะมีสิ่งที่มากีดขวางแนวทางการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2-7(2)
3. เมื่ออากาศเคลื่อนผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร หรือต้นไม้ จะเปลี่ยนทั้งทิศทางและความเร็ว หลังจากนั้นอากาศจะกลับมาเคลื่อนที่ในทิศทางและความเร็วเดิม ดังรูปที่ 2-7(3)
4. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบราบเรียบ เป็นแนวขนาน มีความเร็วที่สม่ำเสมอ เรียกว่า ลามินาร์ (laminar) ดังรูปที่ 2-7(4)
5. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่ถูกแยกออกจากกัน และไม่สามารถคาดหมายถึงแนวทางได้ เมื่ออากาศทั้งสองพบกันในด้านตรงกันข้าม บางส่วนจะหมุนวนเป็นวงกลม ก่อนจะเคลื่อนไปในแนวทางเดิม เรียกว่า เทอบิวเล็นท์โฟลท์ (turbulent flow)ดังรูปที่ 2-7(5)

6. การเคลื่อนที่ของอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการลดความดันในอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ยาวกว่า เรียกว่า เบอเนาลิ แอฟเฟ็ค (bernoulli effect) ดังรูปที่ 2-7(6)
7. ลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศแบบลามินาร์ (laminar) ผ่านช่องเปิดของสิ่งกีดขวาง อากาศจะเบียดตัวผ่านพื้นที่เล็กกว่า จนเกิดอากาศแบบเทอบิวเล็นท์ (Turbulent) ซึ่งจะเรียกลักษณะการเกิดแบบนี้ว่า เวนทูรี แอฟเฟ็ค (venturi effect) ดังรูปที่ 2-7(7)
8. ผลของอากาศร้อนในอาคารที่ลอยตัวสูงขึ้นทำให้ดึงดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาแทนที่ เรียกว่า สแต็ค แอฟเฟ็ค (stack effect) ดังรูปที่ 2-7(8)
9. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านวัตถุทึบตัน จะปรากฏพื้นที่ที่มีความดันต่ำบริเวณด้านข้างหรือขนานกับทิศทางลม เรียกว่า พื้นที่เงาของลม (wind shadow) ซึ่งมีศักยภาพการไหลเวียนของกระแสอากาศน้อย ดังรูปที่ 2-7(9)
10. กระแสลมจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความดันอากาศเท่ากันได้ เรียกว่า ปรากฏการณ์สมดุลความดัน (pressure equalization) ดังรูปที่ 2-7(10)



รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการไหลของอากาศรูปแบบต่างๆ (ที่มา: Bowen, cited in Moore, 1993:178.)

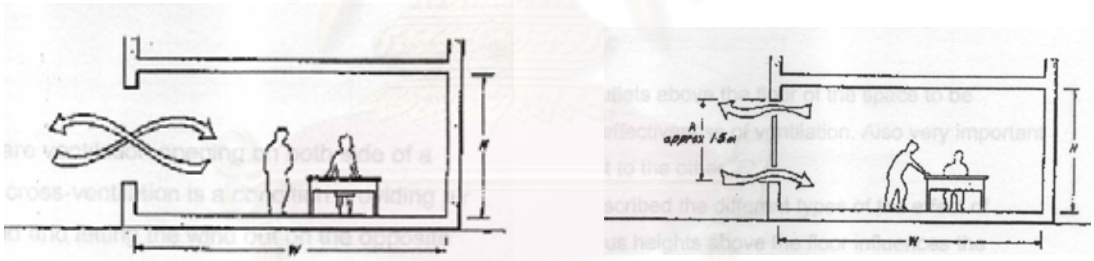
2.3.2.3 รูปแบบการไหลของอากาศผ่านอาคาร

เมื่อมีกระแสลมพัดผ่านอาคาร จะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันอากาศด้านปะทะลม ด้านข้างและด้านใต้ลม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของลมจากด้านปะทะลมที่มีความกดอากาศสูงสู่ด้านข้างและด้านใต้ลมที่มีความกดอากาศต่ำกว่า แต่เนื่องจากพฤติกรรมของลมที่คงรักษาแนวทางการเคลื่อนที่เดิม ดังนั้นหากมีการเจาะช่องเปิดในด้านที่ตรงกับแนวทางการเคลื่อนที่ของลม ก็จะทำให้ลมสามารถเคลื่อนที่ไปยังด้านใต้ลมซึ่งมีความดันอากาศต่ำได้ง่ายขึ้น เกิดการระบายอากาศธรรมชาติ (natural ventilation) ภายในอาคารในรูปแบบต่างๆ โดยทั่วไปมี 3 ลักษณะ ได้แก่

1. **การระบายอากาศด้านเดียว** (Single-side ventilation)

เป็นการระบายอากาศจากช่องเปิดเดียวกันหรือช่องเปิดหลายช่องเปิดในผนังเดียวกัน ซึ่งวิธีนี้ความดันลมจะไม่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศหรือเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะความกดอากาศภายนอกและภายในใกล้เคียงกันและเป็นความกดอากาศสูงทั้ง 2 ด้าน มี 2 ลักษณะ ดังนี้

- **Single-side single opening** อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสร้างให้เกิดแรงขับเคลื่อนของอากาศจากภายนอกสู่ภายในอาคารในลักษณะวกกลับ วิธีการเช่นนี้จะทำให้เกิดการระบายอากาศในระยะไม่ลึกมากนักโดยทั่วไปห้องไม่ควรกว้างเกิน 2.5 เท่าของความสูง ดังรูปที่ 2-8 (ภาพขวา)

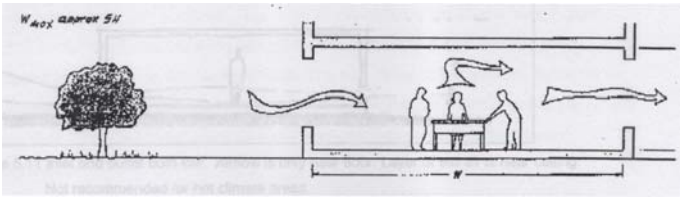


รูปที่ 2-8 แสดงลักษณะการระบายอากาศด้านเดียวแบบ single-side single opening (ภาพซ้าย)และแบบ single-side double opening (ภาพขวา) (ที่มา: BRE digest 399, cited in Sutthipong Boonyou,1999:60,61)

- **Single-side double opening** ประกอบด้วยช่องเปิดในระดับความสูงแตกต่างกัน ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารและระดับช่องเปิดที่ต่างกันทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนของอากาศจากภายนอกสู่ภายในอาคาร วิธีการเช่นนี้ทำให้เกิดการระบายอากาศในระยะไม่ลึกมากนักโดยทั่วไปห้องไม่ควรกว้างเกิน 2.5 เท่าของความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ดังรูปที่ 2-8 (ภาพซ้าย)

2. **การระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด** (Cross ventilation)

เป็นการระบายอากาศที่เกิดขึ้นเมื่อมีช่องเปิด 2 ด้านของพื้นที่ โดยอากาศจะเคลื่อนที่เข้าสู่อาคารทางช่องเปิดด้านปะทะลมและออกสู่ภายนอกอาคารทางช่องเปิดด้านตรงข้าม ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความดันอากาศเนื่องจากกระแสลมระหว่างช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก โดยระยะห่างระหว่างช่องเปิดลมเข้าและลมออกที่ทำให้เกิดการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอดที่มีประสิทธิภาพต้องไม่มากกว่า 5 เท่าของความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด (cross ventilation) (ที่มา:BRE digest 399, cited in Sutthipong Boonyou,1999:62)

3. **การระบายอากาศโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ** (Stack ventilation)

เป็นการระบายอากาศที่อาศัยแรงขับเคลื่อนจากความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคารที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร โดยอากาศภายในอาคารจะลอยตัวขึ้นสู่ระดับที่สูงกว่าทำให้อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำจะเคลื่อนที่เข้าแทนที่ ดังนั้นการระบายอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิจึงต้องอาศัยช่องเปิดลมเข้าในระดับต่ำและช่องเปิดลมออกในระดับสูง โดยประสิทธิภาพของการระบายอากาศในลักษณะนี้จะแปรผันตามความแตกต่างของความสูงและความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่องเปิดลมเข้าและลมออก

2.3.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคาร

การไหลเวียนกระแสลมในอาคารขึ้นอยู่กับแรงขับเคลื่อนและความต้านทานต่อการไหลเวียนตลอดแนวทางการพัดผ่าน ซึ่งเป็นผลจากส่วนประกอบต่างๆ ทางสถาปัตยกรรม พอสรุปได้ดังนี้

1. **ช่องเปิด**

ช่องเปิดเป็นองค์ประกอบที่ควบคุมการไหลเวียนของกระแสลมที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด ตำแหน่ง ขนาด ความสูง และชนิดที่แตกต่างของหน้าต่างเมื่อใช้เป็นช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกทำให้เกิดรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารที่แตกต่างและทำให้เกิดทางเลือกในการควบคุมทิศทางและระดับของแนวการพัดผ่าน

- **การวางตำแหน่งของช่องเปิด** จากการศึกษาของ Givoni พบว่ากระแสลมที่พัดมาทำมุม 45 องศาจากแนวตั้งฉากจะเพิ่มความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารและกระแสลมสามารถกระจายทั่วท้องอาคารได้ดีกว่ากระแสลมที่พัดมาในแนวตั้งฉาก เนื่องจากทำให้เกิดพื้นที่เงาลมเป็นบริเวณกว้าง ความดันอากาศต่ำบริเวณช่องเปิดลมออกจะทำให้เกิดแรงดูดที่มากกว่าส่งผลให้กระแสลมภายในอาคารมีเคลื่อนที่เร็วขึ้น ดังรูปที่ 2-10

รูปที่ 2-10 แสดงขอบเขตของพื้นที่เงาลมเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางตั้งฉากและทำมุม 45 องศากับอาคาร (ที่มา: Koenigsberger, cited in Sutthipong Boonyou,1999:71)

นอกจากนี้ Givoni ยังพบอีกว่า กระแสลมที่ทำมุมเฉียงกับอาคารจะทำให้กระแสลมภายในอาคารสูงขึ้นเฉพาะกรณีที่ช่องเปิดลมเข้าอยู่ด้านตรงข้ามกับช่องเปิดลมออกเท่านั้น ส่วนในกรณีที่ช่องเปิดลมเข้าอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับช่องเปิดลมออก จะให้ผลในทางตรงกันข้าม คือ เมื่อกระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับช่องเปิดลมเข้าจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในจะสูงกว่ากรณีที่กระแสลมพัดมาทำมุมเฉียง 45 องศากับช่องเปิดทางเข้า ดังตารางที่ 2-6

Inlet width	Outlet width	Windows in opposite walls		Windows in adjacent walls	
		Wind perpend	Wind oblique	Wind perpend	Wind oblique
1/3	1/3	35	42	45	37
1/3	2/3	39	40	39	40
2/3	1/3	34	43	51	36
2/3	2/3	37	51	-	-
1/3	3/3	44	44	51	45
3/3	1/3	32	41	50	37
2/3	3/3	35	59	-	-
3/3	2/3	36	62	-	-
3/3	3/3	47	65	-	-

ตารางที่ 2-6 แสดงผลกระทบของตำแหน่งหน้าต่างและทิศทางกระแสลมต่อค่าความเร็วลมเฉลี่ย (ร้อยละของความเร็วลมภายนอก)(ที่มา: Givoni.,1969:261)

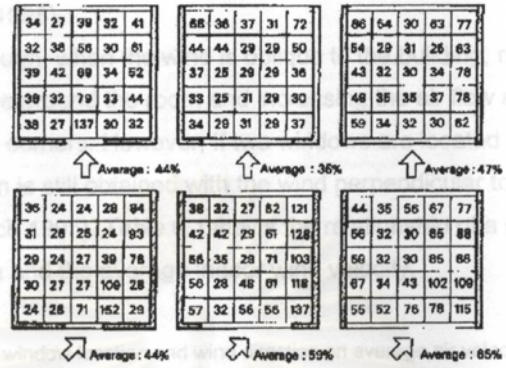
ทั้งนี้เนื่องจาก ในกรณีที่ช่องเปิดทางเข้าออกไม่ตรงกัน อากาศจะถูกบังคับให้หันเหทิศทาง แนวการไหลของกระแสลมภายในจะพยายามไหลตามทิศทางที่จะเป็นการไหลเดิมโดยแรงเฉื่อย และเมื่อวกกลับด้วยแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดัน วิธีการไหลแบบนี้จะเกิดขึ้นได้อีก ในเมื่อมีสิ่งอื่นๆมาประกอบทางเข้าหรือออกของอากาศ

ดังนั้นการเปิดช่องเปิดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องเปิดทางลมเข้าบริเวณที่เกิดความกดดันอากาศสูงและเปิดช่องลมออกบริเวณที่เกิดความกดดันอากาศต่ำ นั่นคือจะต้องวางตำแหน่งช่องเปิดให้ทางลมเข้าอยู่ตรงข้ามกับทางลมออก

สำหรับภูมิภาคที่กระแสลมเปลี่ยนทิศระหว่างกลางวันและกลางคืนหรือระหว่างฤดู ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับช่องเปิดควรจะตอบสนองกับทิศทางกระแสลมระหว่างช่วงเวลาที่ความเร็วลมต่ำที่สุดและบ่อยที่สุดระหว่างช่วงเวลากลางคืน

- **ขนาดของช่องเปิด** เป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดความเร็วลมภายในห้อง จากการศึกษาของ Givoni พบว่า ในห้องที่เกิดการพัดผ่านของลม ขนาดของช่องเปิดทั้งช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกจะมีอิทธิพลต่อความเร็วลมภายในห้อง โดยยิ่งช่องเปิดลมเข้าลมออกมีขนาดใหญ่ขึ้น ความเร็วลมภายในห้องจะยิ่งสูงขึ้น ไม่ว่าลมจะพัดมาในทิศตั้งฉากหรือทำมุมเฉียงกับช่องเปิดลมเข้า ดังตารางที่ 2-7 และเมื่อใช้ช่องเปิดลมเข้าขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดลมออกจะทำให้เกิดการไหลเวียนของลม

มากในทางตรงกันข้ามเมื่อช่องเปิดลมเข้ามีขนาดเล็กกว่าช่องเปิดลมออกความเร็วลมภายในอาคารจะลดลง และจะมีความเร็วลมใกล้เคียงกันเมื่อขนาดช่องเปิดลมเข้าเท่ากับช่องเปิดลมออก ดังตารางที่ 2-8



รูปที่ 2-11 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายนอกและภายในห้องเมื่อช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกมีขนาดต่างๆกัน (ที่มา: Givoni, cited in Sutthipong Boonyou,1999:71)

อย่างไรก็ตามในหน้าร้อนกระแสลมที่มีความเย็นที่มีความเร็วยังพอจะมีความสำคัญมากกว่าปริมาณการไหลเวียนของแระแสลมภายใน การใช้ช่องเปิดทางลมเข้าที่เล็กและช่องเปิดทางลมออกใหญ่ (venturi effect) ความเร็วลมภายในบริเวณช่องเปิดทางลมเข้าจะมากที่สุด การเพิ่มความเร็วลมภายในอาคารใช้เปรียบเทียบความเร็วจากช่องทางออก

Direction of the wind	Width of window		
	1/3	2/3	3/3
Perpendicular to window	13	13	16
Oblique in front	12	15	23
Oblique from rear	14	17	17

ตารางที่ 2-7 แสดงผลกระทบขนาดหน้าต่างในห้องซึ่งไม่มีการพัดผ่านตลอดของกระแสลมต่อความเร็วลมเฉลี่ย (ร้อยละต่อความเร็วลมภายนอก) (ที่มา: Givoni, 1969:262)

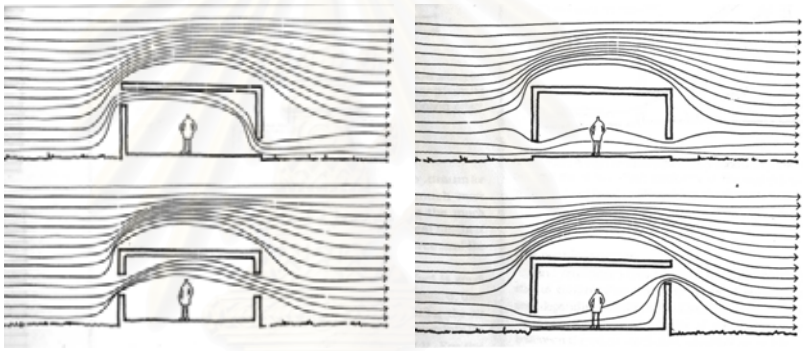
Wind direction	Outlet size	Inlet size					
		1/3		2/3		3/3	
		Av.	Max.	Av.	Max.	Av.	Max.
Perpendicular	1/3	36	65	34	74	32	49
	2/3	39	131	37	79	36	72
	3/3	44	137	35	72	47	86
oblique	1/3	42	83	43	96	42	62
	2/3	40	92	57	133	62	131
	3/3	44	152	59	137	65	115

ตารางที่ 2-8 แสดงผลกระทบของขนาดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกซึ่งมีการพัดผ่านตลอดของกระแสลมต่อความเร็วลมเฉลี่ยและความเร็วลมสูงสุด (ร้อยละต่อความเร็วลมภายนอก) (ที่มา: Givoni, 1969:263)

- **ตำแหน่งความสูงของช่องเปิด**

ความสูงของช่องเปิดลมเข้าเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดระดับของแนวการไหลเวียนของลมภายในอาคาร โดยระดับความสูงช่องเปิดที่เหมาะสมควรจะสัมพันธ์กับระดับร่างกาย(มาลินี ศรีสุวรรณ, 2543) ช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกที่อยู่ในระดับใกล้ฝ้าเพดานแม้จะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารสูงกว่าแต่การไหลเวียนของลมจะเกิดเหนือพื้นที่ใช้งาน ในขณะที่ช่องเปิดลมเข้าและออกในระดับพื้นแม้จะมีความเร็วลมที่ต่ำกว่าแต่การไหลเวียนของลมจะใกล้เคียงกับพื้นที่ใช้งานมากกว่า

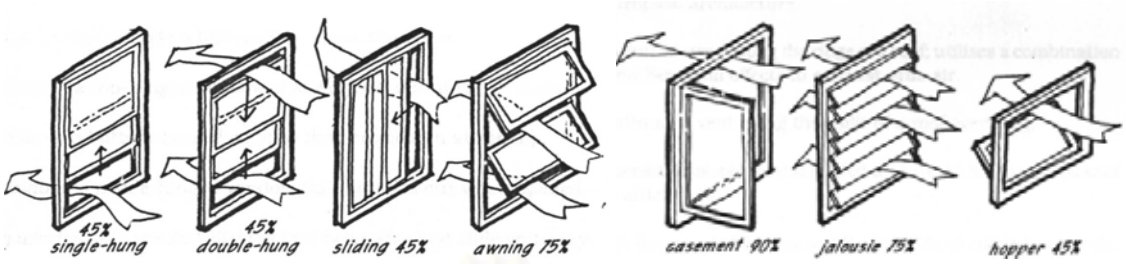
ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อช่องเปิดอยู่สูงขึ้นแนวผนังด้านหน้าที่ปะทะลมจะเกิดแรงดันขึ้น ซึ่งจะมีขนาดเพิ่มมากขึ้นตามความสูง ประกอบกับความเร็วลมของลมด้านนอกจะมีค่าสูงขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ลมภายในห้องเร็วและแรงขึ้นกว่าช่องเปิดที่อยู่ใกล้พื้นดิน โดยช่องเปิดลมเข้าอยู่ในระดับต่ำและช่องเปิดลมออกอยู่ในระดับสูงจะทำให้การไหลเวียนของลมอยู่ในระดับพื้นที่ใช้งานได้ ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 แสดงการเบี่ยงเบนของกระแสลมเนื่องจากตำแหน่งความสูงของช่องเปิด (ที่มา: Bowen, cited in Moore, 1993:184.)

- **ชนิดของช่องเปิด**

ชนิดของหน้าต่างที่แตกต่างกันเมื่อนำมาใช้เป็นช่องเปิดลมเข้าจะส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งจะเป็นทางเลือกสำคัญในการควบคุมทิศทางและระดับของแนวการไหลเวียนของลม ชนิดของหน้าต่างที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หน้าต่างบานเลื่อน (slide window) ทั้งแบบเลื่อนด้านข้าง และเลื่อนขึ้นทางตั้ง กระแสลมจะผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อยกว่า 50% หน้าต่างบานเปิด (pivot hung window) ทั้งแบบมีจุดหมุนอยู่ตรงกลางทางนอน (horizontal center pivot hung window) เมื่อเปิดทำมุม 22 องศา จะทำให้อากาศผ่านเข้ามา 100% สำหรับหน้าต่างกว้าง 1.20 เมตร และสูง 1.60 เมตร สำหรับพื้นที่ห้อง 0.66 ตารางเมตร ในขณะที่หน้าต่างแบบที่มีจุดหมุนอยู่ตรงกลางทางตั้ง (vertical centre pivot hung window) เมื่อเปิดทำมุม 22 องศาเช่นกันจะทำให้กระแสลมลดลง 40%เมื่อเปรียบเทียบกับแบบมีจุดหมุนอยู่ตรงกลางทางนอนเช่นเดียวกับหน้าต่างแบบมีจุดหมุนอยู่ด้านข้าง (side pivot hung window) ส่วนหน้าต่างแบบมีจุดหมุนอยู่ด้านบน (top/bottom-pivot hung window) จะมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดโดยกระแสลมจะลดลง 35% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบมีจุดหมุนอยู่ตรงกลางทางนอน

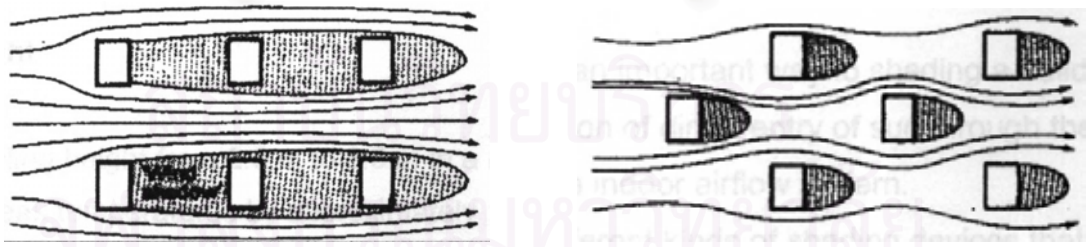


รูปที่ 2-13 แสดงประสิทธิภาพในการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดชนิดต่างๆ (ที่มา: Moore, 1993:193.)

2. รูปทรงอาคาร

รูปทรงที่มีประสิทธิภาพในการรับกระแสลมได้ดีควรมีพื้นที่รับกระแสลมได้มากและถ่ายเทออกได้สะดวก ซึ่งจากการศึกษาสัดส่วนของรูปทรงอาคารเปรียบเทียบระหว่างรูปด้านสกัดและรูปด้านยาวของ Victor Olgvay พบว่ารูปทรงอาคารในเขตร้อนชื้นควรเป็น 1:3

อาคารที่กระแสลมพัดผ่าน จะทำให้เกิดบริเวณกดต่ำ (ความดันอากาศต่ำ) ขึ้นทางด้านประชิดของด้านปะทะลม และทางด้านใต้ลมเนื่องจากลมไหลข้ามไป ซึ่งบริเวณความกดต่ำจะมีเนื้อที่ค่อยๆ น้อยลงตามระยะห่าง อันเกิดจากการที่อากาศค่อยๆเข้ามาแทนที่ตามลำดับ โดยระยะห่างของช่วงความกดต่ำนี้ จนถึงบริเวณที่อากาศเริ่มเข้ามาแทนที่ จะใช้ระยะประมาณ 2 เท่าของความสูงและลมจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วเดิมก่อนผ่านอาคาร จะใช้ระยะประมาณ 7 เท่าของความสูง ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Koenigsberver ที่พบว่าระยะระหว่างอาคารจะต้องมากกว่า 6 เท่าของความสูง โดยพื้นที่ในกรณีของอาคารเรียงแถวเป็นตาราง พื้นที่เงาลมจะซ้อนทับกัน แต่ถ้ากลุ่มอาคารมีการเรียงแถวแบบสลับฟันปลา การไหลเวียนของกระแสลมจะไม่เป็นรูปแบบ และพื้นที่เงาลมจะถูกจำกัดให้แคบลง



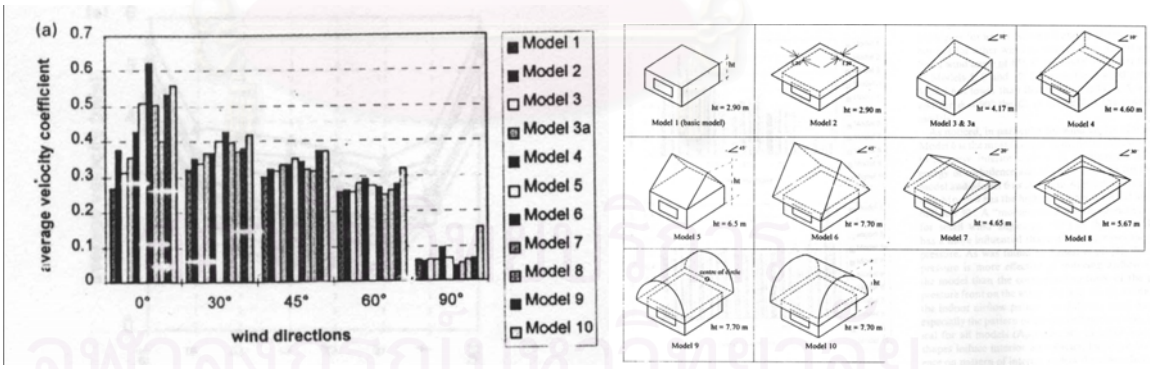
รูปที่ 2-14 ลักษณะของพื้นที่เงาลมที่เกิดจากการวางอาคารในลักษณะต่างๆ (ที่มา: Sutthipong Boonyou,1999:83)

แต่จากการศึกษาของ Evan พบว่าระยะระหว่างอาคารที่เหมาะสมควรประมาณ 5 เท่าของความสูงของอาคารด้านปะทะลม และได้ประมาณค่าขอบเขตของพื้นที่เงาลมเพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมในการวางกลุ่มอาคารที่ซ้อนกัน พบว่าระยะห่างจะขึ้นอยู่ความสูงของอาคาร รูปทรงหลังคา ความกว้างและความลึกของอาคาร ดังตารางที่ 2-9

รูปทรงอาคาร			ความยาวของพื้นที่อับลม (XH) ความยาวของอาคาร (L)					ทิศทางของลม
ความกว้าง (W)	ความสูง (H)	มุมเงยหลังคา(องศา)	2A	4A	8A	16A	24A	
A	A	0	2 1/2	3 3/4	5 1/4	8	8 3/2	
2A	A	0	2	2 3/4	3 3/4	6	7	
3A	A	0	2 1/4	3 1/4	4 1/2	5 3/4	5 1/2	
A	2A	0	5 1/4	8 1/4	11 3/4	16 1/4	18	
A	3A	0	6 3/4	11 1/2	16 1/2	18 3/4	20 3/4	
2A	2A	45	2 3/4	5 1/4	9 1/4	13 1/4	15	
2A	1.6A	30	3	4	6 3/4	10	13	
2A	1.5A	15	3	5 1/4	8 1/4	11 1/2	14 1/2	
2A	1.5A	15	2 1/2	4 1/2	6 1/2	11	13 3/4	

ตารางที่ 2-9 แสดงความยาวของเงาลม โดยพิจารณาจากความสูง ความกว้างและความยาวของอาคาร (ที่มา: Evans, 1959)

นอกจากนี้รูปทรงของอาคารยังมีผลต่อความเร็วลมภายในอาคารอีกด้วย จากการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงหลังคาต่อการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารของ Kindangen,.Krauss และ Depecker โดยทำการทดสอบห้องจำลองที่ประกอบด้วยช่องเปิด 2 ด้านตรงข้ามกันกับหลังคาในหลายๆ รูปแบบ พบว่า สำหรับหลังคาที่มีรูปแบบเหมือนกันความเร็วลมภายในอาคารจะแปรผันตามกับความสูงหลังคาเมื่อกระแสลมพัดมาทำมุมในช่วงระหว่าง 0 ถึง 30 องศากับด้านปะทะลม และจะแปรผกผันเมื่อกระแสลมพัดมาทำมุมในช่วงระหว่าง 60 ถึง 90 องศากับด้านปะทะลม

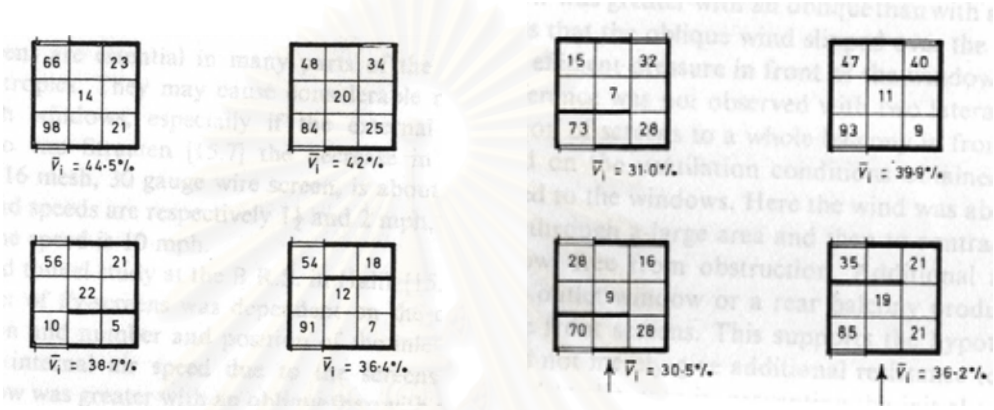


รูปที่ 2-15 แสดงอิทธิพลของรูปทรงหลังคาต่อความเร็วลมภายในห้อง (ที่มา: Kindangen, Krauss and Depecker,1996:3,4)

ในกรณีที่ความสูงของหลังคาเท่ากัน รูปแบบหลังคาทรงจั่วจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารสูงสุดเมื่อกระแสลมพัดมาทำมุมระหว่าง 0 ถึง 30 องศา และรูปแบบหลังคาครึ่งวงกลมจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารสูงสุดเมื่อกระแสลมพัดมาทำมุมระหว่าง 60 ถึง 90 องศา และหลังคาทรงปิรามิดจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดในทุกทิศทาง

3. องค์ประกอบภายใน

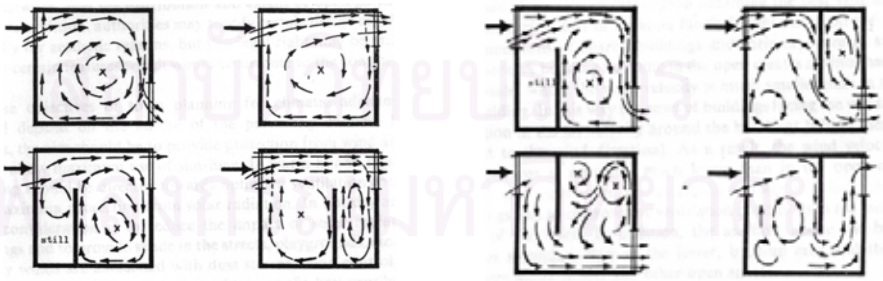
โดยปกติช่องเปิดที่ผนังอาคารทั้งช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกจะสร้างความต้านทานต่อการไหลเวียนของกระแสลม ซึ่งจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารต่ำกว่าภายนอก ดังนั้นเมื่อกระแสลมผ่านเข้ามาในอาคารที่มีผนังกั้นระหว่างช่องเปิดลมเข้าและลมออก ก็จะเป็นการเพิ่มความต้านทาน ซึ่งความต้านทานที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารลดลงอีก ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดผนังภายในซึ่งลมพัดผ่าน



รูปที่ 2-16 แสดงความเร็วลมภายในต่อความเร็วลมภายนอกเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ

(ที่มา: Givoni.,1969:273)

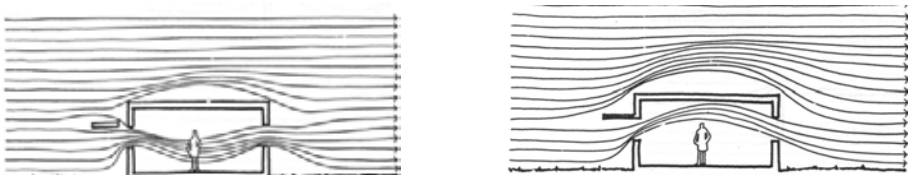
การจัดวางองค์ประกอบภายใน ได้แก่ ผนังภายใน นอกจากจะทำให้เกิดความต้านทานซึ่งทำให้อัตราการไหลเวียนของกระแสลมน้อยลงแล้ว ยังเป็นตัวเปลี่ยนทิศทางและกระจายกระแสลมให้เกิดขึ้นในตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยผนังกั้นที่อยู่ใกล้ช่องเปิดทางลมเข้ามาก ก็จะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมได้มาก (มาลินี ศรีสุวรรณ,2543) ดังนั้นขนาดและตำแหน่งของผนังภายในจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องพิจารณา เพราะหากกระแสลมที่ผ่านผนังภายในแต่ข้ามผ่านพื้นที่ใช้งานก็จะทำให้การระบายอากาศบริเวณพื้นที่ใช้งานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร



รูปที่ 2-17 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบการวางผนังภายในตำแหน่งต่างๆ(ที่มา: Givoni.,1969:274)

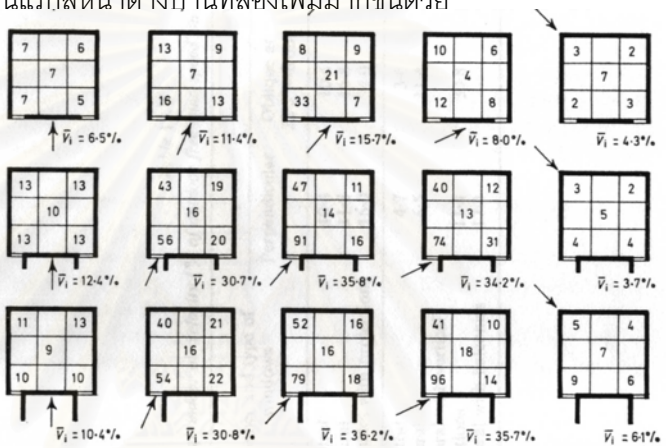
4. องค์ประกอบภายนอก

ลักษณะของลมที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารจะแตกต่างกันตามองค์ประกอบช่องเปิด เช่น กันสาด ส่วนยื่น แผงกันแดด เป็นต้น โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะมีอิทธิพลสูงสุดเมื่อยู่ใกล้ช่องเปิดลมเข้า ซึ่งรูปแบบองค์ประกอบทางตั้งและทางนอนจะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมที่ไม่เหมือนกัน



รูปที่ 2-18 แสดงทิศทางการไหลของอากาศเปรียบเทียบลักษณะกันสาดแบบต่างๆ(ที่มา: Bowen, cited in Moore, 1993:184.)

ในกรณีของการระบายอากาศด้านเดียว การใช้แผงกำบังทางตั้งระหว่างช่องเปิดสองช่อง จะทำให้เกิดความแตกต่างความดันอากาศระหว่างความดันอากาศสูงด้านหน้าแผงกำบังสำหรับหน้าต่างด้านปะทะลมและเกิดความดันอากาศต่ำด้านหลังแผงกำบังของหน้าต่างด้านตรงข้ามกัน ทำให้เกิดแรงดูดจากหน้าต่างบานแรกส่หน้าต่างบานที่สองเพิ่มมากขึ้นด้วย



รูปที่2-19 แสดงความเร็วลมภายในต่อความเร็วลมภายนอกในทิศทางต่างๆเปรียบเทียบการใช้แผงดักลมลักษณะต่างๆ (ที่มา: Givoni.,1969:267)

นอกจากนี้ชายคาของอาคารยังมีผลต่อความเร็วลมภายในอาคารอีกด้วย ซึ่งจากการศึกษาอิทธิพลของชายคาต่อการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารของ Kindangen, Krauss และ Depecker โดยทำการทดสอบห้องจำลองที่ประกอบด้วยช่องเปิด 2 ด้านตรงข้ามกันกับชายคาในหลายๆ รูปแบบ พบว่า สำหรับหลังคาที่มีส่วนยื่นเท่ากัน ชายคาของหลังคาแบบแบนราบจะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 39% เมื่อกระแสลมตั้งฉากกับช่องเปิดด้านปะทะลมจะลดลงเมื่อกระแสลมพัดทำมุมเฉียงเพิ่มขึ้นและเป็นจริงสำหรับทุกรูปแบบชายคาด้วย

2.3.3 การประเมินการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร

2.3.3.1 การประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการคำนวณ

การประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการคำนวณเป็นวิธีการประมาณอัตราการไหลเวียนกระแสลมที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนักมีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้มี 2 วิธี ได้แก่

1. The British standard method เป็นการประมาณอัตราการไหลเวียนของกระแสลมทั้งการรั่วไหลของอากาศ (infiltration) การไหลเวียนอากาศด้านเดียว (single-side) และการไหลเวียน

อากาศผ่านตัวอาคาร (cross ventilation) วิธีการคำนวณจะเน้นที่การไหลของอากาศเนื่องจากแรงลมและจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งไม่รวมถึงอิทธิพลของรูปทรงและลักษณะผนังภายในอาคาร สูตรคำนวณปรากฏ ดังนี้

$$Q = K A V$$

เมื่อ Q = ปริมาณลม ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง

K = ค่าคงที่ของอัตราส่วนของช่องลมเข้าและออก

A = พื้นที่ทางเข้า เป็นตารางฟุต

V = ความเร็วลม ฟุตต่อชั่วโมง

อัตราส่วนของช่องลมเข้าและออก	K
1:1	3150
2:1	4000
3:1	4250
4:1	4350
5:1	4400
3:4	2700
1:2	2000
1:4	1100

ตารางที่ 2-10 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนแปลง (ที่มา: Olgyay,1992:104)

2. The Aynsley method เป็นวิธีที่เหมาะกับกรณีของการไหลเวียนกระแสลมผ่านตัวอาคาร (cross ventilation) โดยถือว่าช่องเปิดมี 2 ช่องอยู่ด้านตรงข้ามกัน แต่ต้องใช้ค่า Cp1 และ Cp2 หรือค่าสัมประสิทธิความดันอันเนื่องมาจากการกระทำของแรงลมในแต่ละด้าน โดยเขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$Q = \sqrt{\frac{Cp1 - Cp2}{\frac{1}{A^2_1 Cd^2_1} + \frac{1}{A^2_2 Cd^2_2}}} * V$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเวียนของกระแสลม (m^3/s)

Cp1 = ค่าสัมประสิทธิ์ความดันด้านลมเข้า

Cp2 = ค่าสัมประสิทธิ์ความดันด้านลมออก

Cd_1 = ค่าสัมประสิทธิ์ช่องลมเข้า (discharge coefficients)

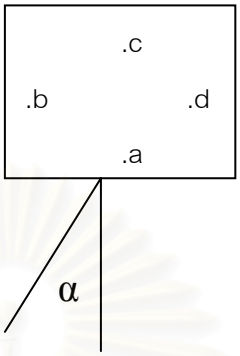
Cd_2 = ค่าสัมประสิทธิ์ช่องลมออก (discharge coefficients)

A_1 = พื้นที่ช่องลมเข้า (m^2)

A_2 = พื้นที่ช่องลมออก (m^2)

V = ความเร็วลมภายนอก (mps)

โดยค่า Cd_1 และ Cd_2 จะขึ้นอยู่กับความกว้างและลึกของช่องเปิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วให้ใช้ค่า 0.6 แทนลงไปในสมการได้เลย ส่วนค่า Cp_1 และ Cp_2 สามารถดูได้จากตารางที่ 2-11



มุม α ที่ลมกระทำ	ค่า Cp ที่ a	ค่า Cp ที่ b	ค่า Cp ที่ c	ค่า Cp ที่ d
0.0	0.40	-0.40	-0.20	-0.40
22.5	0.40	-0.06	-0.40	-0.60
45.0	0.25	0.25	-0.40	-0.45
67.5	0.06	0.30	-0.55	-0.40
90	0.40	0.40	-0.40	-0.25

ตารางที่ 2-11 ค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศต่างๆ (ที่มา: Allard, 1998:127)

เมื่ออาคารไม่เป็นไปตามรูปร่างที่กำหนดให้ไว้ให้ใช้ค่า Cp1 เท่ากับ 0.4 ส่วนค่า Cp2 เท่ากับ –0.25 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดจากอาคารรูปร่างต่างๆ สำหรับช่องลมออกของหลังคาให้ใช้ค่า Cp2 เท่ากับ –0.30

จะเห็นได้ว่าค่า Cp จะขึ้นอยู่กับมุมที่ลมกระทำ รูปร่างอาคาร และตำแหน่งของช่องเปิด ดังนั้นวิธีการประมาณอัตราการไหลเวียนของกระแสลมวิธีนี้จะละเอียดกว่าวิธีแรก ผลของการคำนวณที่ได้จึงค่อนข้างจะแม่นยำกว่า การใช้งานจะใช้งานได้กว้างขวางกว่า แต่การคำนวณจะยุ่งยากกว่าวิธีแรก การใช้งานจึงต้องดูถึงจุดประสงค์เป็นหลัก

เนื่องจากการคาดคะเนการไหลเวียนของอากาศจำเป็นต้องอาศัยความรู้ประสบการณ์ และทฤษฎีประกอบเป็นจำนวนมาก การคำนวณแม้จะให้ผลที่รวดเร็วแต่ไม่สามารถให้ข้อมูลที่ครบถ้วนสำหรับการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบได้ การศึกษาโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยเครื่องมือต่างๆ จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยตัดสินใจมากยิ่งขึ้น ดังจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.3.3.2 การประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการจำลองสถานการณ์

ปัจจุบันการประมาณการไหลเวียนกระแสลมด้วยการจำลองสถานการณ์อาศัยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ โต๊ะจำลองของไหล (fluid mapping table) หรือ โต๊ะน้ำ อุโมงค์ลม (wind tunnel) และการคำนวณพลศาสตร์ของไหลโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CFD (computation fluid dynamics) ดังนี้

1. **โต๊ะจำลองของไหล** เป็นอุปกรณ์ทดสอบในลักษณะ 2 มิติ โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองของผังพื้น รูปตัดในมาตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นตัวแทนของกรณีศึกษาและใช้ลักษณะของกระแสน้ำที่ไหลผ่านแบบจำลองเป็นตัวแทนการไหลเวียนของอากาศ เหมาะสมกับการศึกษาในขั้นต้นที่ต้องการทราบลักษณะการไหลเวียนอากาศโดยคร่าว

2. **อุโมงค์ลม** เป็นอุปกรณ์ทดสอบในลักษณะ 3 มิติ โดยอาศัยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติในมาตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นตัวแทนของกรณีศึกษาและปล่อยอากาศหรือควันผ่านแบบจำลองภายในอุโมงค์ลมด้วยความเร็วลมต่างๆ เพื่อเป็นตัวแทนของการไหลเวียนอากาศ จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง เหมาะสมกับการศึกษาลักษณะการไหลเวียนอากาศที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง

3. **การคำนวณพลศาสตร์ของไหล** โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CFD (computational fluid dynamics) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากกฎ และทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล โดยเป็นการคำนวณจากสมการที่ได้รับการยอมรับว่าถูกต้อง จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับอุโมงค์ลม การทดสอบอาศัยการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นตัวแทนของกรณีศึกษา แล้วกำหนดคุณสมบัติต่างๆของอากาศในโปรแกรม โปรแกรมจะทำการคำนวณแล้วแสดงผลลักษณะการไหลเวียนของอากาศ และค่าความเร็วลมที่ต้องการทราบเป็นตัวเลข สี และกราฟิกที่ชัดเจน จึงเหมาะสมทั้งกับการศึกษาที่ต้องการทราบลักษณะการไหลเวียนอากาศอย่างคร่าวๆ และการศึกษาที่ต้องการความแม่นยำสูง

ซึ่งเครื่องมือทั้งสามประเภทมีข้อดี-ข้อเสียรวมทั้งความเหมาะสมกับงานออกแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนที่แตกต่างกัน ดังสรุปในตารางที่ 2-12

คุณสมบัติ	โต๊ะจำลองของไหล	อุโมงค์ลม	การคำนวณพลศาสตร์ของไหล
ความถูกต้องแม่นยำ	ต่ำ	สูง	สูง
ความครบถ้วนของข้อมูล	ต่ำ (เฉพาะรูปแบบการไหลในสองมิติ)	ปานกลาง (ครบถ้วน ยกเว้นอุณหภูมิและความเข้มข้นของก๊าซ)	ครบถ้วน
การสร้างความเข้าใจต่อผลจำลอง	ปานกลาง (ด้วยสีของของเหลวที่ผสมกับน้ำ)	ยาก (ด้วยควันที่ผสมกับอากาศและค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์วัด)	ง่าย (ด้วยกราฟิกสีและเวกเตอร์)
ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ระยะเวลา	สั้น	นาน	ปานกลาง
ความต้องการความรู้พิเศษ	น้อย	ปานกลาง	มาก
ความเหมาะสมกับกระบวนการออกแบบ	ขั้นต้น	ขั้นปลาย	ตั้งแต่ขั้นต้นถึงขั้นปลาย

ตารางที่ 2-12 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศประเภทต่างๆ (ที่มา อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์และคณะ, 2547:8-7)

จากการศึกษาเรื่องกระแสลมกับการระบายอากาศพบว่า การระบายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคาร และรูปแบบการระบายอากาศแต่ละลักษณะก็ให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศในระดับที่แตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการนำการระบายอากาศมาใช้เพื่อทำให้เกิดภาวะน่าสบายในอาคาร ซึ่งจากการศึกษาพบว่า จำเป็นต้องอาศัยรูปแบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอดเพราะทำให้เกิดความเร็วลมสูงสุดภายในอาคาร ส่วนรูปแบบอื่นๆของการระบายอากาศเป็นเพียงส่วนช่วยเสริมให้ระบบระบายอากาศภายในอาคารทั้งหมดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การออกแบบอาคารให้เกิดการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอดจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ คือ ทิศทางกระแสลมภายนอก ช่องเปิด (ตำแหน่ง,ชนิด,ขนาด และความสูง) รูปทรงอาคาร (ระยะระหว่างอาคาร และความสูงของหลังคา) องค์ประกอบภายใน (ตำแหน่งผนังภายใน)และองค์ประกอบภายนอก (รูปแบบชายคาและระยะยื่นชายคา) ซึ่งจำเป็นต้องนำไปวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะการใช้งานขององค์ประกอบในปัจจุบันเพื่อกำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยเน้นการศึกษาปัจจัยในเชิงปริมาณ จำเป็นต้องอาศัยการประเมินปัจจัยด้วยการเปรียบเทียบความเร็วลมภายนอกต่อความเร็วลมภายในอาคาร ซึ่งจากการศึกษาวิธีการประมาณการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารพบว่า การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีความเหมาะสมที่สุด เพราะมีความถูกต้องแม่นยำสูงและสามารถจำลองด้วยแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งให้ข้อมูลครบถ้วนทั้งในเรื่องความเร็วลมและทิศทาง และสามารถดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลองได้ง่าย

2.4 การระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย

เรือนไทยเดิมภาคกลาง (traditional Thai house of the central) หมายถึง เรือนไทยที่สร้างขึ้น ในเขตภาคกลางของประเทศไทย อายุประมาณ 100 –150 ปี มาแล้ว ลักษณะหลังคาทรงสูง มีปั้นลม กันสาด และใต้ถุนสูง (ฤทัย ใจจงรักษ์, 2535:21)

2.4.1 ประเภทของเรือนไทยเดิมภาคกลาง

รศ. ฤทัย ใจจงรัก ได้แบ่งเรือนไทยออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. **เรือนครอบครัวเดี่ยว** เป็นเรือนสำหรับครอบครัวเดี่ยวที่มีสามี ภรรยาและลูก ซึ่งยังไม่แต่งงาน ประกอบด้วยเรือนนอน 1 หลัง เรือนครัว 1 หลัง ระเบียงและชานโล่ง ดังรูปที่ 2-20(1)

2. **เรือนหมู่(สำหรับครอบครัวขยาย)** เรือนหมู่เกิดขึ้นจากเรือนครอบครัวเดี่ยวที่มีการขยายเรือนนอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายขนาดครอบครัวจากครอบครัวเดี่ยวเป็นครอบครัวขยาย (system family) ดังรูปที่ 2-20(2) การขยายเรือนนอนเพิ่ม อาจปลูกเรียงตามยาว จัดวางตัวเรือนเป็นกลุ่มเชื่อมด้วยชาน หรือปลูกเรือนขึ้นใหม่ก็ได้

3. **เรือนหมู่คหบดี** เป็นเรือนที่สร้างขึ้นให้มีขนาดใหญ่โต หรูหรา ดังรูปที่ 2-20(3) เรือนหมู่นี้จะประกอบด้วย เรือนนอนสำหรับเจ้าบ้าน เรือนนอนสำหรับลูกๆ เรือนขวางสำหรับเป็นหอนั่งหรือหอกลาง ซึ่งจะมีฝา 3 ด้าน เรือนครัว หอนกสำหรับเป็นที่แขวนกรงนกเขาเล่น และชานที่มีขนาดกว้างมาก

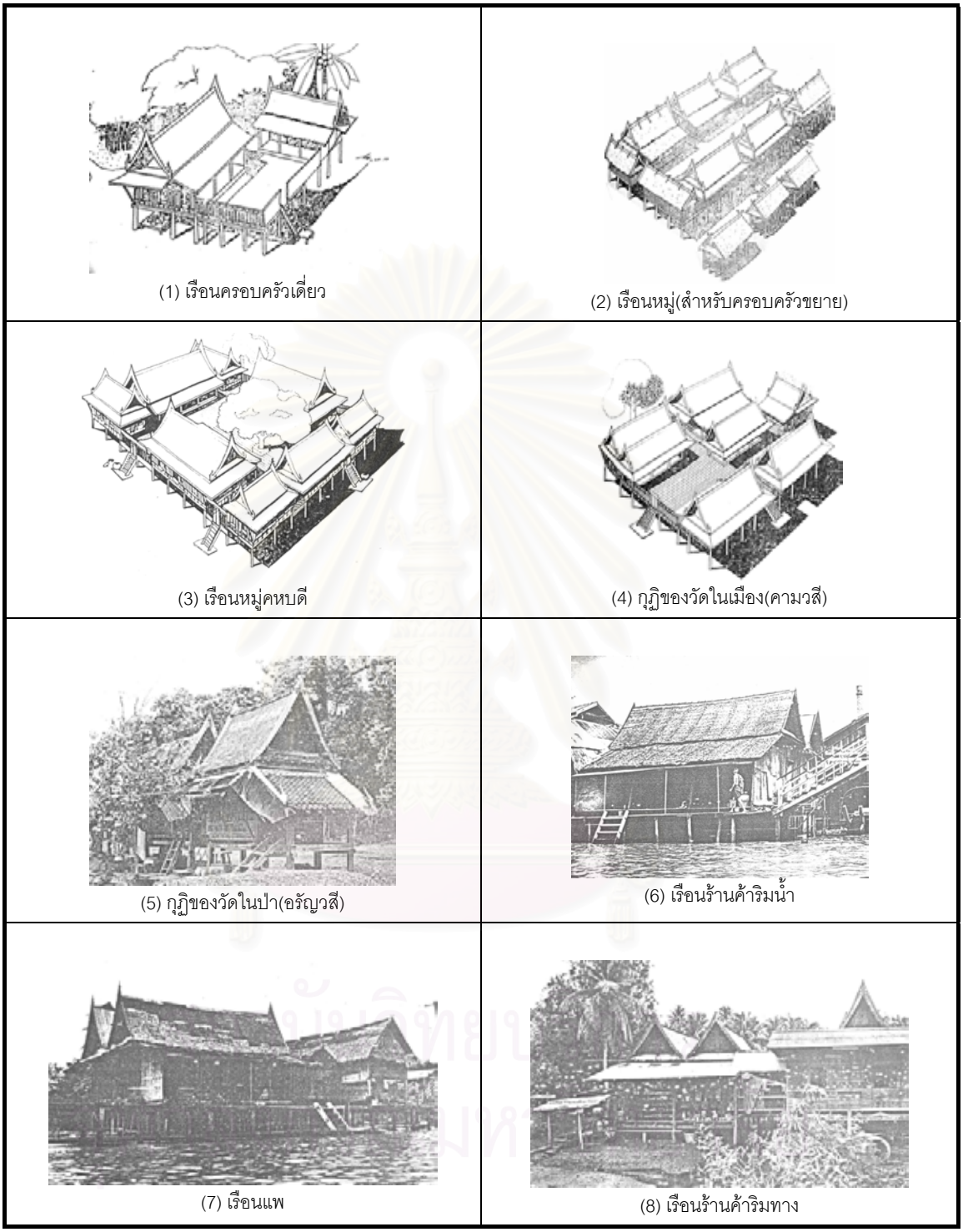
เรือนหมู่คหบดีแม้จะประกอบด้วยกลุ่มเรือนหลายหลังคล้ายคลึงกับเรือนหมู่ครอบครัวขยาย แต่พื้นฐานการปลูกสร้างต่างกัน มีทั้งทยอยกันปลูกสร้างและตั้งใจปลูกขึ้นพร้อมๆกัน โดยกะวางแผนจะมีเรือนอื่นๆ ที่ใช้ประโยชน์นอกเหนือจากความจำเป็นสร้างขึ้นมาโดยผิดจากลักษณะเรือนธรรมดา เช่น หอนั่ง หอนก เรือนโถงพักผ่อน เป็นต้น

4. **กุฏิ** หมายถึง ที่อยู่เฉพาะรูป มีทั้งแบบกุฏิของวัดที่อยู่ใกล้เคียงหรืออยู่ในเมือง (คามาวสี)ซึ่งมีการวางผังและรูปร่างคล้ายเรือนไทยแบบเรือนหมู่ หลังหนึ่งมีห้องนอน 3 ถึง 6 ห้อง จัดวางรวมกันเป็นหมู่หรือเป็นแถว หมู่หนึ่งประมาณ 6 หลัง เชื่อมด้วยชาน มีหอฉันหรือหอสวดมนต์ ตรงกลางหรือริมหนึ่งริมใดของหมู่เรือนก็ได้ นิยมปลูกต้นไม้ใหญ่กลางชาน ดังรูปที่ 2-20(4)และแบบกุฏิของวัดที่อยู่ในป่า(อรัญวาสี) ซึ่งมักเป็นกุฏิหลังเดียวโดดๆ มีระยะห่างจากหลังหนึ่งไปอีกหลังหนึ่งมาก เรียงยาวเป็นระเบียบ ดังรูปที่ 2-20(5)

5. **เรือนร้านค้าริมน้ำ** เป็นเรือนที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นร้านค้าขาย รวมทั้งเป็นที่อยู่อาศัยหลับนอน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหน้าเปิดเป็นร้านค้าวางสินค้ามีที่สำหรับขาย ส่วนหลังเป็นที่อยู่อาศัย ได้แก่ ห้องโถง ห้องนอน เรือนครัว และที่รับประทานอาหาร ดังรูปที่ 2-20(6)

6. **เรือนแพ** คือเรือนร้านที่ลอยน้ำเคลื่อนที่ไปมาได้ รวมทั้งเป็นที่อยู่อาศัยหลับนอน มีลักษณะเหมือนเรือนไทยแฝด หลังในเป็นที่พักผ่อน นอน หลังนอกเป็นร้านค้า ด้านหน้าเป็นระเบียงซึ่งติดกับน้ำ ด้านหลังเป็นครัวและอาหาร ด้านล่างเป็นแพรองรับตัวเรือน ดังรูปที่ 2-20(7)

7. **เรือนร้านค้าริมทาง** เป็นเรือนที่สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการค้าและใช้พักอาศัยมีลักษณะเดียวกับเรือนร้านค้าริมน้ำ มีทั้งแบบเรือนหลังเดียว และ เรือนแฝด ที่ลดระดับพื้นระเบียงให้สูงจากพื้นดินไม่เกิน 2 ศอก เพื่อวางสินค้า หรืออยู่ด้านฝาอุดหน้ากลอง แบบเรือนศาลาโถงซึ่งแยกร้านค้าออกต่างหากจากเรือนนอน ดังรูปที่ 2-20(8)



รูปที่2-20 แสดงประเภทของเรือนไทยเดิมภาคกลาง (ที่มา: ฤทัย ใจจงรัก, 2535)

2.4.2 ลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง

รศ.ฤทัย ใจจงรัก ได้สรุปลักษณะของเรือนไทยเดิมภาคกลางแยกออกไว้เป็นข้อๆ เกี่ยวกับลักษณะของรูปร่างสัดส่วน ลักษณะแปลน และลักษณะโครงสร้าง ดังนี้

1. **รูปร่าง**

- **เป็นเรือนที่ยกพื้นใต้ถุนสูง** สูงจากพื้นดินประมาณพ้นศีรษะ รวมทั้งพื้นชานก็ยกสูงด้วย การยกพื้นใต้ถุนสูงนี้มีระดับลดหลั่นกัน เช่น พื้นของห้องนอนสูง 2.60 เมตร ระเบียงลดระดับลง 0.40 เมตร และพื้นชานลดจากระเบียงอีก 0.40 เมตร เป็นต้น

- **หลังคาทรงสูง ชายคายื่นยาว** หลังคาเรือนไทยเป็นแบบทรงมะลิลา (gable roof) ใช้ไม้ทำโครงและใช้จาก แฝก กระเบื้องดินเผา เป็นวัสดุมุง ทำให้ต้องมีความสูงชันมาก น้ำฝนจึงจะไม่รั่ว และช่วยบรรเทาความร้อนที่ถ่ายเทลงมาส่วนล่าง เรือนครัวมักทำช่องระบายอากาศตรงส่วนบนของหน้าจั่วทั้ง 2 ด้าน เพื่อการถ่ายเทควันไฟ มีกันสาดยื่นออกจากตัวเรือนมากเพื่อป้องกันฝนสาด แดดส่อง

- **ชานกว้าง** ชานเป็นพื้นที่เปิดโล่ง (open space) ทำหน้าที่เชื่อมเรือนนอน เรือนครัวและเรือนอื่นๆเข้าด้วยกัน ระหว่างช่องเว้นห่างของเรือนแต่ละหลัง มีรั้วไม้ เว้นช่องโปร่งเป็นส่วนประสาน ชานจึงสามารถรับแดด และอากาศบริสุทธิ์ ลมพัดผ่านสะดวก พื้นที่ของชานกว้างไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด (ห้อง,ระเบียง,ชาน) และถ้ารวมพื้นที่ของระเบียงเข้าไปด้วยจะเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

พื้นทั้งสองส่วนนี้จัดเป็นพื้นที่ส่วนอาศัยภายนอก (out door living) ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญมากเท่ากับเรือนนอนและเรือนครัว เพราะใช้เป็นที่พักผ่อนภายนอก รับแขก จัดงานประเพณีอันเกี่ยวเนื่องจากคตินิยมทางศาสนา เรือนหมู่หรือกุฏิบางหลังปลูกต้นไม้ใหญ่ไว้กลางชาน ปลูกไม้กระถาง เลี้ยงสัตว์ ทำให้บรรยากาศของชานร่มเย็นและเป็นที่ให้ความสำราญแก่ผู้อยู่อาศัยอีกทางหนึ่งด้วย

2. **แปลน**

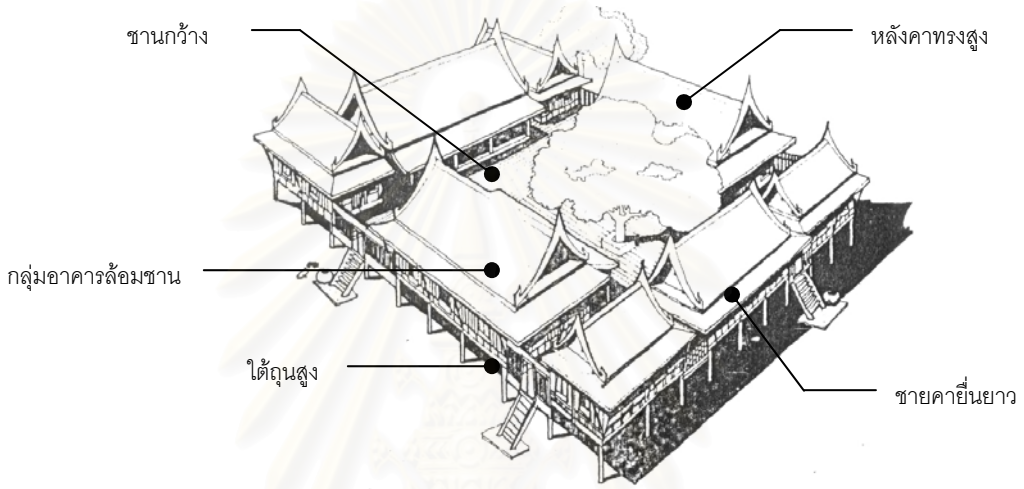
- **ลักษณะการวางผังและแปลนเรือนไทย** โดยทั่วไปไม่คำนึงถึงทิศทางลมเท่าใดนัก แต่นิยมวางเรือนไปตามสภาพท้องถิ่น สิ่งแวดล้อม เช่น อยู่ริมน้ำ ลำคลอง ตัวเรือนก็วางยาวไปตามลำน้ำด้วย หรืออยู่ริมถนน ก็วางตัวเรือนยาวไปตามถนน และตำแหน่งของผังเรือนขึ้นกับความเชื่อถือไสยศาสตร์เป็นหลักใหญ่ เช่น นิยมหันจั่วไปทางเดียวกันทั้งหมู่บ้านเพราะหากจั่วบ้านใดขวางบ้านหลังอื่นจะถือว่าขัดลาภกัน หรือนิยมหันหัวนอนไปทางทิศใต้และเอาปลายเท้าไปทางทิศเหนือ โดยไม่นิยมหันหัวนอนไปทางทิศตะวันตกเพราะเป็นทิศของคนตาย เป็นต้น

- **การจัดกลุ่มของเรือน** นิยมความตรงไปตรงมา แสดงออกถึงความเป็นอยู่อย่างง่ายๆ เว้นตัวเรือนห่างพอชายกันสาดของแต่ละหลังไม่ติดกัน ทำให้เกิดการไหลไป เทมาในที่ว่าง และลมพัดผ่านได้สะดวก

- **เรือนครัว** นิยมแยกจากเรือนนอนต่างหาก ตั้งอยู่ทางใดก็ได้ ต้องการการระบายอากาศ ควัน เขม่าไฟ ที่ดี ทำให้รูปร่าง ลักษณะ การใช้ฝา หน้าจั่วต่างจากเรือนนอน

3. ลักษณะโครงสร้าง

วัสดุโครงสร้างและส่วนประกอบทั้งหมดทำด้วยไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้สัก เว้นแต่โครงสร้างสำคัญที่ต้องรับน้ำหนักจะใช้ไม้อื่นที่แข็งแกร่งกว่า ระบบโครงสร้างเป็นแบบเสากับคาน มีลักษณะล้มสอบบนทั้งสองด้าน คือ ด้านสกัด และด้านยาว ช่วงของระเบียงมีทั้งแบบไม่ลดระดับพื้น โดยใช้รอดตัวเดียวโดยตลอด และแบบลดระดับพื้นโดยแยกรอดเป็น 2 ตัว ตัวหนึ่งรับพื้นห้องนอน อีกตัวรับพื้นระเบียง โครงสร้างพื้นชานเป็นอิสระจากตัวเรือนนอน และเรือนครัว โดยตั้งอยู่ต่างหาก

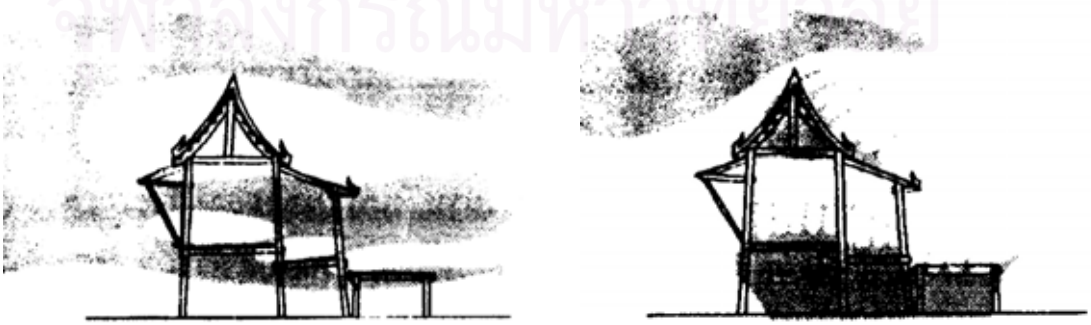


รูปที่ 2-21 แสดงลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง (ที่มา: ฤทัย จงใจรัก,2536:120.)

2.4.3 การระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย

เรือนไทยเดิมนับได้ว่ามีการออกแบบในการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติด้วยวิธีธรรมชาติง่ายๆ และมีเหตุผล โดยให้ตัวอาคารเองปรับสภาพให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความสบาย และยังให้คุณลักษณะที่งดงามในเอกลักษณะเฉพาะตัว ควรถือเอาเป็นตัวอย่างในการออกแบบอาคารในปัจจุบัน

ผู้ที่เคยปลูกเรือนแบบไทยอยู่จะพบว่าเรือนไทยมีการระบายอากาศที่ดีเยี่ยม เพราะการยกพื้นสูงนั้นตัวห้องที่อยู่อาศัยจะมีลักษณะเหมือนถูกห่อด้วยอากาศ นอกจากนี้ การออกแบบเรือนไทยยังมีลักษณะการระบายอากาศมีทางถ่ายเททั้งในแนวดิ่งและแนวขนาน ดังรูปที่ 2-22



รูปที่ 2-22 แสดงลักษณะการระบายอากาศทางขนาน (ภาพซ้าย) และทางดิ่งของเรือนไทย (ภาพขวา)
(ที่มา: โชติ กัลยานมิตร, 2539:118)

ในทางแนวดิ่งนั้นอากาศส่วนที่อยู่ในช่องหลังคาจะมีความร้อนกว่าอากาศในส่วนอื่นๆ ของเรือนไทย โดยธรรมชาติแล้วอากาศร้อนย่อมจะลอยขึ้นสู่เบื้องสูง เพราะเหตุนี้อากาศร้อนในช่องหลังคาจึงจะระบายออกทางช่องว่างของใบจากที่ใช้เป็นวัตถุมุงได้ง่าย อากาศที่เย็นกว่าของส่วนที่เป็นห้องก็จะลอยขึ้นมาแทนที่พร้อมๆกับดูดเอาอากาศที่เย็นในส่วนของใต้ถุนเรือนขึ้นมาทางช่องห่างของแผ่นกระดานปูพื้นในเวลากลางวันที่มีความร้อนมากๆ การถ่ายเทอากาศแบบลูกโซ่ทำนองนี้จึงมีอยู่ตลอดเวลา

ส่วนการระบายอากาศในแนวที่ขนานกับตัวเรือน การปลูกสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นเรือนกลุ่มหลายๆ หลัง เชื่อมด้วยชานบ้านโดยเน้นให้ลมสามารถพัดผ่านได้ทุกๆส่วนของบ้าน เป็นแนวความคิดในการใช้ประโยชน์จากอิทธิพลของการไหลเวียนของกระแสลม เพื่อสร้างความรู้สึกสบายให้กับผู้ใช้อาคาร เพราะนอกจากการไหลเวียนของกระแสลมจะช่วยระบายอากาศร้อนภายในเรือนออกไปได้แล้ว กระแสลมที่พัดผ่านผิวกายยังช่วยให้เกิดความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศอีกด้วย

การมีหลังคาทรงสูงนอกจากจะช่วยระบายน้ำฝน และป้องกันการรั่วซึมของฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการที่มีชายคายื่นยาว เพื่อช่วยลดอิทธิพลความร้อนจากแสงแดดให้กับตัวบ้านแล้วรูปทรงที่สูงชะลูดและมีพื้นที่ด้านปะทะกระแสลมขนาดใหญ่ ส่งผลให้ด้านที่ลมปะทะเกิดแรงกดมหาศาลหรือมีความดันเป็นบวก ประกอบกับลมที่พัดข้ามหลังทรงสูงของเรือนไทยก็ทำให้เกิดแรงดูดมหาศาลหรือมีความดันเป็นลบในด้านอับลม ดังนั้นจึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากด้านที่มีความดันเป็นบวกไปสู่ด้านความดันเป็นลบ ส่งผลให้ความเร็วลมเพิ่มสูงกว่าสภาพลมปกติ

การยกพื้นสูงเป็นใต้ถุน นอกจากจะช่วยหลีกหนีจากน้ำท่วมหรือสัตว์ร้าย ในขณะเดียวกันในช่วงฤดูร้อนเวลากลางวันก็จะใช้ใต้ถุนบ้านเป็นที่พักผ่อนหรือทำงานโดยมีแนวความคิดในการสร้างความรู้สึกสบาย ด้วยการใช้อิทธิพลจากความเย็นของดิน มีตัวบ้านเป็นเครื่องสกัดความร้อนจากด้านบน และมีต้นไม้โดยรอบบริเวณใต้พุ่มไม้สู่ตัวบ้านหรือใต้ถุนบ้านได้ ทำให้ผู้อยู่ใต้ถุนรู้สึกเสมือนหนึ่งว่า อุณหภูมิที่บริเวณใต้ถุนเย็นกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลการไหลเวียนของกระแสลมและพื้นผิวดินบริเวณนั้นเย็นกว่าร่างกาย

วิธีการวางระดับพื้นของเรือนไว้ต่างกันหลายระดับ เช่น ยกพื้นชานนอกชายคาเป็นระดับพื้นที่อยู่ต่ำสุดของเรือน พื้นเรือนพะไลหน้าห้องจะถูกยกสูงกว่าพื้นชานนอก และพื้นห้องในตัวเรือนจะอยู่ในระดับยกที่สูงที่สุด ความต่างระดับของพื้นเรือนทั้งสามระดับจะทำให้เกิดช่องเปิดระหว่างระดับของพื้นที่ลมจะสามารถพัดผ่านเรือนไปได้โดยไม่มีส่วนบังขวาง นอกจากนี้ ระดับห่างระหว่างพื้นทำให้มีประโยชน์เพิ่มขึ้นตรงที่คนที่อยู่บนเรือนสามารถจะมองลอดช่องเหล่านี้ลงไปเห็นพื้นที่ส่วนที่เป็นใต้ถุนเรือนได้ว่าผู้ใดกำลังทำกิจกรรมสิ่งใดอยู่ ในบางครั้งผู้ที่มองดูเรือนไทยจะมองเห็นรั้วกั้นชานนั้นเป็นสิ่งที่กั้นกำบังลมไม่ให้พัดผ่านได้สะดวก แต่ถ้าจะสังเกตดูให้ดีแล้วก็จะเห็นว่าช่างโบราณมิได้มองข้ามปัญหานี้เลย รั้วไม้ส่วนมากจะมีซี่ลูกกรงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของรั้วเพื่อให้ลมผ่านได้ และยิ่งไปกว่านั้นรั้วชาน

หรือฝาเรือนพะไลหลายแห่งได้ทำฝาเลื่อนชนิดที่เรียกว่าฝาไหลไว้ด้วย ด้วยวิธีความคิดเช่นนี้จึงทำให้เรือนไทยไม่มีจุดอับเรื่องลมเลย

ตัวเรือนใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมีค่าการสะสมความร้อนน้อย ทำให้อุณหภูมิภายในเรือนคล้อยตาม และเปลี่ยนไปกับอุณหภูมิภายนอก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ เช่น หลังคาจากหรือผนังไม้ บางครั้งมีลักษณะเป็นฝาขัดแต่ ที่มีช่องระบายอากาศโดยรอบเพื่อให้ลมเย็นจากสภาพแวดล้อมผ่านเข้าสู่ตัวอาคารและสร้างความเย็นสบายให้กับผู้อยู่อาศัย

จากการศึกษาลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง จะช่วยให้สามารถกำหนดขอบเขตของเรือนไทยที่ต้องการจะศึกษา สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเฉพาะเรือนไทยเดิมภาคกลางที่เป็นเรือนหมู่(สำหรับครอบครัวขยาย) ที่ประกอบด้วยเรือนนอน เรือนครัว และหอนั่ง การศึกษาลักษณะเฉพาะของเรือนไทย คือมีลักษณะเป็นกลุ่มเรือนปิดล้อมชานโล่งตรงกลาง ใต้ถุนโล่ง และหลังคาทรงสูง จะช่วยในการกำหนดปัจจัยที่จะทำการทดสอบและคัดเลือกกรณีศึกษาที่จะทำการศึกษาต่อไป

2.5 บ้านพักอาศัยปัจจุบัน

การศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเกี่ยวกับความต้องการพื้นฐานของผู้บริโภค ในเรื่องสถิติความต้องการบ้านเดี่ยว ขนาดที่ดิน งบประมาณ จำนวนผู้ใช้ รูปแบบการใช้สอย และขนาดพื้นที่ใช้สอย ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาแนวทางการใช้องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ได้แก่ การวางกลุ่มเรือน ระยะห่างระหว่างเรือน ทิศทางการวางเรือน รูปทรงทางสถาปัตยกรรม ลักษณะการวางผัง ปริมาณช่องเปิด ตำแหน่งช่องเปิด ชนิดช่องเปิด และองค์ประกอบช่องเปิดลมเข้า โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยในปัจจุบันในเขตพื้นที่ภาคกลาง ที่มีลักษณะโอบล้อมชานจำนวน 8 หลัง ซึ่งรายละเอียดการศึกษาในส่วนต่างๆ มีดังนี้

2.5.1 สถิติความต้องการบ้านเดี่ยว

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมการซื้อที่อยู่อาศัยจากศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์บริษัทพรอพเพอร์ตี้ไลน์จำกัด และจากงายวิจัยของประสิทธิ์ ตินารักษ์ อันเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ต้องการซื้อที่อยู่อาศัยปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2539 จากจำนวน 1,218 ตัวอย่าง สรุปได้ว่าความต้องการบ้านเดี่ยวมีความต้องการ 55.41% จากผู้ต้องการซื้อที่อยู่อาศัยทั้งหมด สถิติดังกล่าว 45.48% ต้องการบ้านเดี่ยวในที่ดิน 50-59 ตารางวา ที่ราคา 1.5-2 ล้านบาท ซึ่งเป็นกลุ่มที่มากที่สุด (พัชรินทร์ มณีรัตน์,2546:52)

2.5.2 การพิจารณาองค์ประกอบและผู้ใช้

บ้านเดี่ยวพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งผู้อยู่อาศัยเป็นครอบครัวเดี่ยวจำนวนสมาชิกที่อยู่อาศัยในบ้านมีสมาชิกประมาณ 5-6 คน พ่อ-แม่, ลูก, แม่บ้าน (วิเชฌฎ์ สุวิสิทธุ์, อ้างถึงใน พัชรินทร์ มณีรัตน์,2546:52) มีการใช้พื้นที่ประกอบด้วย พื้นที่ส่วนพักผ่อนของครอบครัว พื้นที่ส่วน

รับประทานอาหาร พื้นที่ส่วนครัว พื้นที่ส่วนนอน พ่อ-แม่ พื้นที่ส่วนนอนลูก พื้นที่ส่วนนอนลูก หรือคนรับใช้ พื้นที่ส่วนห้องน้ำ พื้นที่ส่วนซักล้าง,ตากผ้า,รีดผ้า และพื้นที่ส่วนจอดรถ

2.5.3 พฤติกรรมและขนาดพื้นที่ใช้สอย

พื้นที่ใช้สอยที่เพียงพอสำหรับแต่ละองค์ประกอบ (function) กำหนดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นและขนาดของเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ประกอบกิจกรรมรวมไปถึงจำนวนคน และพฤติกรรมการใช้สอยในแต่ละเวลา ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า พื้นที่ใช้สอยสำหรับบ้านเดี่ยวพักอาศัยควรมีพื้นที่รวมประมาณ 130-158 ตร.ม. (วิเชฎฐ์ สุวิสิทธุ์, อ้างถึงใน พัชรินทร์ มณีรัตน์, 2546:53) โดยสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พื้นที่ใช้สอย	จำนวนผู้ใช้/ผู้ใช้	กิจกรรม	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)
ห้องรับแขก	5-6 คน /พ่อ,แม่,ลูก,แขก	พื้นที่ร่วมกิจกรรมของครอบครัว	16-20
ห้องทานอาหาร	5-6 คน /พ่อ,แม่,ลูก,แขก	ต่อเนื่องกับห้องพักผ่อนและห้องครัว	9-12
ห้องครัว	1-2 คน /แม่บ้านและคนใช้	ปรุงอาหาร เก็บอาหาร เตรียมอาหาร ซัก ล้าง	16-18
ห้องนอน1(พ่อ-แม่)	2 คน/ พ่อและแม่	นอน พักผ่อน อ่านหนังสือ นั่งเล่น ควรต่อเนื่องกับห้องน้ำ	20-24
ห้องนอน2 (ลูก)	1-2 คน/ โดยแยกเป็นห้องลูกชาย ห้องลูกสาว	นอน พักผ่อน อ่านหนังสือ นั่งเล่น ควรต่อเนื่องกับห้องน้ำ	12-16
ห้องนอน3 (คนใช้)	1-2 คน /ได้แก่ คนใช้(ลูกจ้าง)	นอน พักผ่อน ควรต่อเนื่องกับส่วนงานบ้าน	12-16
ห้องน้ำ-ส้วม	2-3 คน /ตามความเป็นส่วนตัว	อาบน้ำ ขับถ่าย ในเวลาเช้าและเย็น	2.5-3

ตารางที่ 2-13 แสดงพฤติกรรมและขนาดพื้นที่ใช้สอย บ้านเดี่ยวพักอาศัย
(ที่มา วิเชษฎ์ สุวิสิทธุ์, อ้างถึงในพัชรินทร์ มณีรัตน์,2546:53)

2.5.4 กรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

การศึกษากลุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ที่มีลักษณะล้อมชานในลักษณะรูปตัวยู มีการใช้งานเพื่อการอยู่อาศัยจริงในปัจจุบัน มีความสูงตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป และตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย สามารถคัดเลือกตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างได้จำนวน 8 หลัง ได้แก่

1. บ้านพักอาศัยคุณชัยประนิน-จุฑาพร วิสุทธิผล จ.กรุงเทพฯ ดูรูปที่ 2-23(1)
2. บ้านพักอาศัยหมู่บ้านนิชาดาธานี จ.นนทบุรี ดูรูปที่ 2-23(2)
3. บ้านพักอาศัยคุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร จ. สิงห์บุรี ดูรูปที่ 2-23(3)
4. บ้านพักอาศัยคุณอมรเทพ ดีโคจนวงค์ จ.ชลบุรี ดูรูปที่ 2-23(4)
5. บ้านพักอาศัยแบบไทยอนุรักษ์ภาคกลาง กรมโยธาธิการ ดูรูปที่ 2-23(5)
6. บ้านพักอาศัยคุณบุญญวัฒน์-ผุสดี ทิพทัศ จ.กรุงเทพฯ ดูรูปที่ 2-23(6)
7. บ้านพักอาศัยคุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์ จ.กรุงเทพฯ ดูรูปที่ 2-23(7)
8. บ้านพักอาศัยคุณจรัส-สงวน อินพันทัง จ.เพชรบุรี ดูรูปที่ 2-23(8)

ดูรายละเอียดเกี่ยวกับกรณีศึกษาต่างๆได้จากภาคผนวก ค

 (1) คุณชัยประนิน-จุฑาพร วิสุทธิผล	 (5) บ้านพักอาศัยแบบไทยอนุรักษ์ภาคกลาง กรมโยธาธิการ
 (2) บ้านพักอาศัยหมู่บ้านนิชาดาธานี จ.นนทบุรี	 (6) บ้านพักอาศัยคุณบุญญวัฒน์-ผุสดี ทิพทัศ จ.กรุงเทพฯ
 (3) บ้านพักอาศัยคุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร จ. สิงห์บุรี	 (7) บ้านพักอาศัยคุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์ จ.กรุงเทพฯ
 (4) บ้านพักอาศัยคุณอมรเทพ ดีโคจนวงศ์	 (8) บ้านพักอาศัยคุณจรัส-สงวน อินพันทัง จ.เพชรบุรี

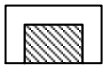
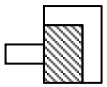
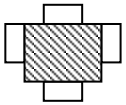
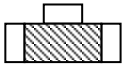
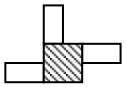
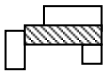
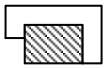
รูปที่ 2-23- ลักษณะภายนอกอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบัน

2.5.5 ลักษณะส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

จากการศึกษาถึงลักษณะส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาทั้ง 8 หลัง โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่มได้แก่

1. **กลุ่มที่1** การวางกลุ่มเรือน ได้แก่ ระยะห่างระหว่างเรือน ลักษณะการวางกลุ่มเรือน
2. **กลุ่มที่ 2** ทิศทางการวางเรือน ที่สัมพันธ์กับทิศทางของกระแสลม 6 ทิศทาง ได้แก่ กระแสลมในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า(หน้า), กระแสลมในทิศตั้งฉากกับด้านข้าง, กระแสลมในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหน้า, กระแสลมในทิศตั้งฉากกับด้านหลัง, กระแสลมในทิศตั้งฉากกับด้านข้าง(หลัง) และกระแสลมในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหลัง
3. **กลุ่มที่ 3** องค์ประกอบภายใน องค์ประกอบที่ทำการศึกษาได้แก่ ลักษณะผนังภายใน
4. **กลุ่มที่ 4** รูปทรงทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ รูปทรงหลังคา และลักษณะใต้ถุน
5. **กลุ่มที่ 5** ช่องเปิด ได้แก่ ปริมาณช่องเปิด ตำแหน่งช่องเปิด ชนิดช่องเปิด และระดับช่องเปิด
6. **กลุ่มที่ 6** องค์ประกอบช่องเปิดลมเข้า ได้แก่ ชายคา และ แผงดักลม

ผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-14

ลำดับ	เจ้าของ	กลุ่มเรือน		ทิศทางการวางเรือน	การวางผัง	รูปทรง		ช่องเปิด			องค์ประกอบช่องเปิด	
		ลักษณะ	ระยะห่าง			หลังคา	ลักษณะใต้ถุน	ปริมาณ	ความสูงจากพื้น	ชนิด	ชายคา	แผงดักลม
1	คุณชัยประนิน-จุฑาพร วิสุทธิผล		0.5H	ใต้		ทรงจั่ว 35 องศาและหลังคาแบน	ก้นเป็นห้องล้อมสวน	17.5-31%	0,0.85	บานเลื่อน	30องศา ระยะยื่น 2.00ม.	-
2	หมู่บ้านนิชาดาธานี		H	ตะวันออก		ทางจั่ว 45 องศาและหลังคาแบน	ก้นเป็นห้อง	33-43%	0,0.85	บานเลื่อน, บานเปิดคู่	28องศา ระยะยื่น 1.00ม.และ 2.00ม.	-
3	คุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร		2H	-		ทรงจั่ว 48-52 องศา	ก้นเป็นห้องล้อมสวน	40-44%	0.50	บานเปิดคู่	27องศา ระยะยื่น 1.50ม.	-
4	คุณอมรเทพ ดีโคจนวงค์		H	ตะวันตก		ทรงจั่ว 45 องศา	ก้นเป็นห้องล้อมบ่อน้ำ	25-31%	0,0.50,0.85	บานเปิดคู่	30องศา ระยะยื่น 1.00ม.และ 2.00ม.	-
5	แบบไทยอนุรักษ์ภาคกลาง		H	-		ทรงจั่ว 50 องศา	พื้นที่โล่งล้อมสวน	26-42%	0.85	บานเปิดแบบต่อเนื่อง	30องศา ระยะยื่น 1.00-1.50ม.	-
6	คุณบุญญวัฒน์-ผุสดี ทิพทัศ		2H	เหนือ		หลังคาแบน	ก้นเป็นห้องล้อมสวน	35-43%	0,0.85	บานเกล็ด	45องศา ระยะยื่น 1.50ม.	-
7	คุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์		H	ตะวันตก		ทรงจั่ว 60 องศา	ก้นเป็นห้องล้อมสวน	44-50%	0,0.50,0.85	บานเลื่อนเดี่ยว	15องศา ระยะยื่น 1.50ม.	-
8	คุณจรัส-สงวน อินพันทัง		0.75H	เหนือ		ทรงจั่ว 45 องศาและหลังคาแบน	ก้นเป็นห้องล้อมสวน	28-40%	0,0.85,1.60	บานเปิดแบบต่อเนื่องและบานเกล็ด	45องศา ระยะยื่น 1.00ม.	-

ตารางที่ 2-14 แสดงลักษณะส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

การศึกษาลักษณะของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันจากกลุ่มตัวอย่างสามารถกำหนดขอบเขตของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่ต้องการศึกษาและกำหนดปัจจัยและตัวแปรในการวิจัยที่สอดคล้องกับความต้องการใช้ประโยชน์ตามวิถีชีวิตความเป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งพบว่า บ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่แม้จะมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบมาจากเรือนไทยเดิมภาคกลางเหมือนกันแต่ก็มีหลากหลายแนวทาง จากการศึกษาความต้องการพื้นฐานในเรื่องบ้านเดี่ยวของผู้บริโภคและลักษณะการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะล้อมชานในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. บ้านเดี่ยวสำหรับที่ดิน 50-59 ตารางวา
2. บ้านสำหรับสมาชิกประมาณ 5-6 คน มีพื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 130-158 ตร.ม. ประกอบด้วยพื้นที่ใช้สอยสำหรับพักผ่อนของครอบครัว รับประทานอาหาร ครัว ส่วนนอน พ่อ-แม่ ส่วนนอนลูก ส่วนนอนลูกหรือคนรับใช้ ส่วนห้องน้ำ ส่วนซักล้าง,ตากผ้า,รีดผ้าและส่วนจอดรถ
3. บ้านพักอาศัย 2-3 ชั้น ลักษณะการวางกลุ่มเรือนแบบโอบล้อมพื้นที่โล่งทั้งชั้นล่างและชั้นบนมีทั้งในลักษณะรูปตัวยูและกลุ่มอาคารแยกเป็นหลังเชื่อมด้วยพื้นที่โล่ง(ชาน) โดยมีระยะห่างระหว่างเรือนที่วางขนานกันตั้งแต่ 0.5-2 เท่าของความสูงอาคารส่วนที่อยู่เหนือชาน
4. ทิศทางการวางเรือน ที่สัมพันธ์กับทิศทางของกระแสลม โดยเปิดพื้นที่ชานเพื่อรับลมในแต่ละทิศแตกต่างกัน เน้นการเปิดพื้นที่ชานในด้านหน้าและด้านข้าง
5. กลุ่มองค์ประกอบภายใน ลักษณะการวางผังที่มีการกั้นผนังภายในที่มีลักษณะทึบตัน
6. รูปทรงทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ รูปทรงหลังคาทรงจั่วที่มีความชันตั้งแต่ 30 องศา, 45 องศา และ 60 องศา และหลังคาแบน โดยมีการกั้นพื้นที่ส่วนใต้ถุนเพื่อใช้ประโยชน์เป็นห้องต่างๆ
7. กลุ่มช่องเปิด ได้แก่ ปริมาณช่องเปิดตั้งแต่ 30%-50% ตำแหน่งช่องเปิดที่ระดับความสูง 0ม., 0.45ม. และ 0.85 ม. และชนิดช่องเปิดแบบบานเปิด บานเลื่อน และบานเกล็ด
8. กลุ่มองค์ประกอบช่องเปิดลมเข้า ได้แก่ ชายคาที่มีความชัน 15 องศา, 30 องศา และ 45 องศา และมีระยะยื่นตั้งแต่ 1.00 ม. ,1.50 ม. และ 2.00 ม. และไม่มีการใช้แผงดักลม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น คือ ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมกับตัวแปรตามคือการไหลเวียนกระแสลมของกรณีศึกษา โดยรูปแบบของกรณีศึกษาและกระแสลมภายนอกเป็นตัวแปรคงที่ การศึกษาตัวแปรอาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ หาแนวทางการใช้ตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ต่อไป

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย สามารถแบ่งขั้นตอนของการวิจัยได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่1 เป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย กระแสลมในธรรมชาติ กระแสลมกับการระบายอากาศ แนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทย รวมถึงลักษณะบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

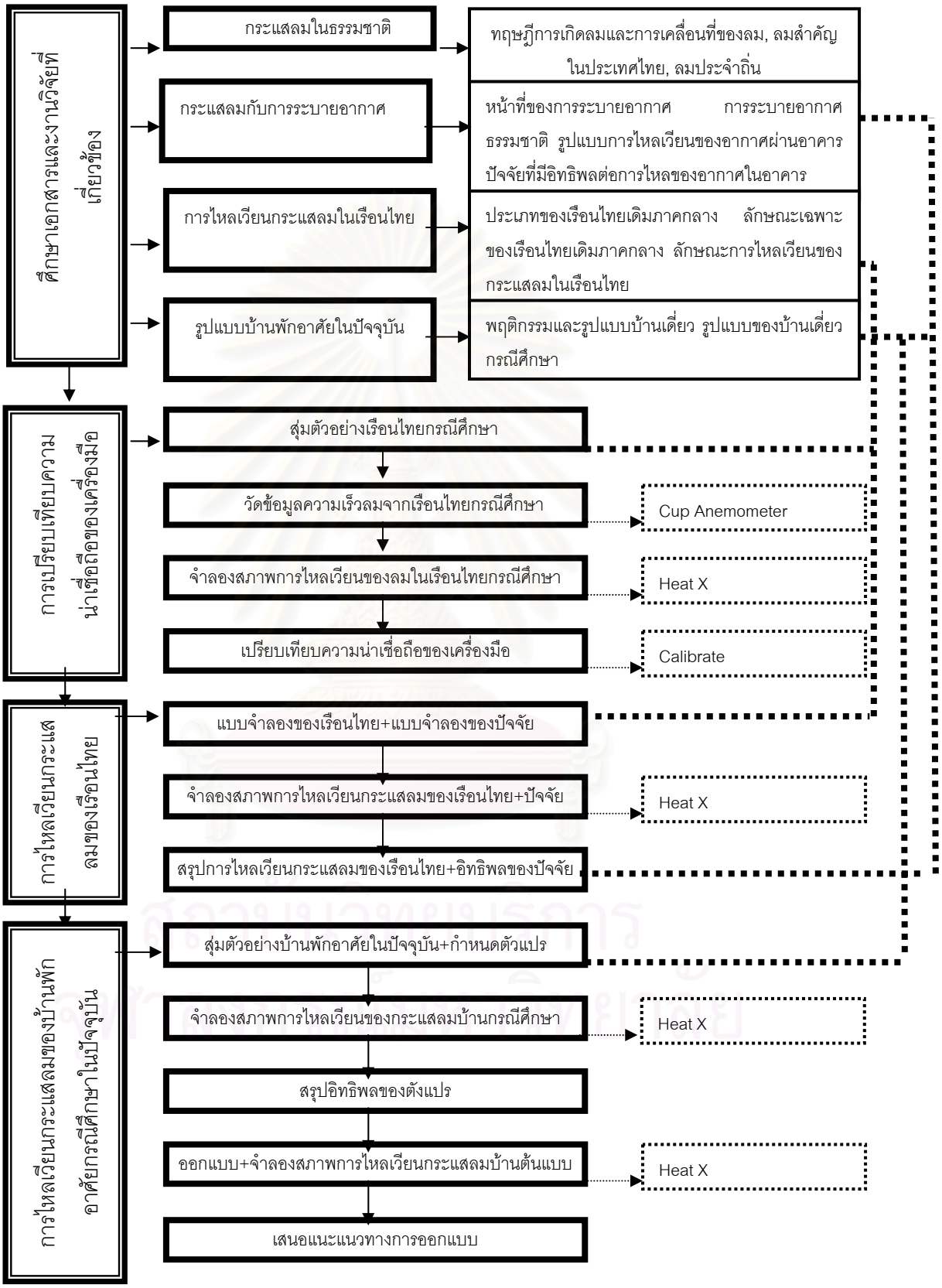
ส่วนที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดสภาพจริงจากเรือนไทยกรณีศึกษา ประกอบด้วย การคัดเลือกเรือนไทยกรณีศึกษา การเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในและภายนอกเรือนไทยกรณีศึกษาพร้อมกัน การสร้างแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาและการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการเปรียบเทียบความถูกต้องด้วยวิธีการทางสถิติ

ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาปัจจัยส่วนประกอบของเรือนไทยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมโดยจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วย การกำหนดปัจจัยโดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสร้างแบบจำลองของปัจจัยต่างๆ การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับแบบจำลองในส่วนที่ 2

ส่วนที่ 4 เป็นการศึกษาลักษณะบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันเพื่อกำหนดแบบจำลองของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและตัวแปรที่จะทำการศึกษาโดยอาศัยการแปรปัจจัยจากการศึกษาในส่วนที่ 3 ประกอบด้วย การกำหนดตัวแทนของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันโดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสร้างแบบจำลองของบ้านพักอาศัย การกำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษา การสร้างแบบจำลองของตัวแปรต่างๆ การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์และสรุปอิทธิพลของตัวแปร

ส่วนที่ 5 เป็นการคัดเลือกตัวแปรที่ทำการไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละปัจจัยจากการศึกษาในส่วนที่ 4 มาทำการออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบ เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในแต่ละส่วนสามารถสรุปได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 3-1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยและตัวแปรที่ทำการศึกษา ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรคงที่ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัจจัยและตัวแปรที่จะทำการศึกษาในแต่ละการทดลอง ดังนี้

3.1.1 กระแสลมในธรรมชาติ

การศึกษากระแสลมในธรรมชาติ ประกอบด้วย ทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลม ลมสำคัญในประเทศไทย และลมประจำถิ่นสำหรับพื้นที่ภาคกลางในประเทศไทย เพื่ออธิบายลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ลมประจำถิ่นของพื้นที่ภาคกลางในประเทศไทย ซึ่งเป็นลมที่ใช้ประโยชน์สำหรับการระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคาร สำหรับงานวิจัยนี้กระแสลมถือเป็นตัวแปรคงที่ซึ่งอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ลมประจำถิ่นจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อกำหนดทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยภายนอกสำหรับทำการศึกษาวิจัยต่อไป

3.1.2 กระแสลมกับการระบายอากาศ

การศึกษากระแสลมกับการระบายอากาศ ประกอบด้วย หน้าที่ของการระบายอากาศ การระบายอากาศธรรมชาติ รูปแบบการไหลเวียนของอากาศผ่านอาคาร และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของอากาศในอาคาร เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของกระแสลมต่อการระบายอากาศ และวิธีการใช้ประโยชน์จากกระแสลม เพื่อปรับทิศทางและคุณสมบัติของลมให้มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงสุด ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยและวิธีการต่างๆ โดยเฉพาะปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรม เพื่อกำหนดกลุ่มของตัวแปรต้นที่จะทำการศึกษาวิจัยต่อไป

3.1.3 การระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย

การศึกษาการระบายอากาศธรรมชาติในเรือนไทย ประกอบด้วย ประเภทของเรือนไทยเดิมภาคกลาง ลักษณะเฉพาะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง และลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมในเรือนไทย โดยจะเน้นไปที่การศึกษาหน้าที่และความสำคัญของส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ของเรือนไทยเดิมภาคกลางที่ทำให้เกิดการระบายอากาศธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิเคราะห์ร่วมกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกลุ่มของตัวแปรต้นสำหรับการศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไป

3.1.4 รูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

การศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ประกอบด้วย พฤติกรรมและรูปแบบบ้านเดี่ยว และรูปแบบของบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา เพื่อกำหนดขอบเขตของบ้านพักอาศัยที่จะทำการศึกษาเฉพาะบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะล้อมชาน ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่มีการประยุกต์มาจากลักษณะของเรือนไทยเดิมภาคกลาง โดยการสุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยในเขตภาคกลางจำนวน 8 หลัง จากข้อมูลการสำรวจและอ้างอิงจากข้อมูลเอกสารที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้ก่อนแล้ว นำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปหาตัวแปรต้นที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่จะทำการศึกษาวิจัย และกลุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยในปัจจุบันสำหรับการทดลองต่อไป

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการสุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ (purposive sample) โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 ลักษณะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่

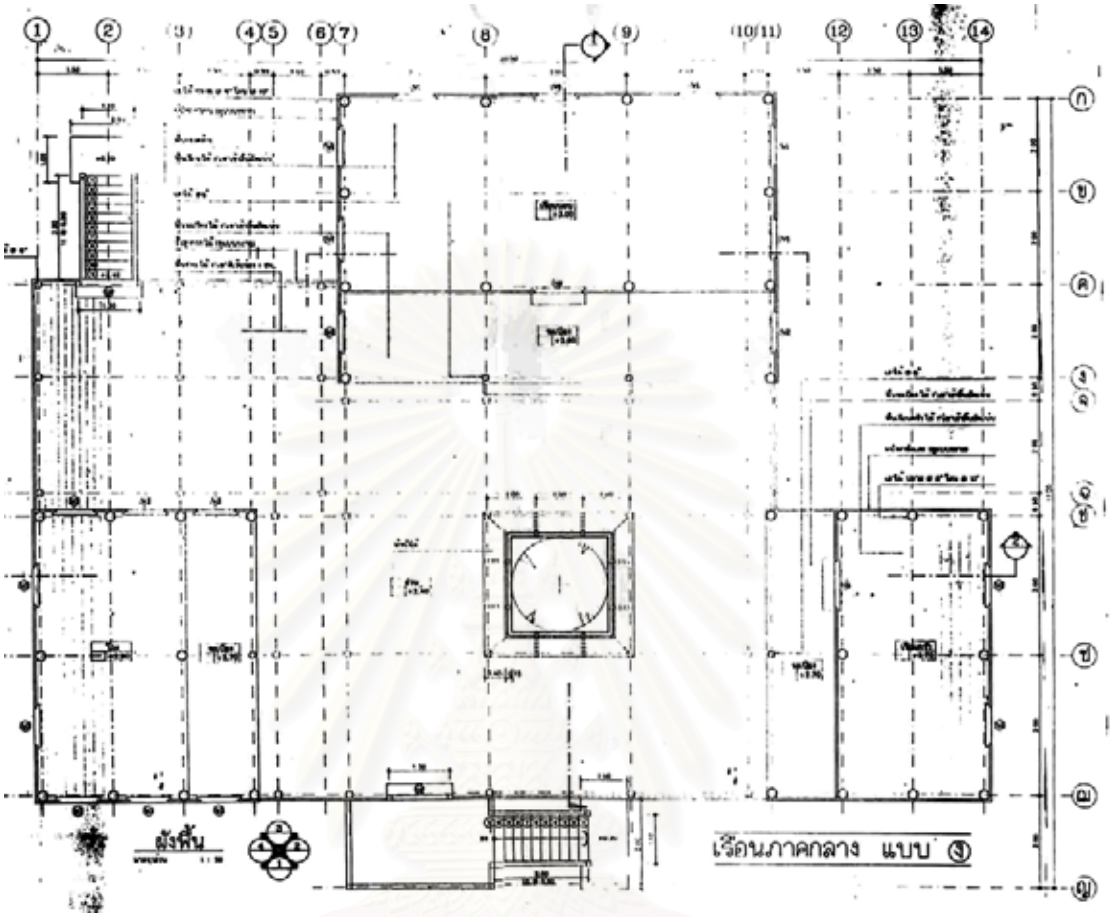
3.2.1 เรือนไทยเดิมภาคกลาง

การคัดเลือกเรือนไทยกรณีศึกษาอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการสำรวจสภาพอาคารจริง และความเหมาะสมในการเก็บข้อมูล ซึ่งได้คัดเลือกเรือนไทยเดิมภาคกลาง ภายในหมู่บ้านไทย 4 ภาค ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร อ.บางไทร จ. พระนครศรีอยุธยา เป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

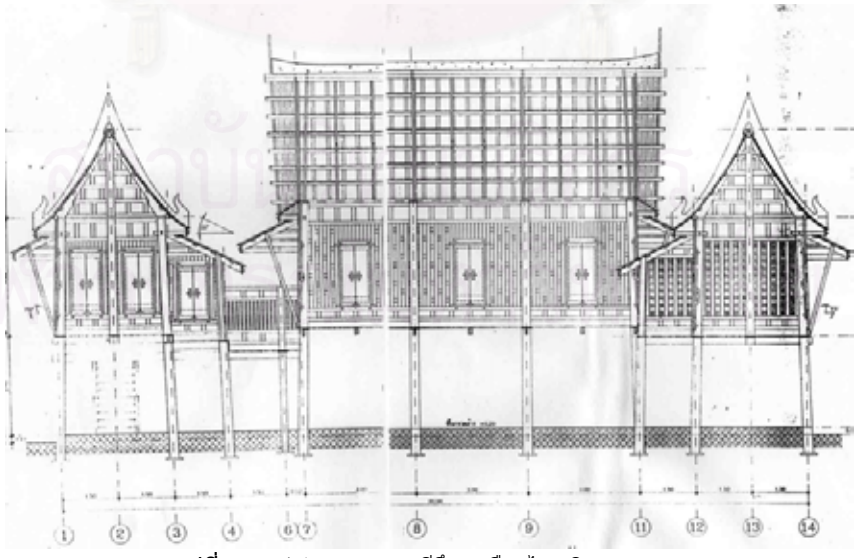
รูปที่ 3-1 ลักษณะภายนอกของกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง

รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะภายในชั้นล่าง(ภาพซ้าย)และชั้นบน(ภาพขวา)กรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง

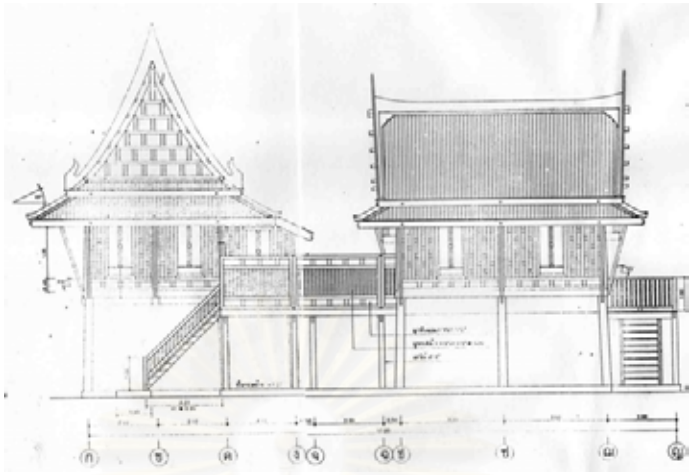
ลักษณะอาคาร เป็นอาคาร 2 ชั้น สร้างตามแบบเรือนไทยเดิมภาคกลาง ประกอบด้วยเรือน 3 หลัง ปิดล้อมชาน ได้แก่ หอนั่งทางด้านทิศตะวันตก เรือนนอนทางด้านทิศเหนือ และเรือนครัวทางด้านทิศตะวันออก ส่วนชั้นล่างเป็นใต้ถุนโล่ง เรือนแต่ละหลังส่วนระเบียงที่มีหลังคาคลุมโดยมีฝนังกั้นแยกสัดส่วนกับส่วนห้อง ยกเว้นหอนั่งซึ่งมีลักษณะโล่งต่อเนื่องกัน ส่วนนอกชานเป็นลานโล่ง ตรงกลางชานมีช่องทะลุถึงชั้นใต้ถุนสำหรับปลูกต้นไม้ โครงสร้างทั่วไปเป็นไม้ตามแบบประเพณี ทั้งเสา คาน พื้น และโครงสร้างหลังคา ประตูหน้าต่างเป็นบานเปิดไม้ หลังคามุงด้วยกระเบื้องดินเผา



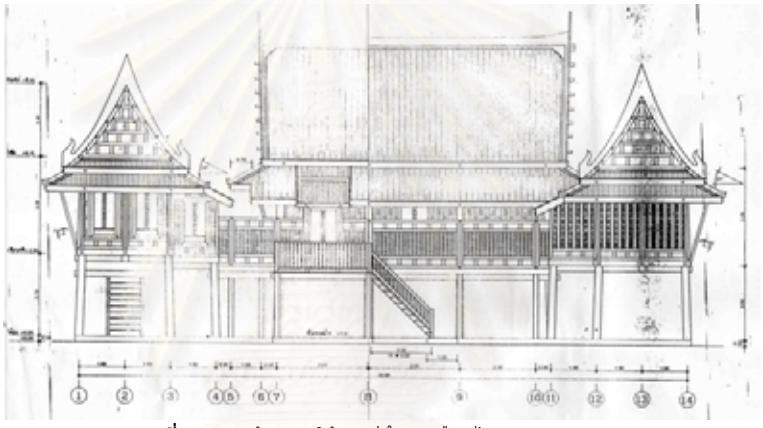
รูปที่ 3-3 ผังพื้นชั้นบนกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง



รูปที่ 3-4 รูปตัดตามยาวกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง



รูปที่ 3-5 รูปด้านทิศตะวันตกกรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง



รูปที่ 3-6 รูปด้านทิศใต้กรณีศึกษาเรือนไทยเดิมภาคกลาง

3.2.2 บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

การสมมติตัวแทนของกรณีศึกษาด้วยข้อมูลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันที่มีความแตกต่างกัน ในเขตภาคกลางจำนวน 8 หลัง ร่วมกับข้อมูลความต้องการบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ดังรายละเอียดในบทที่ 2 สามารถสร้างแบบจำลองของบ้านพักอาศัยปัจจุบัน โดยมีองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ดังนี้

1. ลักษณะการวางกลุ่มเรือนแบบโอบล้อมพื้นที่โล่งทั้งชั้นล่างและชั้นบน โดยมีระยะห่างระหว่างเรือนที่วางขนานกันตั้งแต่ 1 เท่าของความสูงอาคารส่วนที่อยู่เหนือชาน
2. กลุ่มองค์ประกอบภายใน ลักษณะการวางผังที่มีห้องต่อเนื่อง
3. รูปทรงทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ รูปทรงหลังคาทรงจั่วที่มีความชันตั้งแต่ 30 องศา มีการกั้นพื้นที่ส่วนใต้ถุนเพื่อใช้ประโยชน์เป็นห้องต่างๆ
4. กลุ่มช่องเปิด ได้แก่ ปริมาณช่องเปิดตั้งแต่ 30% ตำแหน่งช่องเปิดที่ระดับความสูง 0.85 ม. และชนิดช่องเปิดแบบต่อเนื่อง
5. กลุ่มองค์ประกอบช่องเปิดลมเข้า ได้แก่ ชายคาที่มีความชันเท่ากับหลังคาคือ 30 องศา, มีระยะยื่น 1.00 ม. และไม่มีการใช้แผงดักลม

รูปที่ 3-7 แบบแปลนและแบบตัดของบ้านพักอาศัยแบบที่ 1 ที่ใช้ในการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

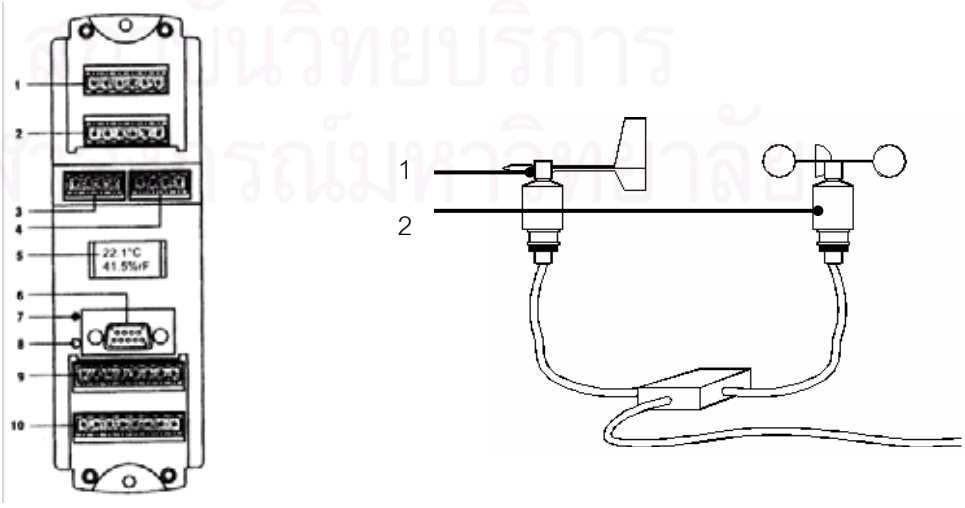
ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือช่วยวิจัยใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1. **เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลภาคสนาม** ได้แก่ เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ Opus (Oputs data logger) ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) สำหรับวัดความเร็วและทิศทางกระแสลมภายนอกอาคาร และเครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick) สำหรับวัดความเร็วลมภายในอาคาร
2. **เครื่องมือสำหรับสร้างแบบจำลองและช่วยวิเคราะห์ข้อมูล** ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ HeatX สำหรับประมวลผลซึ่งใช้ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Tecplot version 8 เพื่อแสดงผล และ โปรแกรม Microsoft excel 97 สำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติทั่วไป

ซึ่งเครื่องมือแต่ละตัวมีรายละเอียดทั่วไปในการใช้งาน ดังนี้

- **เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ** Opus (Oputs 200 data logger)

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกข้อมูลความเร็วลมภายนอกอาคาร ใช้ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์วัดค่าความเร็วและทิศทางของลม โดยเป็นการบันทึกข้อมูลในลักษณะ offline คือ ทำการติดตั้งโปรแกรมของเครื่องโดยใช้ support software run บนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมระหว่างเครื่องเก็บข้อมูลกับ computer port ก่อนที่จะนำเครื่องมือไปติดตั้ง ข้อมูลความเร็วลมและทิศทางของกระแสลมจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำของเครื่องเมื่อเครื่องมือเริ่มทำงาน



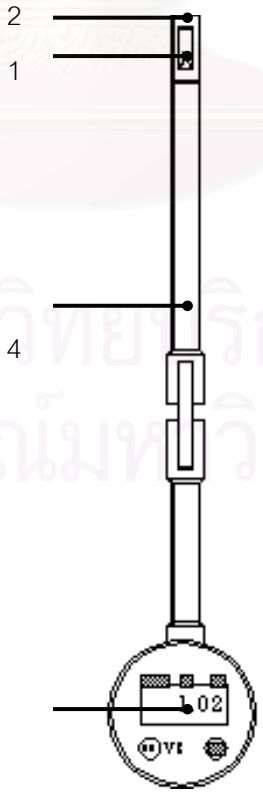
รูปที่ 3-8 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (ซ้าย) เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (ขวา)

- **เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย** (Cup Anemometer)

เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเร็วและทิศทางของลม โดยวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0-50 m/s และวัดทิศทางของลมได้ตั้งแต่ 0-350 องศา ทำการติดตั้งเครื่องมือบนขาตั้งอุปกรณ์โดยให้ตัวรับสัญญาณทั้งสอง ได้แก่ ลูกถ้วยและศรลมอยู่ในระนาบเดียวกันห่างกันประมาณ 1 เมตร โดยให้ทิศเหนือของศรลมชี้ไปยังตำแหน่งทิศเหนือจริง เมื่อลมพัดผ่าน ลูกถ้วยจะหมุนและศรลมจะปรับแนววัดทิศทางลม สัญญาณจะส่งผ่านแกนหมุนและสายสัญญาณ แต่เนื่องจากเครื่องมือนี้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เอง จึงจำเป็นต้องต่อเข้ากับเครื่องอ่านความเร็วและทิศทางลม (indicator) เพื่อให้สามารถอ่านค่าความเร็วและทิศทางลมและต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล(recorder)เพื่อทำการบันทึกค่า ทั้งความเร็วและขนาดของลม ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ Opus200 เป็นทั้งเครื่องอ่านความเร็วและทิศทางลมและเครื่องบันทึกข้อมูล โดยการใช้งานจะต้องระวังไม่ให้ตากแดดที่แรงเกินไปหรือตากฝนนานเกินไปเพราะอาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนและอุปกรณ์ชำรุดเสียหายได้

- **เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ** Testo (Testo 405-V1 Velocity Stick)

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร ในลักษณะการอ่านข้อมูล ณ สภาพปัจจุบัน (real time) โดยอาศัยตัวรับสัญญาณของเครื่องมือจะทำหน้าที่รับข้อมูลความเร็วลม และสามารถทำการอ่านข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยจะต้องระมัดระวังไม่ให้กระทบอาทิตย์โดยตรง



รูปที่ 3-9 เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 Velocity Stick)

- **โปรแกรมคอมพิวเตอร์** HEATX

การวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท CFD (computational fluid dynamics) ที่ชื่อ HEATX ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัย Texas A&M ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องมือหลักในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาทิศทางและความเร็วลมภายในอาคาร โดยมีเงื่อนไขในการจำลองสถานการณ์สำหรับงานวิจัยนี้คือ

1. เป็นการจำลองสถานการณ์ในลักษณะ 3 มิติ
2. กำหนดให้โปรแกรมคำนวณเฉพาะความเร็วลม โดยกำหนดความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 เมตรต่อวินาที

รายละเอียดการป้อนข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถดูได้จากภาคผนวก ง

- **โปรแกรมคอมพิวเตอร์** Tecplot version 8

เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม HEATX ให้แสดงผลออกมาในรูปกราฟฟิค ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งในรูปแบบของเส้นชั้น (contour line) ลูกศรแสดงขนาดและทิศทาง (vector) และเส้นแสดงทิศทาง (stream trade) ของตัวแปรต่างๆ ทั้งความเร็วลมและความดัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้การแสดงผลใน 2 ลักษณะ ได้แก่ เส้นชั้นของความเร็วลม เพื่อศึกษาความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆ และเส้นแสดงทิศทางเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

การวิจัยครั้งนี้อาศัยเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บข้อมูลหลายชนิด ดังนั้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากชนิดของเครื่องมือ จึงต้องทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือแต่ละชนิดและทำการปรับค่าให้เสมือนหนึ่งว่าใช้เครื่องมือตัวเดียวกันวัด ซึ่งแยกตามแต่ละชนิดของเครื่องมือ ดังนี้

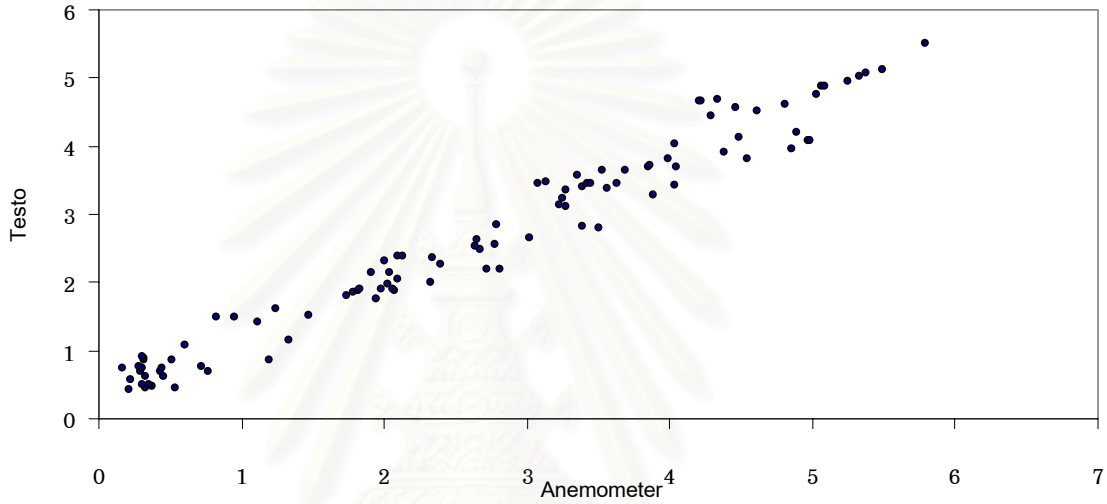
3.4.1 การเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometer) กับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick)

เนื่องจากเครื่องมือทั้ง 2 จะต้องนำมาใช้วัดความเร็วลม ณ เวลาเดียวกัน โดย เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) สำหรับวัดความเร็วลมภายนอกอาคาร และเครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 Velocity Stick) สำหรับวัดความเร็วลมภายในอาคาร ดังนั้นจึงทำการเทียบมาตรฐานเครื่องมือโดยนำเครื่องมือทั้งสองชนิดวัดความเร็วของกระแสลมในตำแหน่งเดียวกัน ในช่วงความเร็วลมที่ต้องการศึกษา ตั้งแต่ 0-5 m/s จำนวน 100 ครั้ง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข-1 จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือด้วยวิธีการ regression ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3-1

Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Standard Error	*Significance F*	Intercept *Coefficients*	X *Coefficients*	Observations
0.9814	0.963	0.96291	0.31628	3.85186E-	-0.2898	1.115869	100

ตารางที่ 3-1 แสดงผลการเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) กับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick)

จากตารางที่ 3-1 สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ testo = 1.115869anemometor-0.2898



แผนภูมิที่ 3-2 แสดงผลการเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) กับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick)

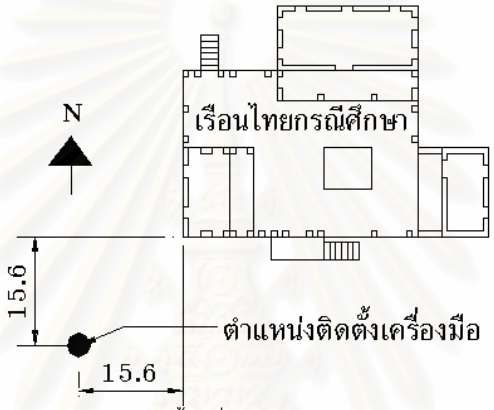
3.4.2 การเทียบมาตรฐานของกรณีศึกษากับแบบจำลองของกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HEATX

การวิจัยอาศัยการศึกษาข้อมูลจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ HEATX เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกรณีศึกษาจริง จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองกับกรณีศึกษาจริง ซึ่งได้ใช้เรือนไทยกรณีศึกษาเป็นตัวแทนของกรณีศึกษาจริง การเทียบมาตรฐานอาศัยการเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาโดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง และการเก็บข้อมูลจากแบบจำลองโดยอาศัยการป้อนข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วทำการคำนวณ แล้วจึงนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบด้วยวิธีการ regression เพื่อหาข้อสรุปต่อไป รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้ คือ

3.4.2.1 การติดตั้งเครื่องมือ

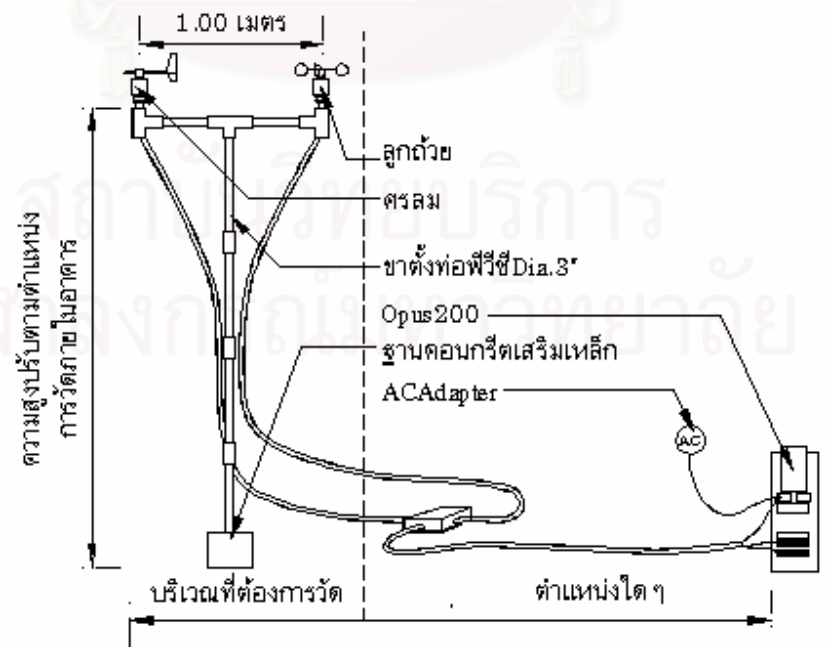
เครื่องมือที่จำเป็นต้องอาศัยการติดตั้งก่อนทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) ซึ่งต้องทำการเชื่อมต่อกับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ Opus (Oputs 200 data logger) สำหรับการวัดความเร็วลมภายนอกอาคาร มีขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือดังนี้

1. set up เครื่องเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม Smart Control 1.2 ก่อนทำการวัด สำหรับการบันทึกข้อมูลแบบ offline โดยกำหนดให้เครื่องมือทำการอ่านข้อมูลทุกๆ 1 วินาที และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที
2. กำหนดตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งเครื่องมือในสถานที่จริงในทิศต้นลม ซึ่งจากสำรวจพบว่าลมพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังรูปที่ 3-10 โดยติดตั้งเครื่องมือที่ระดับความสูงอ้างอิงจากระดับใช้งาน 0.80 เมตร ทั้งชั้นล่างและชั้นบน ซึ่งเท่ากับ 0.80 เมตรและ 4.20 เมตร จากระดับพื้นดิน



รูปที่ 3-10 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลมแบบลูกถ้วย

3. เชื่อมต่อเครื่องมือต่างๆ ดังรูปที่ 3-11 โดยให้ทิศเหนือของศรลมชี้ไปยังทิศเหนือจริง

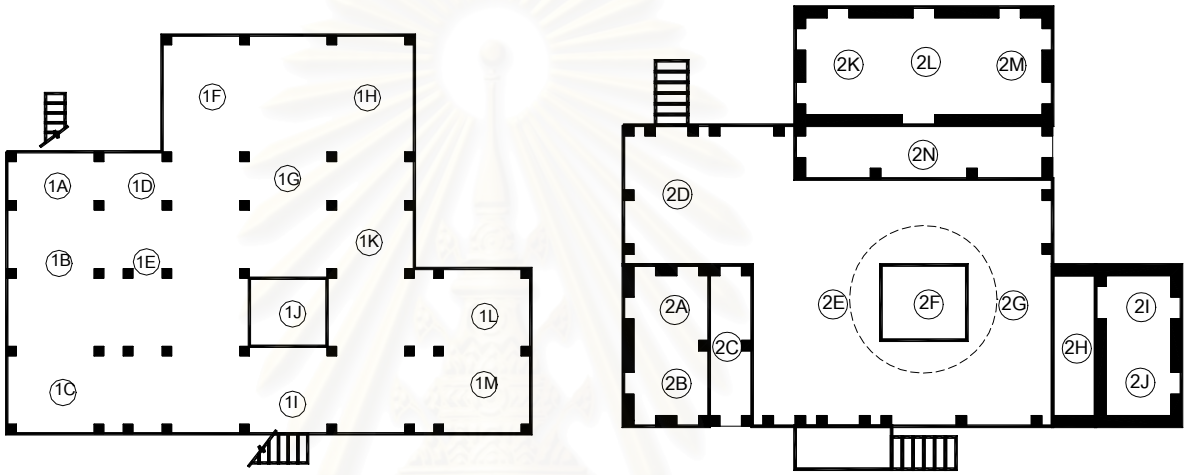


รูปที่ 3-11 แสดงการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลมแบบลูกถ้วยกับเครื่องบันทึกข้อมูล

3.4.2.2 การเก็บข้อมูลจากเรือนไทยกรณีศึกษา

การเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลความเร็วและทิศทางกระแสลมภายนอกอาคารจากเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (cup anemometer) และข้อมูลความเร็วกระแสลมภายในอาคารจากเครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick) โดยกำหนดตำแหน่งที่จะทำการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมทั่วทั้งอาคาร ดังรูปที่ 3-12 ทำการบันทึกข้อมูลพร้อมกันทุก 1 นาที จำนวน 10 ครั้งต่อจุด ดังข้อมูลในภาคผนวก ข-2 ตารางที่ ข-2

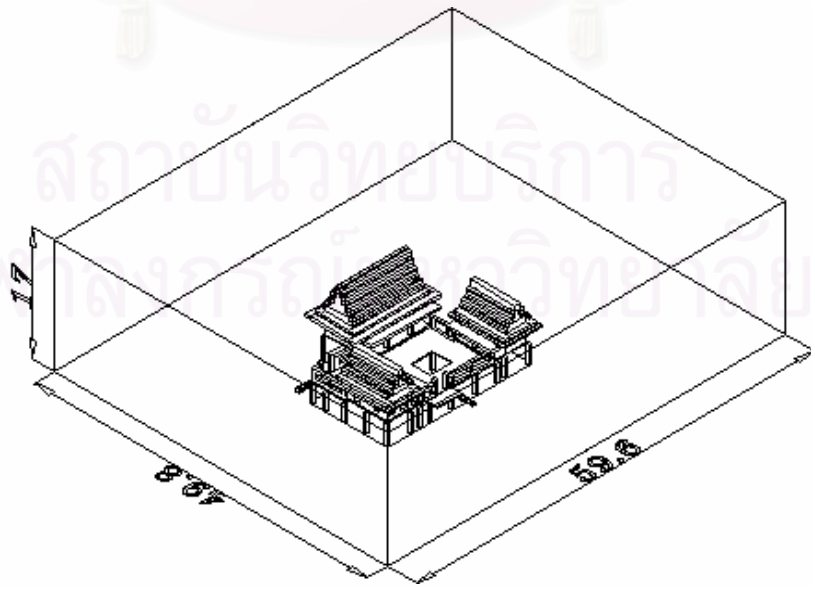
รายละเอียดตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูลมีดังนี้



รูปที่ 3-12 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษาชั้นล่าง(ซ้าย)และชั้นบน(ขวา)

3.4.2.3 แบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษา

แบบจำลองของเรือนไทยกรณีเป็นแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ โดยกำหนดให้ 1 เซลล์แทนขนาด 0.40X0.40X0.40 เมตร มีลักษณะดังรูปที่ 3-13



รูปที่ 3-13 แสดงแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาที่สร้างด้วยโปรแกรม HEATX

3.4.2.4 การเทียบมาตรฐานของแบบจำลองกับกรณีศึกษาจริง

อาศัยการเปรียบเทียบทางสถิติจากข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้จริงจากกรณีศึกษากับข้อมูลความเร็วลมที่คำนวณได้โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการโดยละเอียด ดังนี้

1. ปรับค่าความเร็วลมที่วัดได้จริงจากเรือนไทยกรณีศึกษาด้วยสมการความสัมพันธ์

   testo = 1.115869anemometor-0.2898

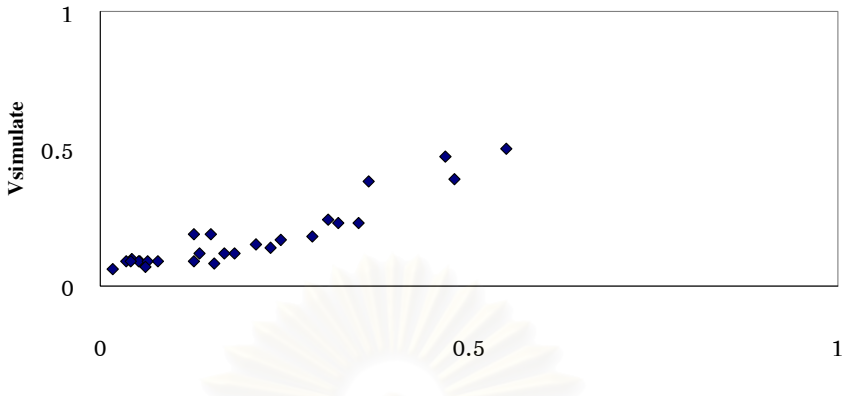
2. คัดเลือกชุดข้อมูลเฉพาะทิศที่ตรงกับทิศที่กำหนดไว้ คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังข้อมูลในภาคผนวก ข-2 ตารางที่ ข-3 และ ข-4
3. หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วลมภายในอาคารในแต่ละจุดด้วยวิธีการทางสถิติ แทนค่าด้วยความเร็วลมภายนอกที่ต้องการศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ 1.42 m/s เพื่อหาความเร็วลมภายใน ดังข้อมูลในภาคผนวก ข-3
4. ทำการคำนวณด้วยแบบจำลองที่สร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.42 m/s เพื่อหาความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ ดังข้อมูลในภาคผนวก ข-4
5. หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในอาคารที่ได้จากการวัดจริงกับที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยวิธี regression ดังข้อมูลในภาคผนวก ข-5

ผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-2

ตำแหน่ง	ความเร็วลมภายนอก(m/s)	ความเร็วลมภายใน(m/s)	
		วัดจริง	แบบจำลอง
1A	1.42	0.47	0.47
1B	1.42	0.48	0.39
1C	1.42	0.36	0.38
1D	1.42	0.29	0.18
1E	1.42	0.23	0.14
1F	1.42	0.18	0.12
1G	1.42	0.24	0.17
1H	1.42	0.35	0.23
1I	1.42	0.31	0.24
1J	1.42	0.15	0.08
1K	1.42	0.21	0.15
1L	1.42	0.32	0.23
1M	1.42	0.55	0.50

ตำแหน่ง	ความเร็วลมภายนอก(m/s)	ความเร็วลมภายใน(m/s)	
		วัดจริง	แบบจำลอง
2A	1.42	0.05	0.09
2B	1.42	0.042	0.10
2C	1.42	0.035	0.09
2D	1.42	0.13	0.12
2E	1.42	0.17	0.12
2F	1.42	0.13	0.19
2G	1.42	0.15	0.19
2H	1.42	0.05	0.19
2I	1.42	0.78	0.09
2J	1.42	0.04	0.09
2K	1.42	0.13	0.09
2L	1.42	0.64	0.09
2M	1.42	0.02	0.06
2N	1.42	0.06	0.07

ตารางที่ 3-2 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของเรือนไทยกรณีศึกษา



แผนภูมิที่ 3-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของเรือนไทยกรณีศึกษา

Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Standard Error	*Significance F*	Intercept *Coefficients*	X *Coefficients*	Observations
0.92697	0.8592	0.853662	0.057549	3.8280E-12	-0.00364	1.1356926	27

ตารางที่ 3-3 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ทางสถิติจากการคำนวณด้วยวิธีการ regression

จากตารางที่ 3-3 สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่วัดได้จริงจากกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม HEATX ได้คือ

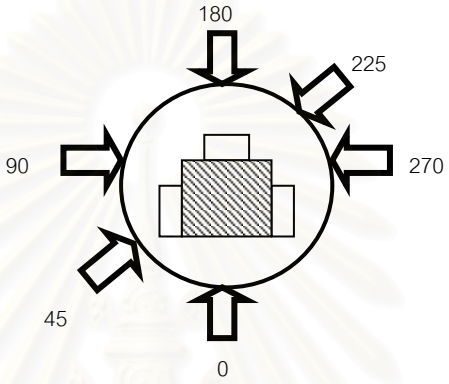
$$V_{measure} = 1.1356926V_{simulate}-0.00364$$

3.5 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยหลักๆ ที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารและสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปปัจจัยที่ทำการศึกษาได้เป็น 5 กลุ่มปัจจัย คือ

1. **กลุ่มปัจจัยช่องเปิด** คือ ส่วนประกอบทางกายภาพที่เป็นช่องเปิดทั้งหมดของอาคาร ได้แก่
   - ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง ประกอบด้วย หน้าต่าง ประตู ลูกกรงระเบียง
   - ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ประกอบด้วย ช่องเปิดที่เกิดจากการเล่นระดับพื้น ช่องเปิดโล่งที่พื้น
2. **กลุ่มปัจจัยรูปทรงทางสถาปัตยกรรม** คือ องค์ประกอบที่ทำให้เกิดรูปทรงโดยรวมของอาคาร ได้แก่ ปัจจัยรูปทรงหลังคา และ ปัจจัยลักษณะใต้ถุน
3. **กลุ่มปัจจัยองค์ประกอบช่องเปิด** คือ องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่อยู่บริเวณใกล้เคียงช่องเปิด ได้แก่ ปัจจัยชายคา ปัจจัยแผงดักลม
4. **กลุ่มปัจจัยองค์ประกอบภายใน** คือ องค์ประกอบที่ภายในอาคารทั้งหมด ได้แก่ ปัจจัยผนังภายใน

5. **กลุ่มปัจจัยทิศทาง** คือ ทิศทางของกระแสลมที่พัดเข้าสู่อาคาร ได้แก่ กระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร(0 องศา), กระแสลมพัดมาในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45 องศา), กระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร(90 องศา), กระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหลังอาคาร(180 องศา), กระแสลมพัดมาในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225 องศา) และกระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร(270 องศา) ดังรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-14 แสดงการกำหนดทิศทางกระแสลมภายนอกในการวิจัย

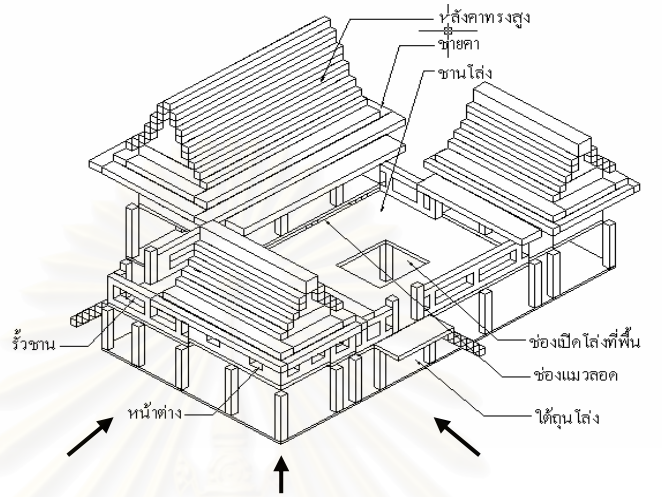
จากการกำหนดปัจจัยที่ต้องการทำการศึกษาสามารถนำมาแจกแจงเป็นตัวแปรในการวิจัยในแต่ละประเภทของกรณีศึกษา โดยแยกตามลักษณะตัวแปร ได้ดังนี้

3.5.1 การกำหนดตัวแปรของกรณีศึกษาเรือนไทยเดิม

ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การศึกษาเรือนไทยกรณีศึกษาเป็นการศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมและอิทธิพลของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทย เปรียบเทียบกันระหว่างกรณีใช้และไม่ใช้ปัจจัย ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยแยกตามลักษณะตัวแปรที่ทำการศึกษาได้ดังนี้

1. **ตัวแปรต้น** แยกตามแต่ละปัจจัย ได้ดังนี้
   - ปัจจัยช่องเปิด ได้แก่ หน้าต่าง ประตู ช่องแมวลอด รั้วชาน ช่องเปิดโล่งที่พื้นชาน
   - ปัจจัยรูปทรงทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ หลังคาทรงสูง ใต้ถุนโล่ง
   - ปัจจัยองค์ประกอบช่องเปิด ได้แก่ ชายคา
   - ปัจจัยองค์ประกอบภายใน ได้แก่ ชานโล่ง
   - ปัจจัยทิศกระแสลม ได้แก่ ทิศ(0 องศา),ทิศ(45 องศา)ทิศ (90 องศา)
2. **ตัวแปรตาม** คือ ความเร็วลมเฉลี่ย และลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารภายในพื้นที่ใช้งานที่ระดับ 0.50 เมตร

3. **ตัวแปรควบคุม** คือ ชนิดอาคาร พื้นที่อาคาร และความเร็วลมภายนอกโดยกำหนดให้กระแสลมภายนอกอาคารมีค่าเท่ากันในทุกทิศทาง คือ 1.35 m/s ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีของพื้นที่ภาคกลาง



ทิศทางลมตั้งฉากกับด้านข้าง(90 องศา) ทิศทางลมทำมุม 45 องศากับด้านหน้า(45 องศา) ทิศทางลมตั้งฉากกับด้านหน้า(0 องศา)

รูปที่ 3-15 แสดงตัวแปรของกรณีศึกษาเรือนไทยเดิม

ตัวแปรสำหรับกรณีศึกษาเรือนไทยเดิม นี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-4

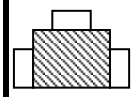
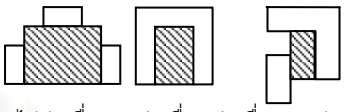
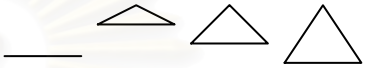
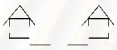
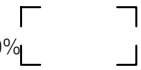
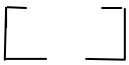
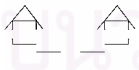
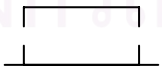
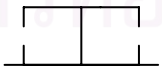
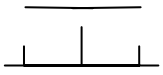
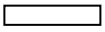
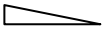
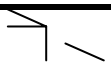
ลักษณะตัวแปร	ปัจจัย	ตัวแปร
ตัวแปรต้น	ช่องเปิด	เปิดหน้าต่าง ปิดหน้าต่าง เปิดช่องแมวลอด ปิดช่องแมวลอด
	รูปทรงทางสถาปัตยกรรม	หลังคาทรงสูง หลังคาแบนราบ ใต้ถุนโล่ง ใต้ถุนทึบ
	องค์ประกอบช่องเปิด	มีชายคา ไม่มีชายคา
	องค์ประกอบภายใน	ชานโล่ง ชานมีหลังคา
	ทิศทาง	ตั้งฉากกับด้านหน้า ตั้งฉากกับด้านข้าง ทำมุม 45 องศากับด้านหน้า
ตัวแปรตาม	ประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลม	ความเร็วลมเฉลี่ย ลักษณะการไหลเวียนกระแสลม
ตัวแปรควบคุม	กลุ่มอาคาร ชนิดอาคาร พื้นที่อาคาร	

ตารางที่ 3-4 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการศึกษาแนวทางการวางอาคารที่สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลม

3.5.2 การกำหนดตัวแปรของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยการศึกษากรณีศึกษาบ้านพักอาศัยปัจจุบันเป็นการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ตัวแปร ดังนั้นการกำหนดตัวแปรในการวิจัยจึงต้องอาศัยการเปรียบเทียบการใช้ตัวแปรใน

ลักษณะต่างๆของทั้งเรือนไทย บ้านพักอาศัยในปัจจุบัน และข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อกำหนดตัวแปรให้ครอบคลุมการใช้งานต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 3-5 ดังนี้

	ปัจจัย	เรือนไทย	บ้านพักอาศัยในปัจจุบัน	เอกสารและงานวิจัย
กลุ่มเรือน	กลุ่มเรือน	 ไม่ต่อเนื่อง	 ไม่ต่อเนื่อง ต่อเนื่อง ต่อเนื่องบางส่วน	
กลุ่มรูปทรงสถาปัตยกรรม	รูปทรงหลังคา	60	 0 30 45 60	
	ระยะระหว่างเรือน	2H	H 1.5H 2H	
	ใต้ถุน	 โล่ง	ใต้ถุนทึบ	
กลุ่มช่องเปิด	ปริมาณช่องเปิด	30%	30% 60% 	30%-60% 
	ระดับช่องเปิด	0.80	0 0.40 0.80	
	รูปแบบช่องเปิด	เป็นช่วง	ต่อเนื่อง	
	ช่องเปิดที่พื้น	 ช่องเปิดที่พื้น	มีช่องเปิดที่พื้น ไม่มีช่องเปิดที่พื้น	
กลุ่มองค์ประกอบภายใน	ผนังภายใน	 ห้องเดี่ยว	 ห้องต่อเนื่องไม่มีช่องเปิดด้านบน	 ห้องต่อเนื่องมีช่องลม
กลุ่มองค์ประกอบภายนอก	รูปแบบชายคา	เอียง	ราบ  เอียง 	 ช่องเปิดที่ชายคา
	ระยะยื่นชายคา	1.60	1.00 1.60 2.00	

ตารางที่ 3-5 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ตัวแปรในลักษณะต่างๆของเรือนไทย บ้านพักอาศัยในปัจจุบัน และจากเอกสาร งานวิจัย

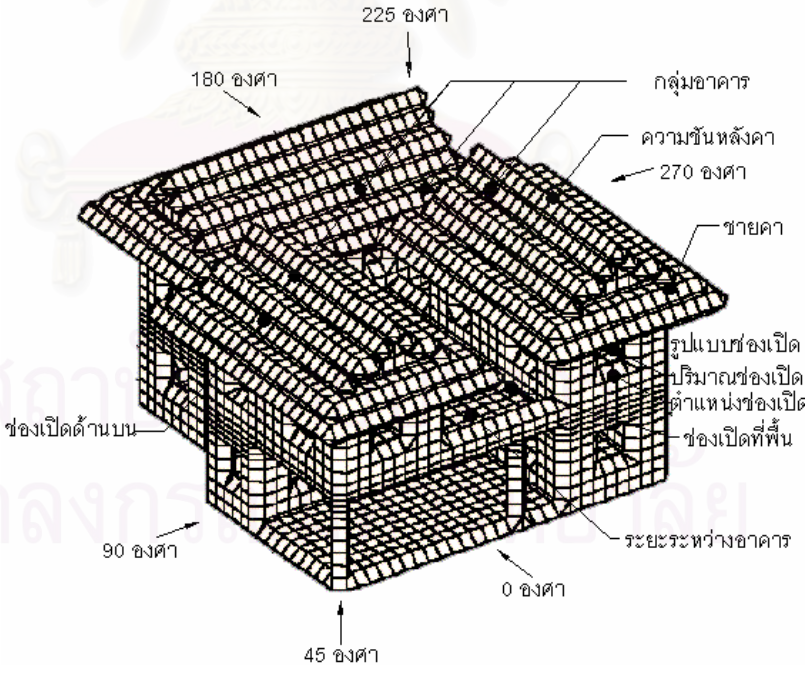
จากตารางสามารถสรุปตัวแปรในการทำวิจัยสำหรับกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน แยกตามลักษณะตัวแปร ได้ดังนี้

1. **ตัวแปรต้น** แยกตามแต่ละปัจจัย ได้ดังนี้

- **ปัจจัยกลุ่มอาคาร** หมายถึง ลักษณะการวางอาคาร มี 3 ตัวแปร คือ กลุ่มอาคารรูปตัวยูล้อมชานแบบต่อเนื่อง แบบไม่ต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่องบางส่วน
- **ปัจจัยระยะระหว่างอาคาร** หมายถึง ระยะระหว่างอาคารที่อยู่ในแนวเดียวกัน มี 3 ตัวแปร คือ ระยะห่าง 1 เท่า 1.5 เท่า และ 2 เท่า ของความสูงห้องเหนือระดับชาน
- **ปัจจัยรูปทรงหลังคา** หมายถึง ความชันของหลังคาทรงจั่ว มี 4 ตัวแปร คือ ความชัน 0 องศา 30 องศา 45 องศา และ 60 องศา
- **ปัจจัยผนังภายใน** หมายถึง ลักษณะผนังกั้นระหว่างห้องมี 2 ตัวแปร คือ ผนังภายใน+ภายนอกมีช่องเปิดส่วนบน และผนังภายใน+ผนังภายนอกไม่มีช่องเปิดส่วนบน
- **ปัจจัยปริมาณช่องเปิด** หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดลมเข้าและลมออกต่อพื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมด มี 3 ตัวแปร คือ ปริมาณช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกร้อยละ 30และร้อยละ 60 และปริมาณช่องเปิดลมเข้าร้อยละ 30 ร่วมกับปริมาณช่องเปิดลมออกร้อยละ 60
- **ปัจจัยตำแหน่งช่องเปิด** หมายถึง ความสูงของช่องเปิดลมเข้าและลมออกจากระดับพื้นห้อง มี 3 ตัวแปร คือ ความสูง 0 เมตร 0.40 เมตร และ 0.80 เมตร
- **ปัจจัยรูปแบบช่องเปิด** หมายถึง ลักษณะการแบ่งพื้นที่ช่องเปิดในกรณีที่ปริมาณช่องเปิดเท่ากัน มี 2 ตัวแปร คือ ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง และช่องเปิดแบบเป็นช่วง
- **ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น** หมายถึง มีช่องเปิดที่พื้นทั้งทางด้านข้าง(ระหว่างพื้นชานกับพื้นห้อง)และทางแนวราบ(ช่องโล่งต่อเนื่องระหว่างพื้นชั้นล่างกับชั้นบน) มี 2 ตัวแปร คือ การมีช่องเปิดที่พื้น และการไม่มีช่องเปิดที่พื้น
- **ปัจจัยรูปแบบของชายคา** หมายถึง ความชันของชายคา มี 2 ตัวแปร คือ ความชัน 0 องศา และความชันเท่ากับองศาหลังคา
- **ปัจจัยช่องว่างระหว่างชายคาและหลังคา** หมายถึง การใช้ช่องว่างระหว่างชายคาและหลังคา มี 2 ตัวแปร คือ การใช้ช่องว่างระหว่างชายคาและหลังคา และการไม่ใช้ช่องว่างระหว่างชายคาและหลังคา

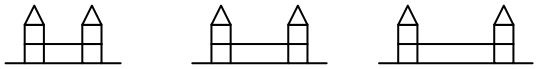
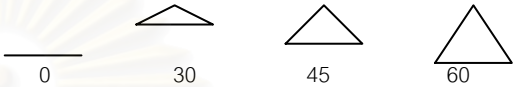
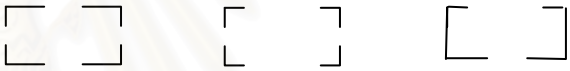
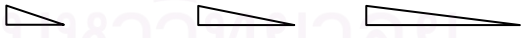
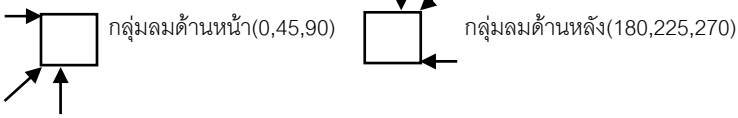
- **ปัจจัยระยะยื่นของชายคา** หมายถึง ระยะยื่นของชายคาจากผนังในกรณีที่ความชันของชายคาเท่ากัน มี 3 ตัวแปร คือ ระยะยื่น 1.00 เมตร 1.60 เมตร และ 2.00 เมตร
- **ปัจจัยทิศทางกระแสลม** หมายถึง ทิศทางของกระแสลมภายนอกก่อนเข้าสู่ภายในอาคาร และเนื่องจากกรณีศึกษามีลักษณะสมมาตรตามแนวยาว จึงกำหนดทิศทางกระแสลมที่ศึกษาใน 2 กลุ่ม 6 ทิศทาง ได้แก่
  1. *กลุ่มกระแสลมด้านหน้า* คือ ทิศ 0 องศา ทิศ 45 องศา และทิศ 90 องศา
  2. *กลุ่มกระแสลมด้านหลัง* คือ ทิศ 180 องศา ทิศ 225 องศา และทิศ 270 องศา

2. **ตัวแปรตาม** คือ ประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคาร ได้แก่ ความเร็วลมภายในพื้นที่ใช้งาน และลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารที่ระดับ 0.80 เมตร
3. **ตัวแปรควบคุม** คือ ชนิดอาคาร รูปแบบอาคาร และความเร็วลมภายนอกโดยกำหนดให้กระแสลมภายนอกอาคารมีค่าเท่ากันในทุกทิศทาง คือ 1.35 m/s ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีของพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ 3-16 แสดงตัวแปรของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

ตัวแปรสำหรับการศึกษากรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน นี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-6

ลักษณะตัวแปร	ปัจจัย	ตัวแปร
ตัวแปรต้น	กลุ่มอาคาร	ไม่ต่อเนื่อง ต่อเนื่อง ต่อเนื่องบางส่วน
	ระยะระหว่างอาคาร	 1H 1.5H 2H
	รูปทรงหลังคา	 0 30 45 60
	ใต้ถุนโล่ง	ใต้ถุนโล่ง ใต้ถุนทึบ
	ผนังภายใน	ผนังภายใน+ภายนอกไม่มีลม ผนังภายใน+ภายนอกมีช่องลม
	ปริมาณช่องเปิด	 30% 60% 30% - 60%
	ตำแหน่งช่องเปิด	0 0.40 0.80
	รูปแบบช่องเปิด	เป็นช่วง ต่อเนื่อง ช่องเปิดที่พื้น
	ความชันชายคา	0 เอียง
	ช่องว่างระหว่างชายคา	ไม่มีช่องว่าง มีช่องว่าง
	ระยะยื่นชายคา	 1.00 1.60 2.00
	ทิศทาง	 กลุ่มลมด้านหน้า(0,45,90) กลุ่มลมด้านหลัง(180,225,270)
ตัวแปรตาม	**ประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลม**	ความเร็วลมภายในอาคาร ลักษณะการไหลเวียนกระแสลม
ตัวแปรควบคุม	**พื้นที่ดิน ชนิดอาคาร พื้นที่อาคาร**	

ตารางที่ 3-6 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมในทิศทางต่างๆ

3.6 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยและปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้น

ส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรแล้วทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธพลของตัวแปรต่างๆต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

ส่วนที่ 3 เป็นการนำข้อสรุปจากการทดลองในส่วนที่ 2 มาออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบแล้วทำการทดลองเพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบในปัจจุบัน

การออกแบบการทดลองของการศึกษาในแต่ละส่วนมีดังนี้

3.6.1 การทดลองส่วนที่ 1 : การทดลองเรือนไทยกรณีศึกษา

การทดลองในส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ และศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้นๆ การทดลองอาศัยการสร้างแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาและแบบจำลองของแต่ละปัจจัยที่ต้องการศึกษา แล้วคำนวณความเร็วลมภายในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HEATX โดยกำหนดให้ความเร็วลมภายนอกอาคารเป็นตัวแปรควบคุมเท่ากับ 1.35 เมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ได้แก่

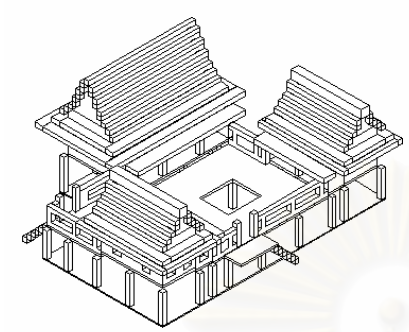
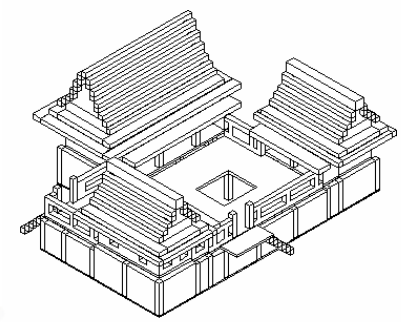
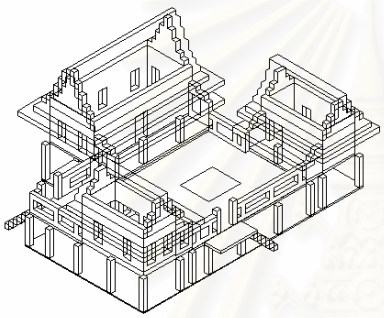
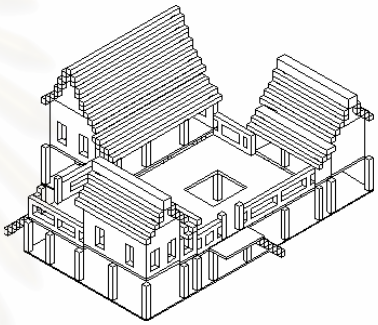
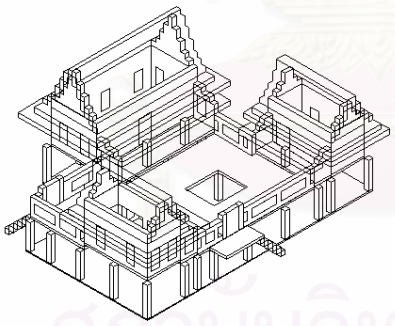
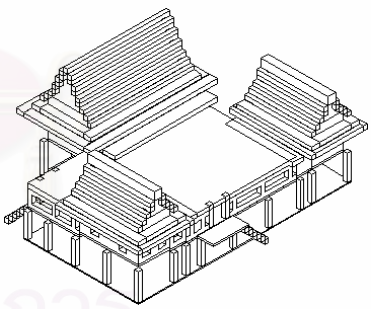
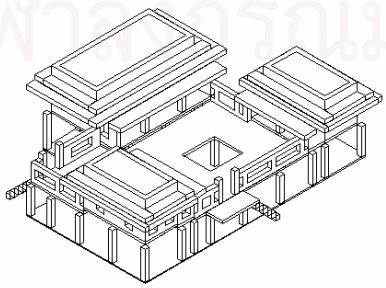
การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองย่อยตามทิศทางที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- การทดลองที่ 1/1-1 กำหนดให้กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/1-2 กำหนดให้กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/1-3 กำหนดให้กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทย โดยทำการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย กับทิศทางกระแสลมภายนอก 3 ทิศทาง แบ่งการทดลองออกเป็น 18 การทดลองย่อย โดยที่ การทดลองที่ 1-3 ศึกษาปัจจัยช่องเปิดที่พื้น การทดลองที่ 4-6 ศึกษาปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง การทดลองที่ 7-9 ศึกษาปัจจัยหลังคาทรงสูง การทดลองที่ 10-12 ศึกษาปัจจัยใต้ถุนโล่ง การทดลองที่ 13-15 ปัจจัยชายคา และการทดลองที่ 16-18 ปัจจัยชานโล่ง รายละเอียดการทดลองต่างๆ มีดังนี้

- การทดลองที่ 1/2-1 ปิดช่องเปิดที่พื้นทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-2 ปิดช่องเปิดที่พื้นทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-3 ปิดช่องเปิดที่พื้นทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 1/2-4 ปิดช่องเปิดที่ผนังทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-5 ปิดช่องเปิดที่ผนังทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-6 ปิดช่องเปิดที่ผนังทั้งหมด เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 1/2-7 รูปทรงหลังคาแบบราบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-8 รูปทรงหลังคาแบบราบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-9 รูปทรงหลังคาแบบราบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 1/2-10 ปิดใต้ถุนให้ทึบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-11 ปิดใต้ถุนให้ทึบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-12 ปิดใต้ถุนให้ทึบ เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 1/2-13 ตัดชายคาออก เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-14ตัดชายคาออก เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-15 ตัดชายคาออก เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 1/2-16 เพิ่มหลังคาส่วนชาน เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 1/2-17 เพิ่มหลังคาส่วนชาน เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 1/2-18 เพิ่มหลังคาส่วนชาน เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 90 องศา

แบบจำลองของแต่ละการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 3-7

การทดลอง	แบบจำลอง	การทดลอง	แบบจำลอง
1/1-1 1/1-2 1/1-3		1/2-10 1/2-11 1/2-12	
1/2-1 1/2-2 1/2-3		1/2-13 1/2-14 1/2-15	
1/2-4 1/2-5 1/2-6		1/2-16 1/2-17 1/2-18	
1/2-7 1/2-8 1/2-9			

ตารางที่ 3-7 แสดงแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษาและแบบจำลองของแต่ละปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 1

3.6.2 **การทดลองส่วนที่ 2 : การทดลองกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน**

การทดลองในส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรแล้วทดลองเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา โดยสร้างแบบจำลองของแต่ละตัวแปร แล้วจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม HEATX ให้ความเร็วลมภายนอกอาคารคงที่ 1.35 เมตรต่อวินาที แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ตามตัวแปรที่ต้องการศึกษา ได้แก่

การทดลองชุดที่ 1 เป็นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบกลุ่มอาคารกับทิศทางกระแสลมภายนอก กำหนดรูปแบบกลุ่มอาคาร 3 แบบ คือ กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน และทิศทางกระแสลมภายนอก 6 ทิศทาง คือ ทิศ 0 องศา, ทิศ 45 องศา, ทิศ 90 องศา, ทิศ 180 องศา, ทิศ 225 องศา และทิศ 270 องศา แบ่งการทดลองออกเป็น 18 การทดลองย่อย โดยการทดลองที่ 1-6 ศึกษากลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง การทดลองที่ 7-12 ศึกษากลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และการทดลองที่ 13-18 ศึกษากลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน ดังนี้

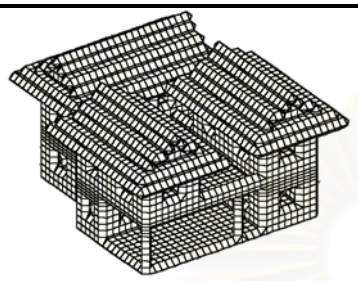
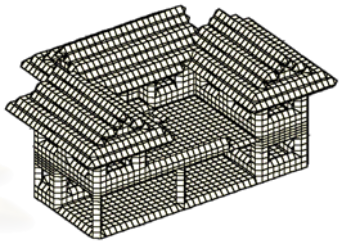
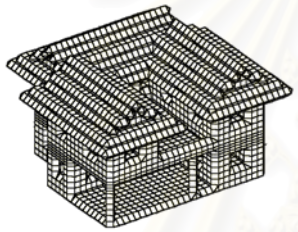
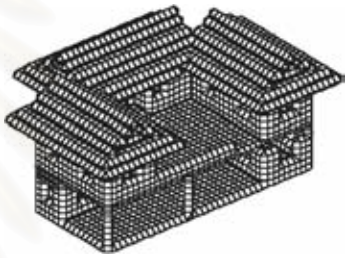
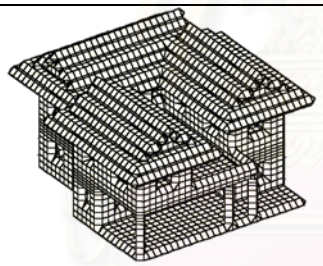
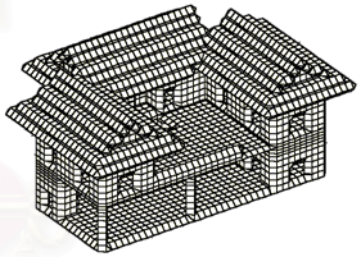
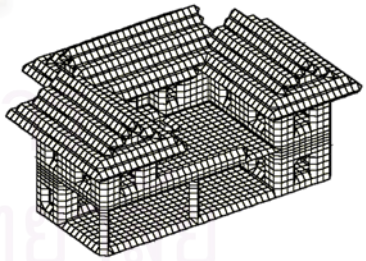
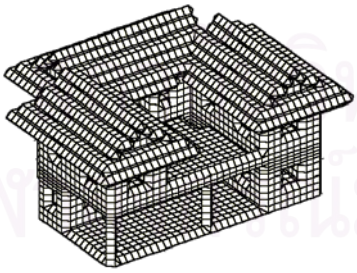
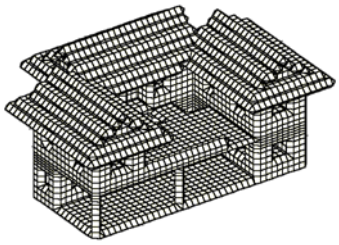
- การทดลองที่ 2/1-1 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 2/1-2 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 2/1-3 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 2/1-4 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 180 องศา
- การทดลองที่ 2/1-5 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 225 องศา
- การทดลองที่ 2/1-6 อาคารแบบไม่ต่อเนื่อง+ทิศ 270 องศา
- การทดลองที่ 2/1-7 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 2/1-8 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 2/1-9 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 2/1-10 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 180 องศา
- การทดลองที่ 2/1-11 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 225 องศา
- การทดลองที่ 2/1-12 อาคารแบบต่อเนื่อง+ทิศ 270 องศา
- การทดลองที่ 2/1-13 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 2/1-14 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 2/1-15 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 2/1-16 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 180 องศา
- การทดลองที่ 2/1-17 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 225 องศา
- การทดลองที่ 2/1-18 อาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน+ทิศ 270 องศา

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปร โดยนำปัจจัยจากการทดลองส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากงานวิจัยที่ผ่านมา รวม 12 ปัจจัย มากำหนดตัวแปรเพื่อทำการทดลองกับกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องและกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา แบ่งเป็น 24 การทดลองย่อย โดยการทดลองที่ 1-3 ศึกษาปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่ขนานกัน การทดลองที่ 4-6 ศึกษาปัจจัยปริมาณช่องเปิด การทดลองที่ 7-9 ศึกษาปัจจัยระดับช่องเปิด การทดลองที่ 10-14 ศึกษาปัจจัยชนิดช่องเปิด การทดลองที่ 15-18 ศึกษาปัจจัยรูปทรงหลังคา การทดลองที่ 19-21 ศึกษาปัจจัยรูปแบบชายคา และการทดลองที่ 22-24 ศึกษาปัจจัยระยะยื่นชายคา ดังนี้

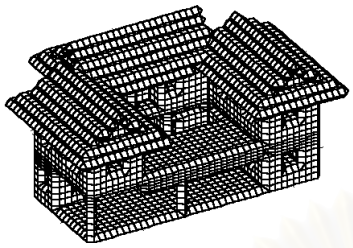
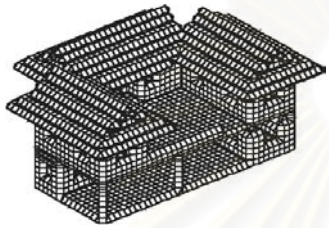
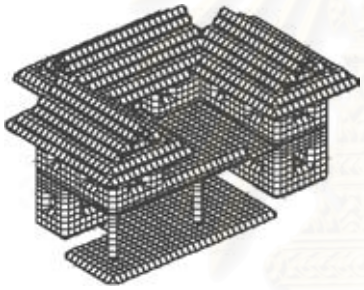
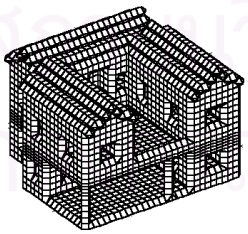
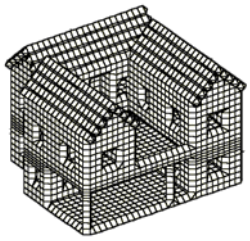
- การทดลองที่ 2/2-1 อาคารที่ขนานกัน เมื่อห่างกันเท่ากับ 1 เท่าของความสูงอาคาร
- การทดลองที่ 2/2-2 อาคารที่ขนานกัน เมื่อห่างกันเท่ากับ 1.5 เท่าของความสูงอาคาร
- การทดลองที่ 2/2-3 อาคารที่ขนานกัน เมื่อห่างกันเท่ากับ 2 เท่าของความสูงอาคาร
- การทดลองที่ 2/2-4 ปริมาณช่องเปิด 30%
- การทดลองที่ 2/2-5 ปริมาณช่องเปิด 60%
- การทดลองที่ 2/2-6 ปริมาณช่องเปิดลมเข้า 30% ปริมาณช่องเปิดลมออก 60%
- การทดลองที่ 2/2-7 ตำแหน่งช่องเปิดสูงจากพื้น 0 เมตร
- การทดลองที่ 2/2-8 ตำแหน่งช่องเปิดสูงจากพื้น 0.40 เมตร
- การทดลองที่ 2/2-9 ตำแหน่งช่องเปิดสูงจากพื้น 0.80 เมตร
- การทดลองที่ 2/2-10 รูปแบบช่องเปิดแบบตรงกลางห้อง
- การทดลองที่ 2/2-11 รูปแบบช่องเปิดแบบเป็นช่วง
- การทดลองที่ 2/2-12 ช่องเปิดที่พื้น
- การทดลองที่ 2/2-13 ผนังภายนอก+ภายในมีช่องเปิดส่วนบน
- การทดลองที่ 2/2-14 ยกพื้นชั้นล่างให้โล่งสูง 1.20 ม.
- การทดลองที่ 2/2-15 รูปทรงหลังคาเมื่อมีความชันเท่ากับ 0 องศา
- การทดลองที่ 2/2-16 รูปทรงหลังคาเมื่อมีความชันเท่ากับ 30 องศา
- การทดลองที่ 2/2-17 รูปทรงหลังคาเมื่อมีความชันเท่ากับ 45 องศา
- การทดลองที่ 2/2-18 รูปทรงหลังคาเมื่อมีความชันเท่ากับ 60 องศา
- การทดลองที่ 2/2-19 ชายคาแบบเอียง
- การทดลองที่ 2/2-20 ชายคาแบบราบ
- การทดลองที่ 2/2-21 ชายคาแบบเอียงแบบมีช่องเปิด
- การทดลองที่ 2/2-22 ชายคายื่น 1.00 เมตร
- การทดลองที่ 2/2-23 ชายคายื่น 1.60 เมตร

- การทดลองที่ 2/2-24 ชายคายื่น 2.00 เมตร

แบบจำลองของแต่ละการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 3-8

<table>
<tr><th>การทดลอง</th><th>แบบจำลอง</th><th>ชุดการทดลอง</th><th>แบบจำลอง</th></tr>
<tr><td rowspan="2">2/1-1
2/1-2
2/1-3
2/1-4
2/1-5
2/1-6</td><td rowspan="2">  </td><td>2/2-4</td><td>แบบจำลองจากการทดลอง 2/2-3</td></tr>
<tr><td>2/2-5</td><td>  </td></tr>
<tr><td>2/1-7
2/1-8
2/1-9
2/1-10
2/1-11
2/1-12</td><td>  </td><td>2/2-6</td><td>  </td></tr>
<tr><td>2/1-13
2/1-14
2/1-15
2/1-16
2/1-17
2/1-18</td><td>  </td><td>2/2-7</td><td>  </td></tr>
<tr><td>2/2-1</td><td>แบบจำลองจากการทดลอง 2/1-7</td><td rowspan="3">2/2-8</td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">2/2-2</td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td>2/2-9,10</td><td>แบบจำลองจากการทดลอง 2/2-3</td></tr>
<tr><td>2/2-3</td><td>  </td><td>2/2-11</td><td> </td></tr>
</table>

ตารางที่ 3-8 แสดงแบบจำลองเพื่อศึกษาตัวแปรที่ผลต่อการไหลเวียนกระแสลมของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยปัจจุบัน

การทดลอง	แบบจำลอง	ชุดการทดลอง	แบบจำลอง
2/2-12		2/2-18	
2/2-13		2/2-19	แบบจำลองจากการทดลอง 2/2-3
		2/2-20	
2/2-14		2/2-21	
2/2-15		2/2-22	แบบจำลองจากการทดลอง 2/2-20
		2/2-23	
2/2-16			
2/2-17		2/2-24	

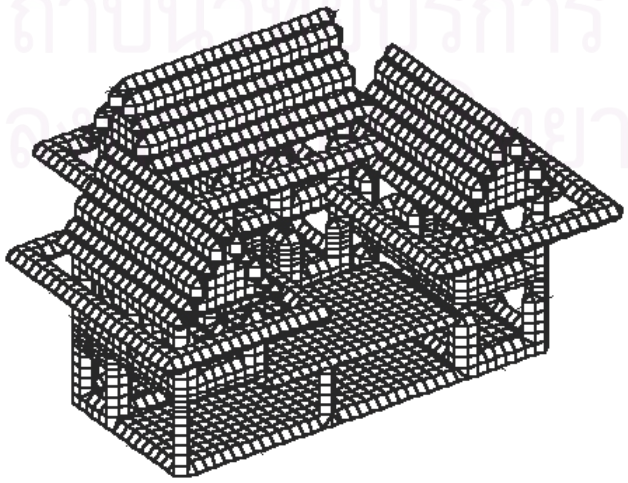
ตารางที่ 3-8(ต่อ) แสดงแบบจำลองเพื่อศึกษาตัวแปรที่ผลต่อการไหลเวียนกระแสลมของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยปัจจุบัน

3.6.3 **การทดลองส่วนที่** 3 : **การทดลองเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบ**

การทดลองในส่วนที่ 3 เป็นการนำตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารมีประสิทธิภาพสูงสุดจากการทดลองส่วนที่ 2 ทั้งสองชุด มาประยุกต์ใช้กับบ้านพักอาศัยต้นแบบ เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันต่อไป การทดลองอาศัยการสร้างแบบจำลองของบ้านพักอาศัยต้นแบบ แล้วคำนวณความเร็วลมภายในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ HEATX กำหนดให้ความเร็วลมภายนอกอาคารเท่ากับ 1.35 m/s และ 2.0 m/s ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทาง แบ่งการทดลองออกเป็น 12 การทดลองย่อย การทดลองที่ 1-6 ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s และการทดลองที่ 7-12 ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 2.0 เมตรต่อวินาที ดังนี้

- การทดลองที่ 3-1 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 3-2 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 3-3 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 3-4 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 180 องศา
- การทดลองที่ 3-5 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 225 องศา
- การทดลองที่ 3-6 ลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s +ทิศ 270 องศา
- การทดลองที่ 3-7 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 0 องศา
- การทดลองที่ 3-8 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 45 องศา
- การทดลองที่ 3-9 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 90 องศา
- การทดลองที่ 3-10 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 180 องศา
- การทดลองที่ 3-11 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 225 องศา
- การทดลองที่ 3-12 ลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s +ทิศ 270 องศา

แบบจำลองของแต่ละการทดลองสรุปได้ดังรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-17 แสดงแบบจำลองของบ้านพักอาศัยต้นแบบ

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบจำลองเมื่อถูกกำหนดสถานการณ์ต่างๆแล้วคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ผลลัพธ์ในหลายลักษณะ จึงต้องคัดเลือกข้อมูลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร และข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ส่วน มีรายละเอียดการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. **ข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร**

แสดงในรูปแบบของชั้นความเร็วลม โดยกำหนดให้แต่ละชั้นความเร็วลมเท่ากับ 0.05 m/s ช่วงความเร็วลมตั้งแต่ 0-2.5 m/s ทำการบันทึกความเร็วลมตำแหน่งต่างๆภายในอาคาร ทุกๆระยะ 1.60 ม. X 1.60 ม. ที่ระดับความสูง 0.80 ม. จากระดับพื้น โดยเก็บข้อมูลเฉพาะพื้นที่ภายในอาคารทั้งพื้นที่ห้องชั้นล่าง, ชั้นบน, พื้นที่ชานและพื้นที่ใต้ถุน

2. **ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร**

แสดงในรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลม กำหนดทิศทางด้วยหัวลูกศร โดยกำหนดให้ระยะห่างแต่ละเส้นเท่ากันๆกัน ณ ต้นทางกระแสลม ทำการบันทึกรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลมที่ระดับความสูง 0.80 ม. สำหรับแนวราบ และรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลมในแนวดิ่ง สำหรับด้านที่ขนานกับทิศทางลม โดยเก็บข้อมูลเฉพาะพื้นที่ภายในอาคารทั้งพื้นที่ห้องชั้นล่าง, ชั้นบน, พื้นที่ชานและพื้นที่ใต้ถุน

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนต่างๆประกอบด้วยข้อมูลกระแสลมทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลความเร็วลม และข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร จึงมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. **ข้อมูลความเร็วภายในอาคาร** โดยหาค่าเฉลี่ยของความเร็วลมภายในอาคารจากความเร็วลมทุกตำแหน่งในพื้นที่ใช้งานสำคัญๆภายในอาคาร แยกตามลักษณะพื้นที่ คือ พื้นที่ห้องชั้นล่าง พื้นที่ใต้ถุน พื้นที่ห้องชั้นบน พื้นที่ชาน
2. **ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลม** เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะ 2 มิติ จึงต้องอาศัยข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมทั้งในแนวราบและแนวดิ่งประกอบกัน เพื่อสรุปพฤติกรรมการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร

นำข้อมูลทั้งสองส่วนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีลำดับการวิเคราะห์ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ
2. วิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ เฉพาะทิศทางที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดของแต่ละกรณี
3. เปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้น
4. เปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมที่เกิดขึ้นเฉพาะทิศทางที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดของแต่ละกรณี

โดยการวิเคราะห์ผลการวิจัยและการสรุปผลการวิจัยจะทำควบคู่กันไป โดยเริ่มจากการทดลองส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ตามลำดับ เนื่องจากต้องนำข้อสรุปจากการทดลองไปใช้กับการทดลองส่วนต่อไป ตามลำดับ

3.9 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งข้อมูลความเร็วลมและข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมประกอบกัน โดยมีประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมเป็นตัวชี้วัด เนื่องจากการวิจัยประกอบด้วยการทดลองหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กัน การสรุปผลจึงแยกการสรุปออกเป็นส่วนๆตามการทดลองส่วนต่างๆ ดังนี้

1. สรุปลักษณะและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทย
2. สรุปส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของกระแสลมของบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน
3. เสนอแนะแนวทางการออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิจัยแบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยและปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้น ส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 กับปัจจัยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรในการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปร และสรุปตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนที่ 3 เป็นการนำข้อสรุปจากการทดลองในส่วนที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับบ้านพักอาศัยต้นแบบเพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

ผลการวิจัยประกอบด้วยข้อมูล 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร และข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร การวิเคราะห์ผลการวิจัย อาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลใน 2 ลักษณะ คือ เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละทิศทางและแยกตามพื้นที่ และเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารในแต่ละทิศทางและแยกตามพื้นที่ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองลักษณะ

การสรุปผลการวิจัย อาศัยการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาสรุปผลตามวัตถุประสงค์แยกตามการทดลองส่วนต่างๆ โดยจะสรุปผลการวิจัยทีละส่วน เนื่องจากต้องนำผลสรุปในแต่ละส่วนไปใช้กับการทดลองในส่วนต่อไป โดยเริ่มจากการทดลองในส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ตามลำดับ

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยแยกตามการทดลองส่วนต่างๆ ดังนี้

4.1 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 1

การทดลองในส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ และศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้นๆ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ได้แก่

- **การทดลองชุดที่** 1 เพื่อศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่างๆ โดยอาศัยแบบจำลองของเรือนไทยกรณีศึกษา เพื่อทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม HeatX มี 3 การทดลองย่อย ตามทิศทางที่ศึกษา

- **การทดลองชุดที่** 2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยมีลักษณะดังผลการทดลองชุดที่ 1 โดยทำการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย กับทิศทางกระแสลมภายนอก 3 ทิศทาง แบ่งการทดลองออกเป็น 18 การทดลองย่อย โดยที่การทดลองที่ 1-3 ศึกษาปัจจัยช่องเปิดที่พื้น การทดลองที่ 4-6 ศึกษาปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง การทดลองที่ 7-9 ศึกษาปัจจัยหลังคาทรงสูง การทดลองที่ 10-12 ศึกษาปัจจัยใต้ถุนโล่ง การทดลองที่ 13-15 ปัจจัยชายคา และการทดลองที่ 16-18 ปัจจัยชานโล่ง

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย (ดูข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆ จากภาคผนวก จ-1) มีดังนี้

4.1.1 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1

4.1.1.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-3

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.28	20.76	0.22	16.13	0.25	18.45	0.25	18.45
บน	เรือนนอน	0.01	0.43	0.01	0.43	0.02	1.83	0.01	0.90
	หอนั่ง	0.05	3.94	0.04	3.24	0.15	11.30	0.08	6.16
	ระเบียง	0.06	4.64	0.05	3.94	0.07	5.34	0.06	4.64
	ชาน	0.21	15.58	0.14	10.41	0.14	10.08	0.16	12.03
	ค่าเฉลี่ย	0.12	8.74	0.08	6.04	0.10	7.54	0.10	7.44

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-1 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1-3

4.1.1.2 การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-3

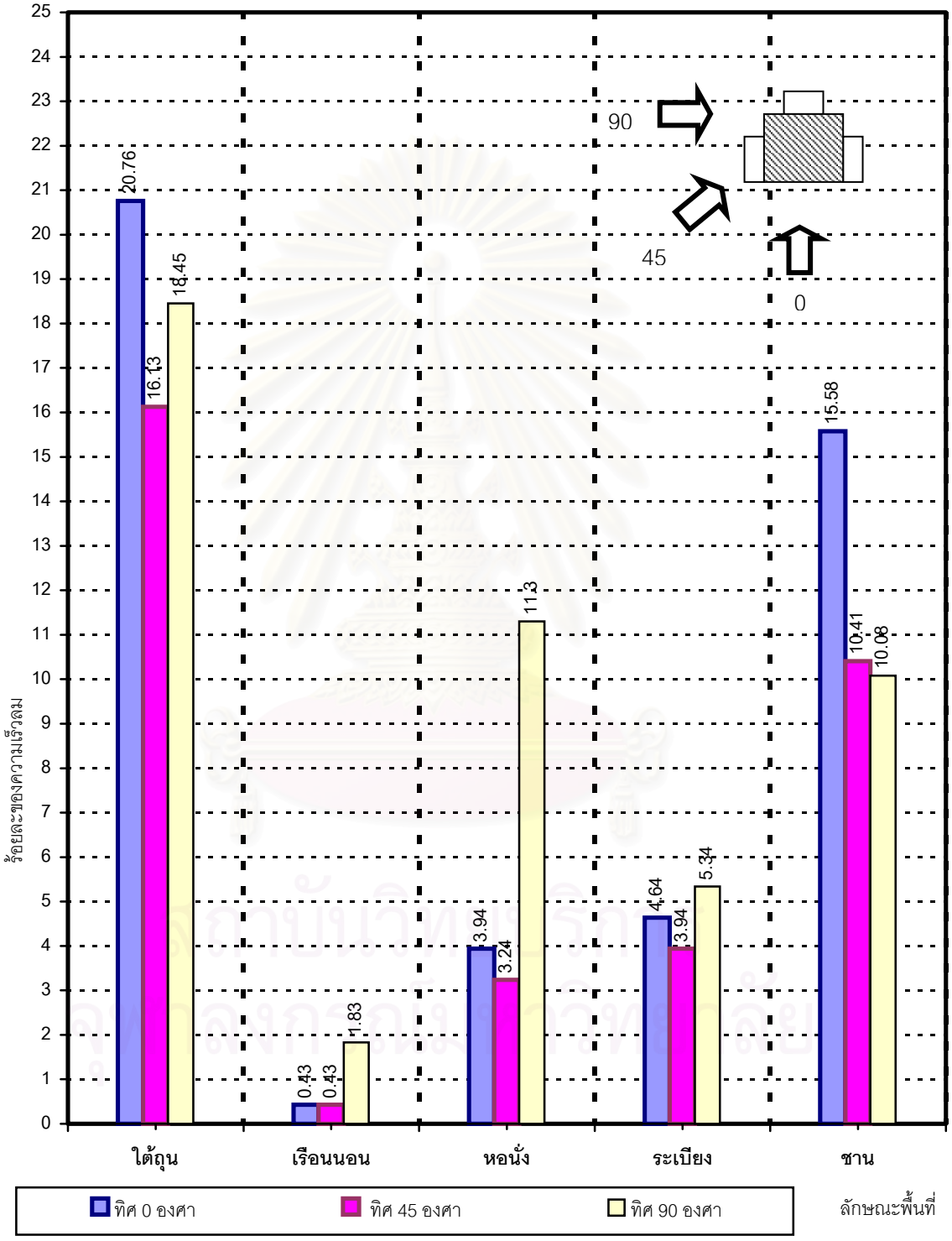
- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

จากผลการทดลองพบว่า ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-1 โดยกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดทั้งชั้นล่าง 0.28 m/s (20.76 %) และชั้นบน 0.12 m/s (8.74 %) รองลงมาคือทิศ 90 องศา 0.25 m/s (18.45 %) สำหรับชั้นล่างและ 0.10 m/s (7.54 %) สำหรับชั้นบน และทิศ 45 องศา 0.22 m/s (16.13 %) สำหรับชั้นล่างและ 0.08 m/s (6.04 %) สำหรับชั้นบน ตามลำดับ

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา)**

เมื่อพิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยของกระแสลมภายในอาคารมีความแตกต่างกันมากระหว่างชั้นล่างกับชั้นบน ดังแผนภูมิที่ 4-1 โดยความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างเท่ากับ 0.28 m/s (20.76 %) ซึ่งสูงกว่าชั้นบนที่เท่ากับ 0.12 m/s (8.74 %) หากแยกตามลักษณะพื้นที่ พบว่า พื้นที่ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มใต้ถุนและชานซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างสูง และกลุ่มระเบียง หอนั่งและเรือนนอนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ โดยใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.28 m/s (20.76 %) รองลงมาเป็นพื้นที่ ชาน 0.21 m/s (15.58 %) ระเบียง 0.06 m/s (4.64 %) หอนั่ง 0.05 m/s (3.94 %) และเรือนนอน 0.01 m/s (0.43 %) ตามลำดับ

แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยกรณีศึกษาเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศต่าง ๆด้วยความเร็ว 1.35 m/s

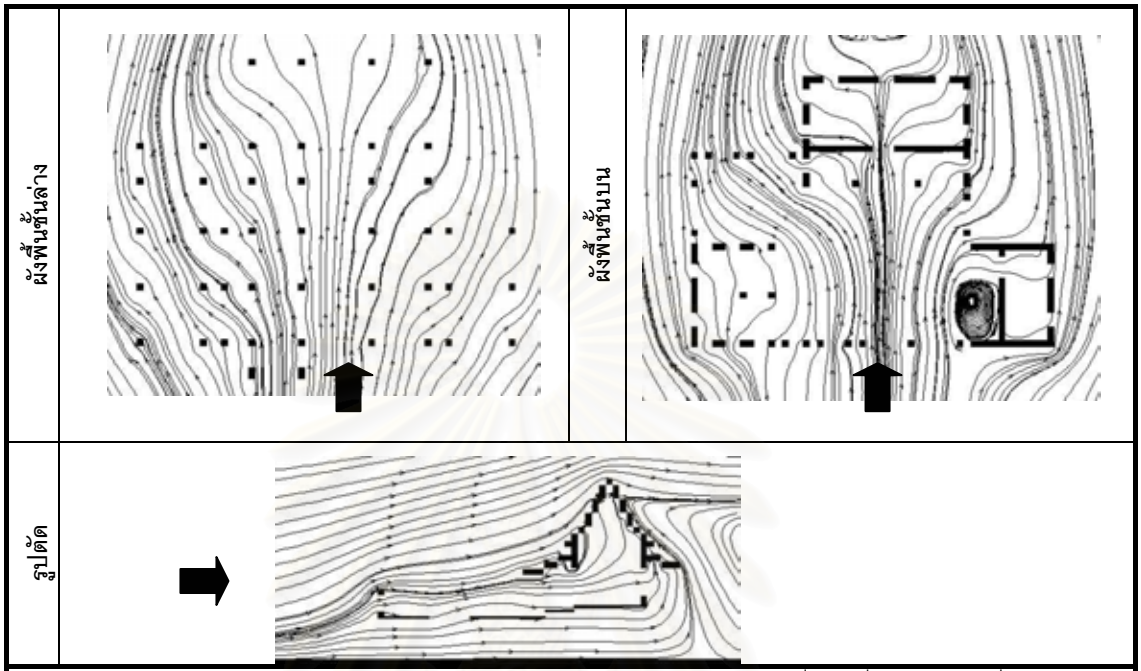


หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

แผนภูมิที่ 4-1 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยกรณีศึกษาเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทางต่างๆ ด้วยวามเร็ว 1.35 m/s

4.1.1.3 ข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1 - 3

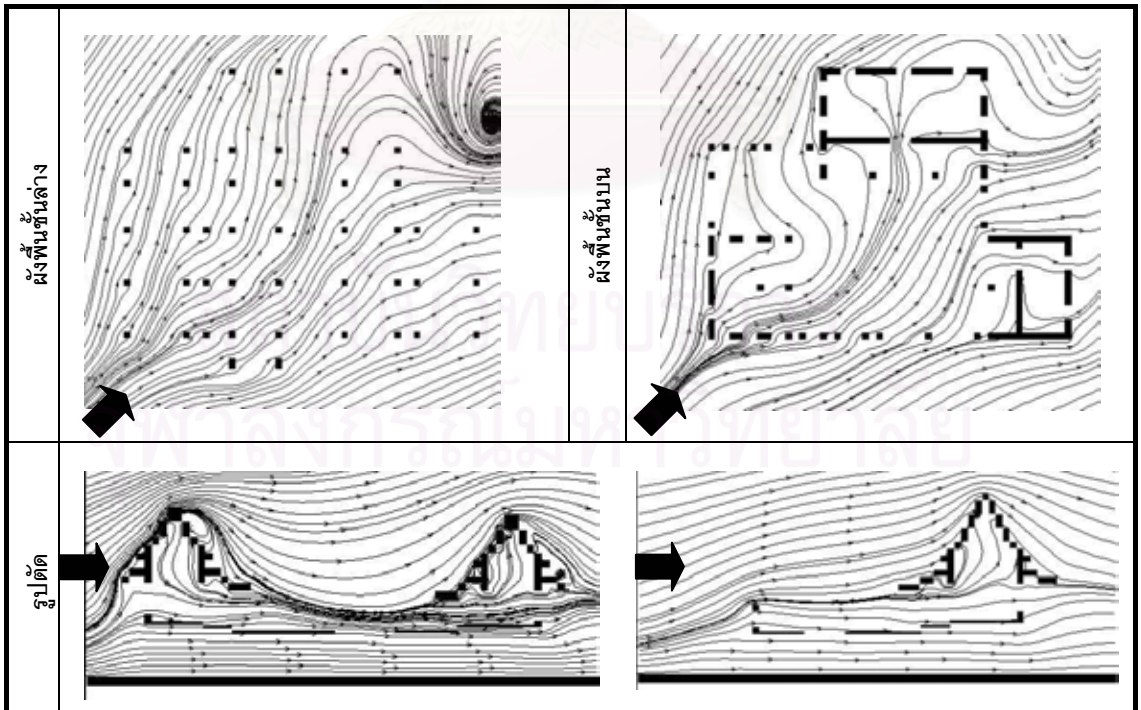
- **ข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1 (ทิศ 0 องศา)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1

รูปที่ 4-1 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1

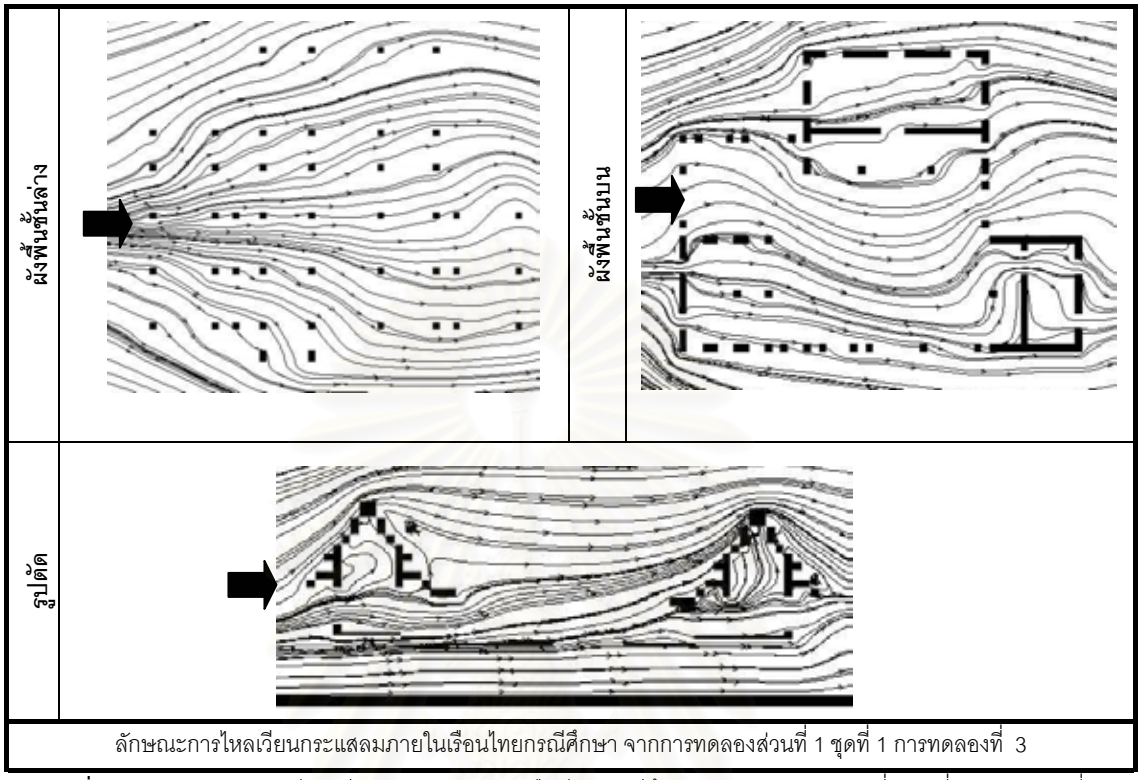
- **ข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 2 (ทิศ 45 องศา)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2

รูปที่ 4-2 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2

- **ข้อมูลการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 3 (ทิศ 90 องศา)**



รูปที่ 4-3 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 3

4.1.1.3 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-3

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเป็นการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด โดยทิศทางการไหลเวียนของกระแสลมภายในเรือนไทยจะสอดคล้องกับทิศทางของกระแสลมภายนอกและตำแหน่งช่องเปิดลมเข้าและลมออก ข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยพบว่า เมื่อกระแสลมเคลื่อนที่มาปะทะตัวอาคาร จะทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณด้านปะทะลมและในขณะเดียวกันก็จะเกิดความดันอากาศลดในด้านตรงข้ามกัน กระแสลมจึงเกิดการเคลื่อนที่จากด้านที่มีความดันอากาศเพิ่มสู่ด้านที่มีความดันอากาศลด ในขณะเดียวกันก็จะพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมไว้ ดังนั้นจากผลการทดลองการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยจึงมีทิศทางเคลื่อนที่จากด้านหน้าเรือนซึ่งเป็นด้านปะทะลมไปสู่ด้านหลังเรือนซึ่งเป็นด้านอับลม โดยกระแสลมบางส่วนจะทะลุผ่านใต้ถุน บางส่วนจะทะลุผ่านช่องเปิดของรั้วชาน หน้าต่าง ประตู และช่องเปิดที่พื้น เข้าสู่พื้นที่ชาน ระเบียง ภายในหอนั่งและเรือนนอน ในขณะที่กระแสลมบางส่วนจะพัดข้ามรั้วชานและหลังคาไป

เมื่อพิจารณาลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมร่วมกับข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อทิศทางของกระแสลมภายนอกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากเรือนไทยมีช่องเปิดลมเข้าและลมออกในทุกทิศทาง ประกอบกับการวางกลุ่มเรือนที่มีระยะห่างระหว่างเรือนมาก ทำให้ไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดก็สามารถผ่านเข้าและออกพื้นที่ต่างๆภายในอาคารได้อย่างทั่วถึงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีชานช่วยกระจายลม โดยกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากพื้นที่ชานสามารถรับลมได้มากกว่าทิศอื่นๆ จึงกระจายได้ดี นอกจากนี้ตัวเรือนยังบังลมกันน้อยมาก ทำให้ช่องเปิดลมเข้าสามารถรับลมได้อย่างเต็มที่นั่นเอง

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา)**

เมื่อพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยร่วมกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมแยกตามลักษณะพื้นที่พบว่า ชั้นล่างมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าชั้นบนมาก เนื่องจากพื้นที่ชั้นล่างมีลักษณะโล่ง ทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มด้านปะทะลมน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นบนซึ่งมีลักษณะทึบตันกว่า กระแสลมจึงสามารถพัดผ่านไปสู่ด้านหลังอาคารที่มีความดันอากาศต่ำได้ดีกว่าชั้นบน ซึ่งมีการพัดข้ามหลังคาและพัดออกทางด้านข้างแทนที่จะพัดผ่านพื้นที่ภายในอาคารตรงๆ จึงทำให้กระแสลมที่ผ่านเข้าสู่ช่องเปิดน้อย การไหลเวียนไม่ทั่วถึง ความเร็วลมเฉลี่ยจึงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ชั้นล่าง

เมื่อเปรียบเทียบแยกตามพื้นที่ต่างๆ พบว่า พื้นที่ในกลุ่มใต้ถุนและชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ในกลุ่มระเบียง หอนั่ง และเรือนนอน ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีลักษณะโล่ง กระแสลมมีการไหลเวียนทั่วถึง ในขณะที่กลุ่มระเบียง หอนั่ง และเรือนนอน กระแสลมมีการไหลเวียนไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะภายในเรือนนอนและเรือนครัว ที่มีช่องเปิดลมเข้าเพียงจุดเดียวแม้จะมีช่องเปิดลมออกในหลายทิศทาง แต่กระแสลมก็ยังไม่สามารถไหลเวียนได้อย่างทั่วถึงนัก ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ในกลุ่มนี้จึงค่อนข้างต่ำ

4.1.1.4 สรุปผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1

จากผลการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในเรือนไทย สามารถสรุปได้ว่า เรือนไทยมีการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอด การกระจายของกระแสลมภายในอาคารค่อนข้างดี ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะโล่ง และมีการเว้นระยะห่างระหว่างเรือน ทำให้สามารถเปิดช่องเปิดลมเข้าและออกในทุกทิศทาง โดยเฉพาะบริเวณใต้ถุน ชาน และระเบียง ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ยกเว้นพื้นที่ในส่วนหอนั่งและเรือนนอนที่การกระจายของกระแสลมภายในอาคารไม่ดีนัก ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรับรู้ได้ ซึ่งข้อสรุปทั้งสองส่วนสอดคล้องกับข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบว่า เรือนไทยสามารถรับลมได้ดีทุกทิศทางโดยคนไทยในสมัยก่อนนิยมใช้พื้นที่ส่วนใต้ถุน เพื่อการอยู่อาศัยโดยเฉพาะในเวลากลางวัน

ข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าประสิทธิภาพของการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอดขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย ได้แก่ ช่องเปิด รูปทรงหลังคา ส่วนประกอบช่องเปิดและผนังภายใน ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบของเรือนไทยพบว่าประกอบด้วยปัจจัยต่างๆเหล่านี้ เช่นกัน ได้แก่ ช่องเปิดที่ผนัง(หน้าต่าง,ประตู) ช่องเปิดที่พื้น(ช่องแมวลอด,ช่องเปิดที่พื้นชาน) หลังคาทรงสูง ใต้ถุนโล่งชายคายื่นยาว และชานโล่ง การทดลองในส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 จะเป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต่างๆเหล่านี้ต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทย

4.1.2 การทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2

4.1.2.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่1-3(ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.25	18.87	0.20	14.87	0.21	15.71	0.22	16.49
บน	เรือนนอน	0.01	0.43	0.01	0.43	0.02	1.83	0.01	0.90
	หอนั่ง	0.05	3.94	0.10	7.09	0.11	8.14	0.09	6.39
	ระเบียง	0.05	3.94	0.06	4.29	0.06	4.29	0.06	4.17
	ชาน	0.18	13.32	0.12	9.11	0.13	9.44	0.14	10.62
	ค่าเฉลี่ย	0.10	7.54	0.10	7.50	0.11	7.87	0.10	7.64

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-2 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1-3

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 4-6(ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.28	20.97	0.23	17.40	0.26	19.50	0.26	19.29
บน	เรือนนอน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	หอนั่ง	0.01	0.78	0.01	0.78	0.00	0.00	0.01	0.43
	ระเบียง	0.02	1.83	0.01	0.78	0.01	0.78	0.02	1.13
	ชาน	0.14	10.41	0.11	7.82	0.11	8.14	0.12	8.79
	ค่าเฉลี่ย	0.07	5.14	0.05	3.79	0.05	3.79	0.06	4.24

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-3 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4-6

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 7-9(ปัจจัยหลังคาทรงสูง)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.26	19.29	0.20	15.08	0.24	18.87	0.25	17.75
บน	เรือนนอน	0.01	0.43	0.01	0.43	0.02	1.83	0.01	0.90
	หอนั่ง	0.05	3.94	0.11	8.14	0.17	12.35	0.11	8.49
	ระเบียง	0.06	4.64	0.09	6.39	0.09	6.39	0.08	5.92
	ชาน	0.19	14.29	0.16	12.03	0.18	13.00	0.18	13.10
	ค่าเฉลี่ย	0.11	8.29	0.11	7.84	0.12	9.12	0.11	8.42

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-4 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7-9

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 10-12(ปัจจัยใต้ถุนโล่ง)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
บน	เรือนนอน	0.01	0.43	0.01	0.43	0.02	1.83	0.01	0.90
	หอนั่ง	0.07	4.99	0.11	8.14	0.12	9.19	0.10	7.44
	ระเบียง	0.05	3.94	0.07	5.34	0.04	3.24	0.06	4.17
	ชาน	0.18	13.00	0.12	9.11	0.11	8.47	0.14	10.19
	ค่าเฉลี่ย	0.10	7.54	0.09	6.34	0.08	6.19	0.09	6.69

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-5 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 10-12

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 13-15(ปัจจัยชายคา)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		ทิศ 0 องศา		ทิศ 45 องศา		ทิศ 90 องศา		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.29	21.18	0.23	17.19	0.26	19.29	0.26	19.22
บน	เรือนนอน	0.02	1.13	0.02	1.13	0.03	2.53	0.02	1.60
	หอนั่ง	0.07	4.99	0.12	9.19	0.17	12.35	0.12	8.84
	ระเบียง	0.08	5.69	0.08	6.04	0.09	6.39	0.08	6.04
	ชาน	0.25	18.17	0.16	12.03	0.18	13.32	0.20	14.51
	ค่าเฉลี่ย	0.14	10.40	0.11	8.14	0.13	9.49	0.13	9.34

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-6 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 13-15

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 16-18(ปัจจัยชานโล่ง)**

ชั้น	พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก							
		0		90		45		ค่าเฉลี่ย	
		m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ล่าง	ใต้ถุน	0.24	18.03	0.20	14.66	0.23	16.77	0.22	16.49
บน	เรือนนอน	0.01	0.43	0.01	0.43	0.03	2.53	0.02	1.13
	หอนั่ง	0.05	3.94	0.08	6.04	0.10	7.09	0.08	5.69
	ระเบียง	0.04	2.89	0.06	4.29	0.04	3.24	0.05	3.47
	ชาน	0.08	5.88	0.07	4.91	0.07	5.23	0.07	5.34
	ค่าเฉลี่ย	0.05	3.94	0.05	3.94	0.06	4.54	0.06	4.14

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-7 แสดงสรุปข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 16-18

4.1.2.2 การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละปัจจัย

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาพบว่า ทิศทางกระแสลมภายนอกไม่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแตกต่างกันมากนัก โดยกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดทั้งชั้นล่าง 0.24-0.28 m/s (18.03%-20.97%) และชั้นบน 0.05-0.14 m/s (3.94%10.40%) รองลงมาคือทิศ 90 องศา 0.21-0.26 m/s (15.71%-19.50%) สำหรับชั้นล่างและ 0.05-0.13 m/s (3.79%-9.49%) สำหรับชั้นบน และทิศ 45 องศา 0.20-0.23 m/s (14.87%-17.40%) สำหรับชั้นล่างและ 0.05-0.11 m/s (3.79%-7.84%) สำหรับชั้นบน ตามลำดับ

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ ของผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 กับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1**

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 กับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 .ในแต่ละทิศทาง พบว่า ผลการทดลองมีความสอดคล้องไปในทางเดียวกัน คือ ทิศทางกระแสลมภายนอกไม่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแตกต่างกันมากนัก โดยกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดทั้งสองชั้น รองลงมาคือทิศ 90 องศา และทิศ 45 องศา ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละทิศทางพบว่า พบว่า เกือบทุกปัจจัยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยลดลงทั้งสองชั้นเมื่อขาดปัจจัยนั้นๆ ยกเว้นการทดลองที่ 13-15 (ปัจจัยชายคา) ที่ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อยทั้งสองชั้น ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด โดยภายในชั้นเดียวกันความเร็วลมเฉลี่ยที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นจะไม่แตกต่างกันมากนัก ไม่ว่ากระแสลมพัดมาในทิศทางใด เช่นกัน

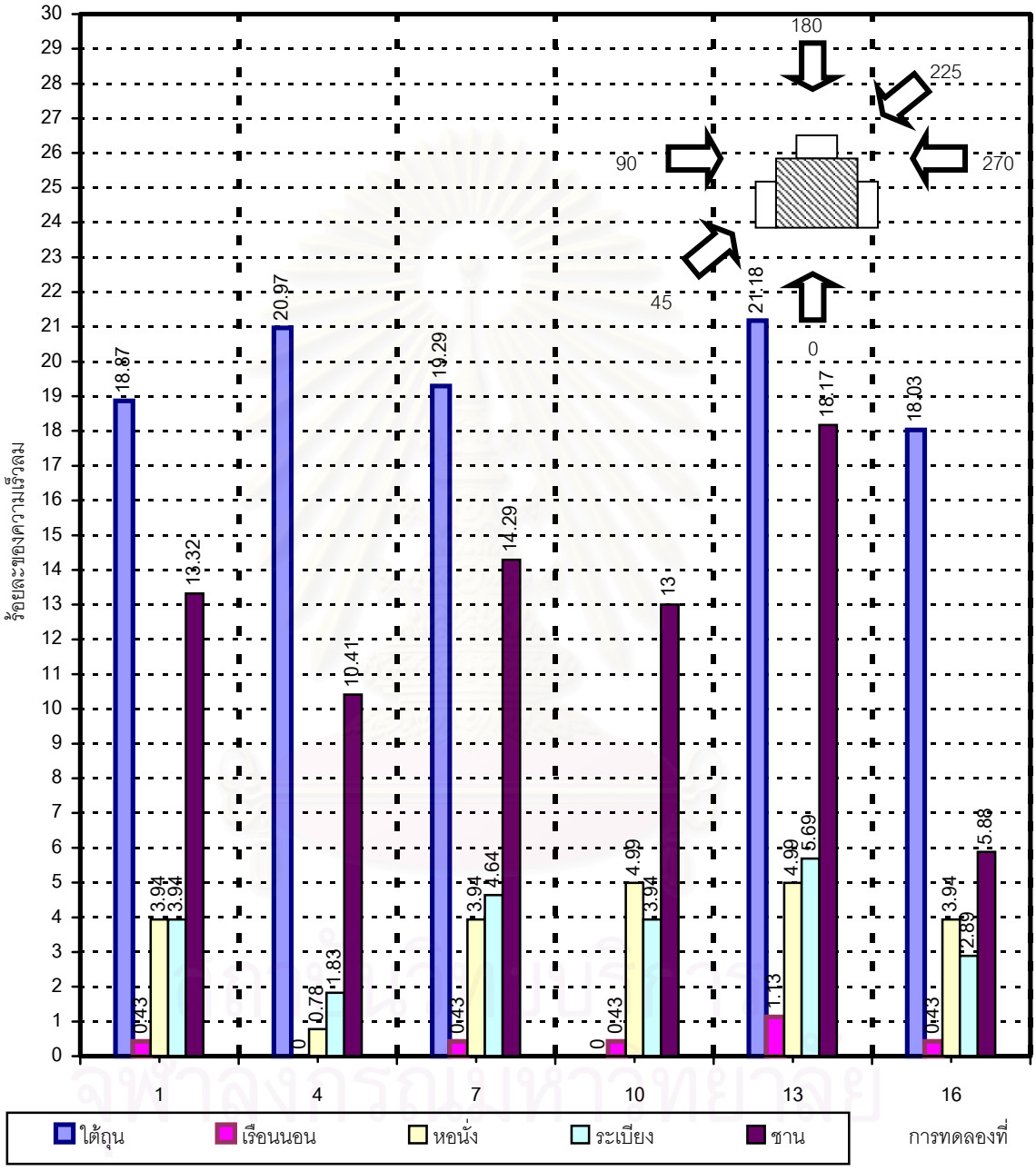
โดยในทิศ 0 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างลดลง 0.00-0.04 m/s (0%-14.29%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนลดลง 0.01-0.07 m/s (8.33%-58.33%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด) ทิศ 90 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างลดลง 0.00-0.04 m/s (0%-16.00%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนลดลง 0.02-0.05 m/s (20.00%-50.00%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด) และทิศ 45 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างลดลง 0.00-0.02 m/s (0%-9.09%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนลดลง 0 -0.03 m/s (0%-37.50%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด)

ส่วนการทดลองที่ 13-15 (ปัจจัยชายคา) ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อย โดยทิศ 0 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างเพิ่มขึ้น 0.00-0.04 m/s (0%-14.29%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนเพิ่มขึ้น 0.01-0.07 m/s (8.33%-58.33%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด) ทิศ 90 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างเพิ่มขึ้น 0.00-0.04 m/s (0%-16.00%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนเพิ่มขึ้น 0.02-0.05 m/s (20.00%-50.00%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด) และทิศ 45 องศา ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างเพิ่มขึ้น 0.00 - 0.02 m/s (0%-9.09%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน) ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นบนเพิ่มขึ้น 0 - 0.03 m/s (0%-37.50%) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4 ซึ่งปิดช่องเปิด)

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ในแต่ละปัจจัย (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา)**

หากพิจารณาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา สำหรับผลการทดลองในแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยของกระแสลมภายในอาคารมีความแตกต่างกันมากระหว่างชั้นล่างกับชั้นบน ดังแผนภูมิที่ 4-2 ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างจะอยู่ในช่วง 0.24-0.28 m/s (18.03%-20.97 %) (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดใต้ถุน ทำให้ความเร็วลมเท่ากับ 0 m/s) สูงกว่าชั้นบนซึ่งอยู่ในช่วง 0.05-0.11 m/s (3.94%-8.29 %) หากแยกตามลักษณะพื้นที่ พบว่า พื้นที่ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มใต้ถุนและชานซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างสูง (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่10 ซึ่งปิดช่องเปิดและใต้ถุน ทำให้ความเร็วลมเท่ากับ 0) และกลุ่มระเบียง หอนั่ง และเรือนนอนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่4 ซึ่งปิดช่องเปิด ทำให้ความเร็วลมภายในเรือนนอนและใต้เท่ากับ 0 m/s) โดยพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมสูงสุด 0.24-0.29 m/s (18.03%-21.18 %) รองลงมาเป็นพื้นที่ชาน 0.08-0.25 m/s (5.88%-18.17 %) ระเบียง 0.02-0.08 m/s (1.83%-5.69 %) หอนั่ง 0.01-0.07 m/s (0.43%-4.99%) และเรือนนอน 0.01-0.02 m/s (0.43%-1.13 %) ตามลำดับ

แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ด้วยความเร็ว 1.35 m/s

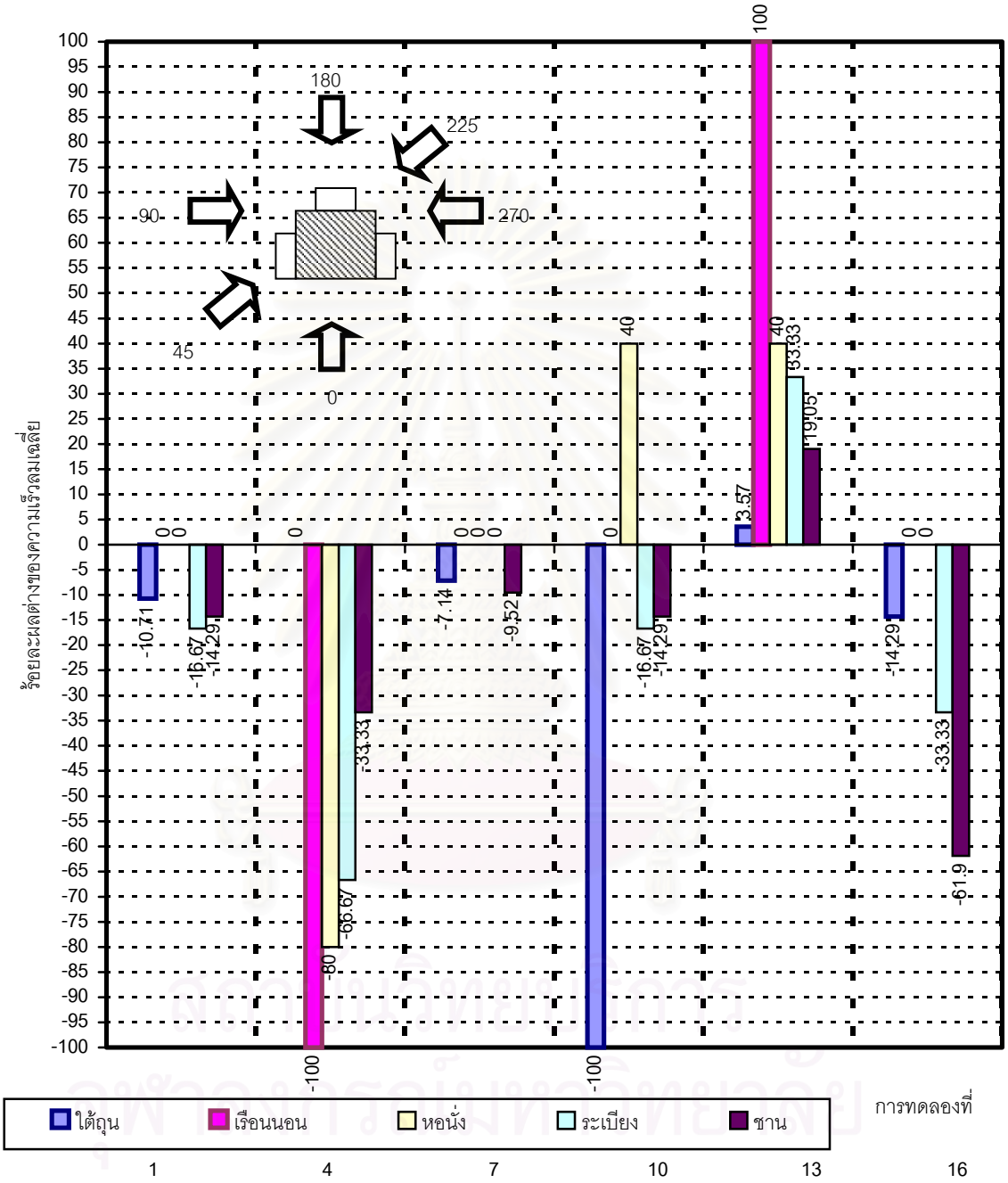


การทดลองที่ 1	กรณีปิดช่องเปิดที่พื้น	การทดลองที่ 4	กรณีปิดช่องเปิดที่ผนัง
การทดลองที่ 7	กรณีปรับองศาหลังคาเท่ากับ 0	การทดลองที่ 10	กรณีใต้ถุนทึบ
การทดลองที่ 13	กรณีไม่มีชายคา	การทดลองที่ 16	กรณีชานมีหลังคา

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

แผนภูมิที่ 4-2 แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ด้วยความเร็ว 1.35 m/s

แผนภูมิแสดงร้อยละผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศาด้วยความเร็ว 1.35 m/s



การทดลองที่ 1	กรณีปิดช่องเปิดที่พื้น	การทดลองที่ 4	กรณีปิดช่องเปิดที่ผนัง
การทดลองที่ 7	กรณีปรับองศาหลังคาเท่ากับ 0	การทดลองที่ 10	กรณีใต้ถุนทึบ
การทดลองที่ 13	กรณีไม่มีชายคา	การทดลองที่ 16	กรณีชานมีหลังคา

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

แผนภูมิที่ 4-3 แผนภูมิแสดงร้อยละผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยแยกตามลักษณะพื้นที่ของเรือนไทยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศาด้วยความเร็ว 1.35 m/s

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ของผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 กับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา)**

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของผลการทดลองในแต่ละปัจจัยกับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 พบว่า ผลการทดลองมีความสอดคล้องไปในทางเดียวกัน คือ ความเร็วลมเฉลี่ยของกระแสลมภายในอาคารมีความแตกต่างกันมากระหว่างชั้นล่างกับชั้นบน และพื้นที่ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มใต้ถุนและชานซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างสูง และกลุ่มระเบียง หอนั่งและเรือนนอนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ โดยใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นพื้นที่ ชาน ระเบียง หอนั่ง และเรือนนอนตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอิทธิพลของแต่ละปัจจัย พบว่า เกือบทุกปัจจัยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยลดลงทั้งสองชั้นเมื่อขาดปัจจัยนั้นๆ ยกเว้นการทดลองที่ 13 (ปัจจัยชายคา) ที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อยทั้งสองชั้น ดังแผนภูมิที่ 4-3 โดยปัจจัยต่างๆ มีอิทธิพลต่อพื้นที่ต่างๆ แตกต่างกัน ดังนี้

<u>ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น</u> (การทดลองที่ 1) ที่ปิดช่องเปิดที่พื้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่ลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ ระเบียง (16.67%) รองลงมาเป็นพื้นที่ชาน (14.29%) และใต้ถุน (10.71%) ตามลำดับ

<u>ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง</u> (การทดลองที่ 4) ที่ปิดช่องเปิดที่ผนังทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในเรือนนอนเป็น 0 และทุกพื้นที่ลดต่ำลงมาก โดยเฉพาะพื้นทีหอนั่ง (80%) ระเบียง (66.67%) และชาน (33.33%) ตามลำดับ

<u>ปัจจัยหลังคาทรงสูง</u> (การทดลองที่ 7) หลังคาแบนทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่ลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ชาน (9.52%) และใต้ถุน (7.14%) ตามลำดับ

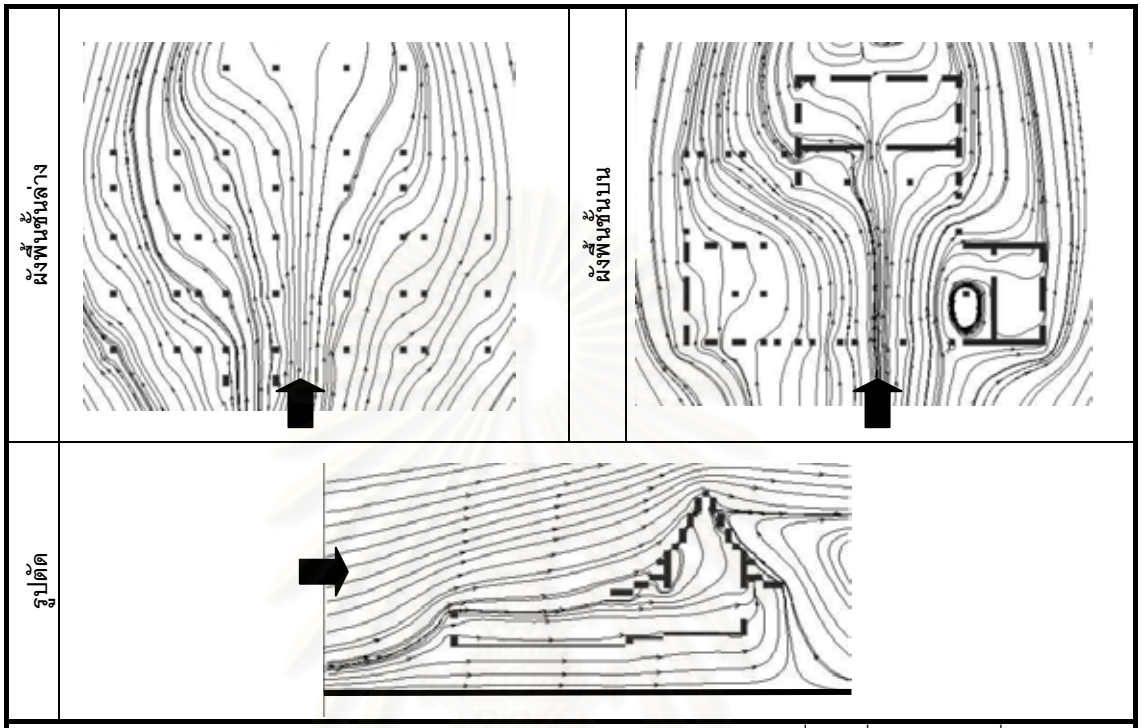
<u>ปัจจัยใต้ถุนโล่ง</u> (การทดลองที่ 10) ที่ปิดใต้ถุนทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนเป็น 0ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชั้นบนลดลงในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะพื้นที่ระเบียง (16.67%) และชาน (14.29%) ตามลำดับ

<u>ปัจจัยชายคา</u> (การทดลองที่ 13) ที่ไม่มีชายคา ทำให้ความเร็วลมภายในชั้นบนเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่เรือนนอน (100%) หอนั่ง (49%) และระเบียง (33.33%) ตามลำดับ

<u>ปัจจัยชานโล่ง</u> (การทดลองที่ 16) ชานมีหลังคา ทำให้ความเร็วลมในทุกพื้นที่ลดลงโดยเฉพาะพื้นที่ชาน (61.9%) ระเบียง (33.33%) และใต้ถุน (14.29%) ตามลำดับ

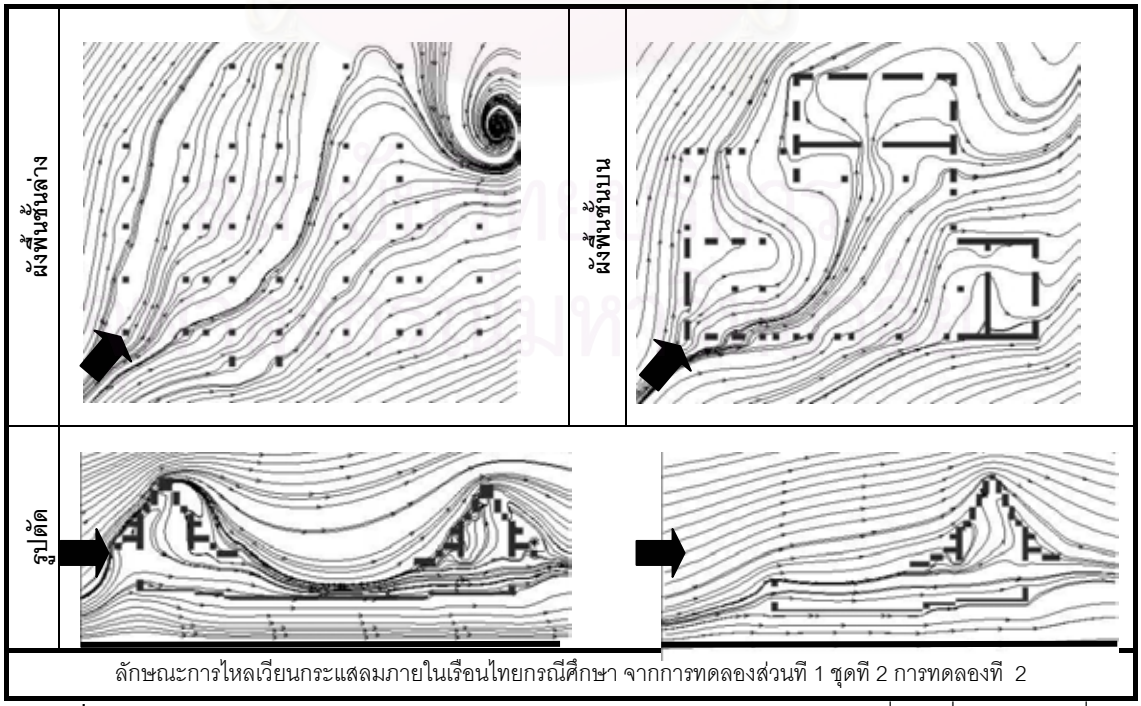
4.1.2.3 ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 1(ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น)**



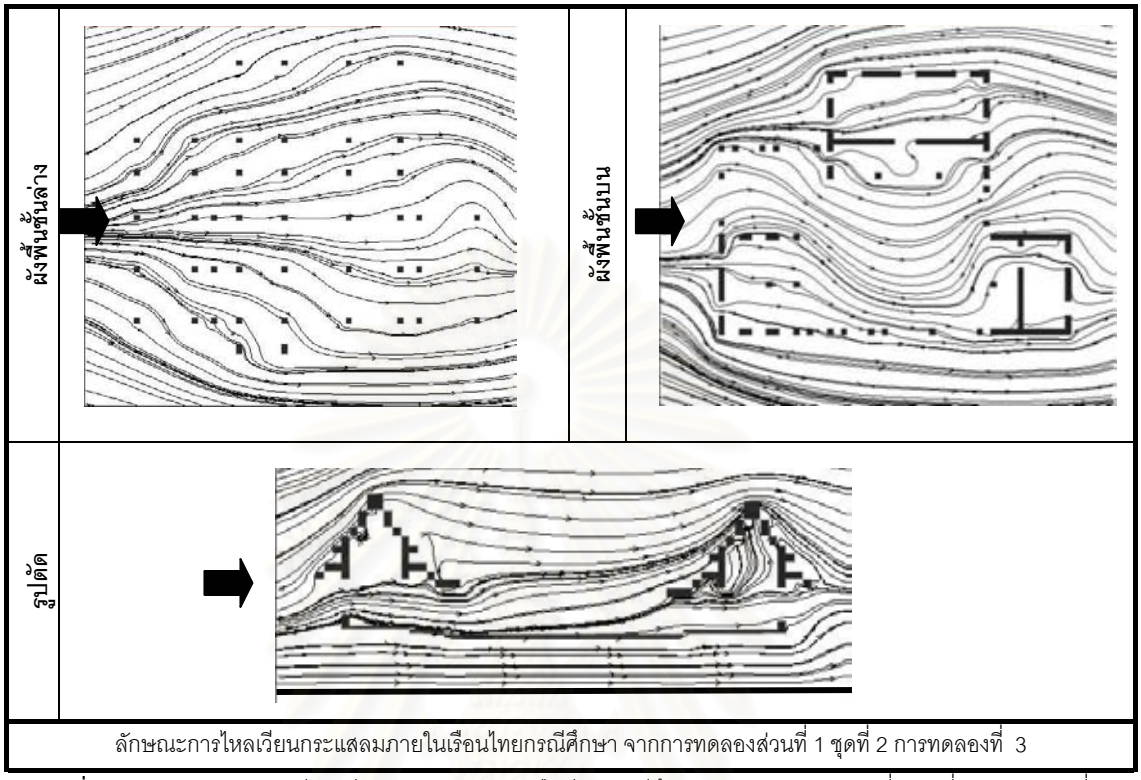
รูปที่ 4-4 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 2(ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น)**



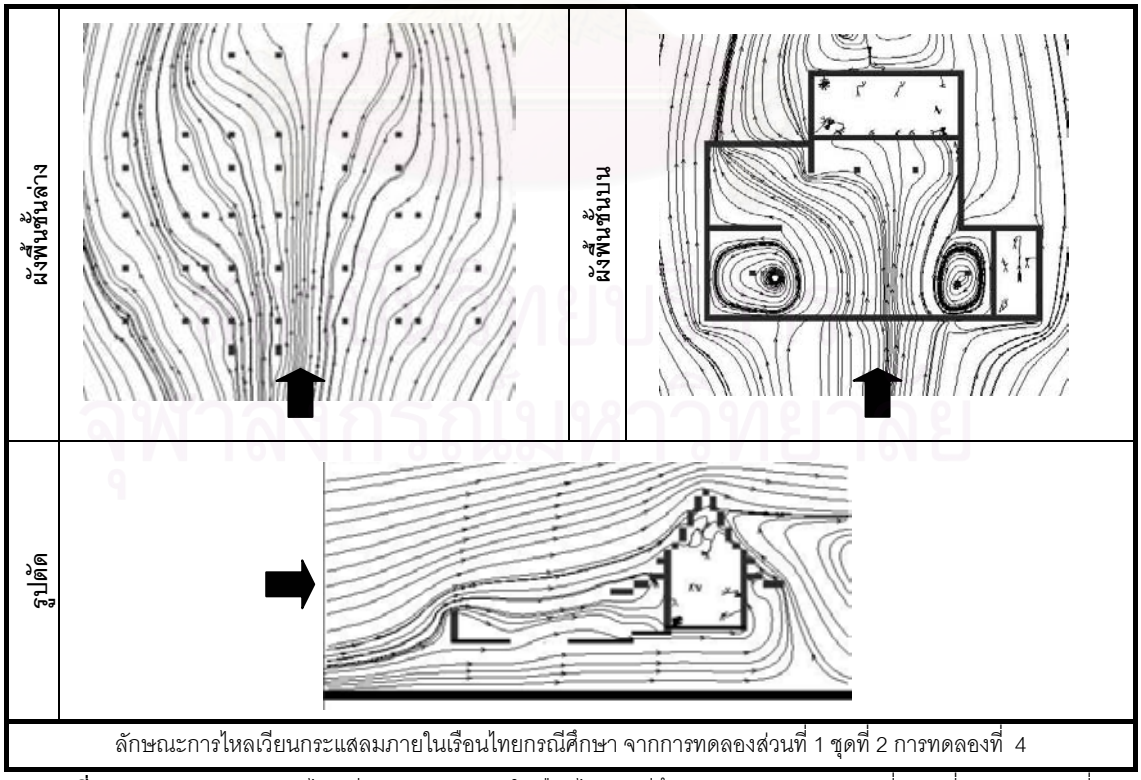
รูปที่ 4-5 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 3(ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น)**



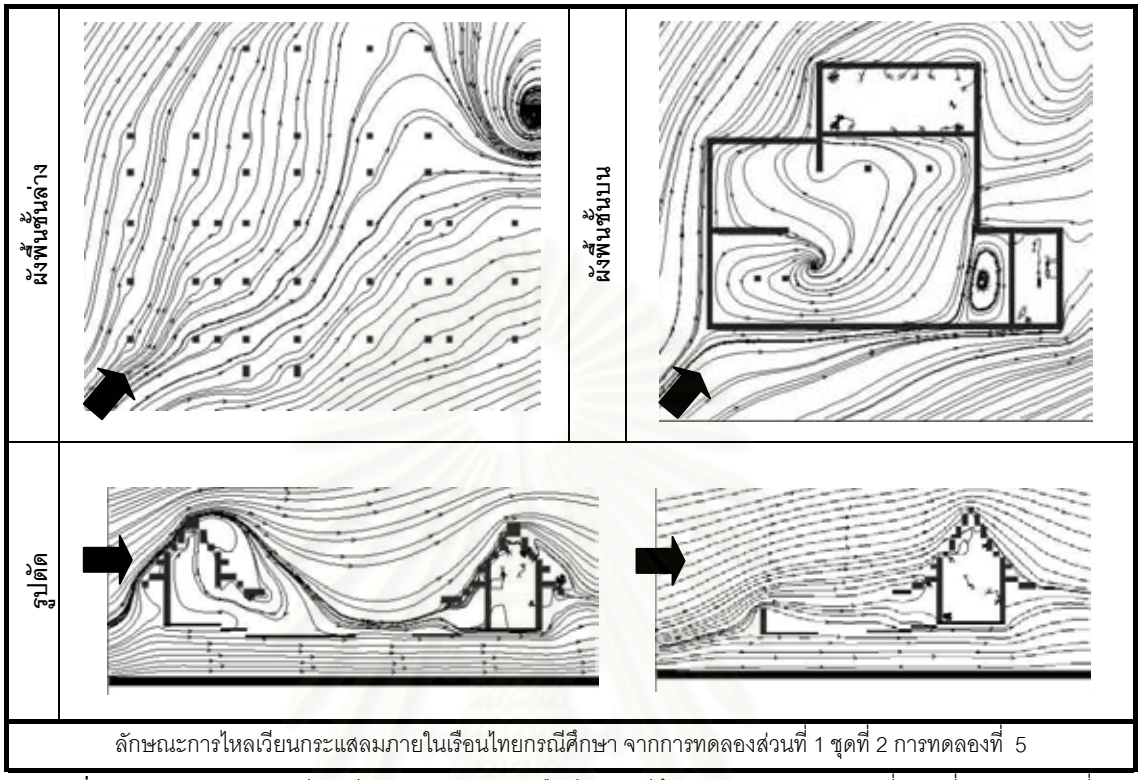
รูปที่ 4-6 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 4(ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง)**



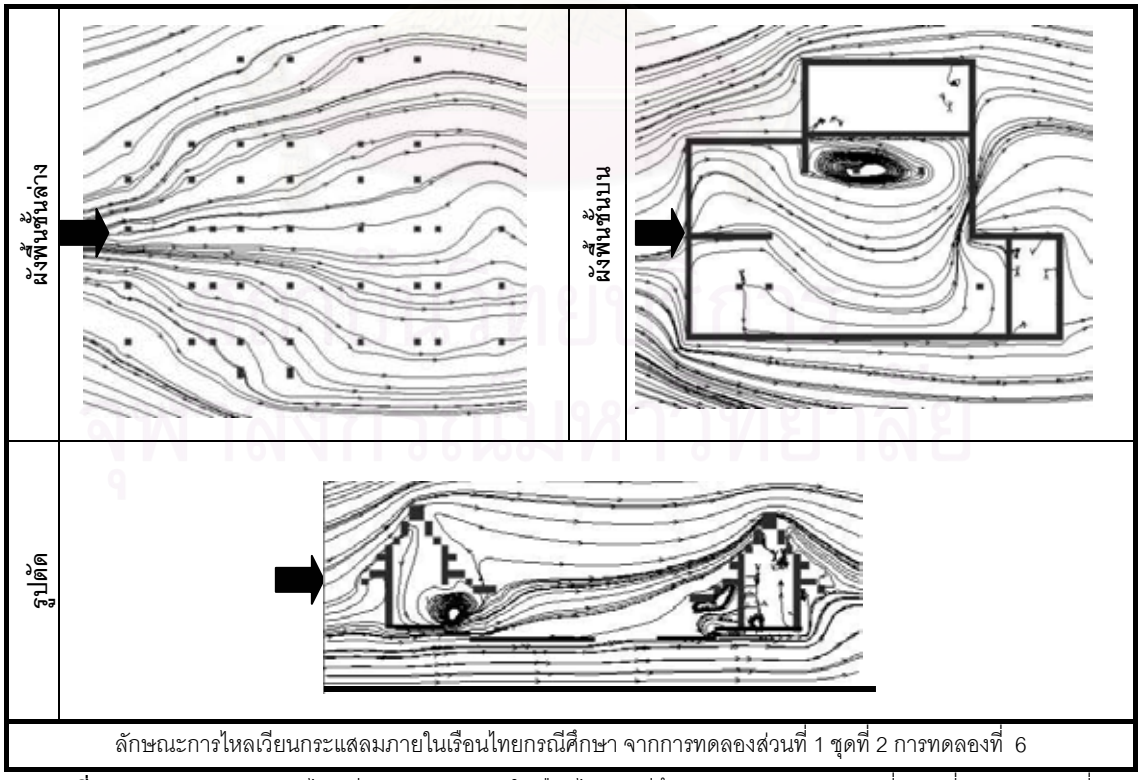
รูปที่ 4-7 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 5(ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง)**



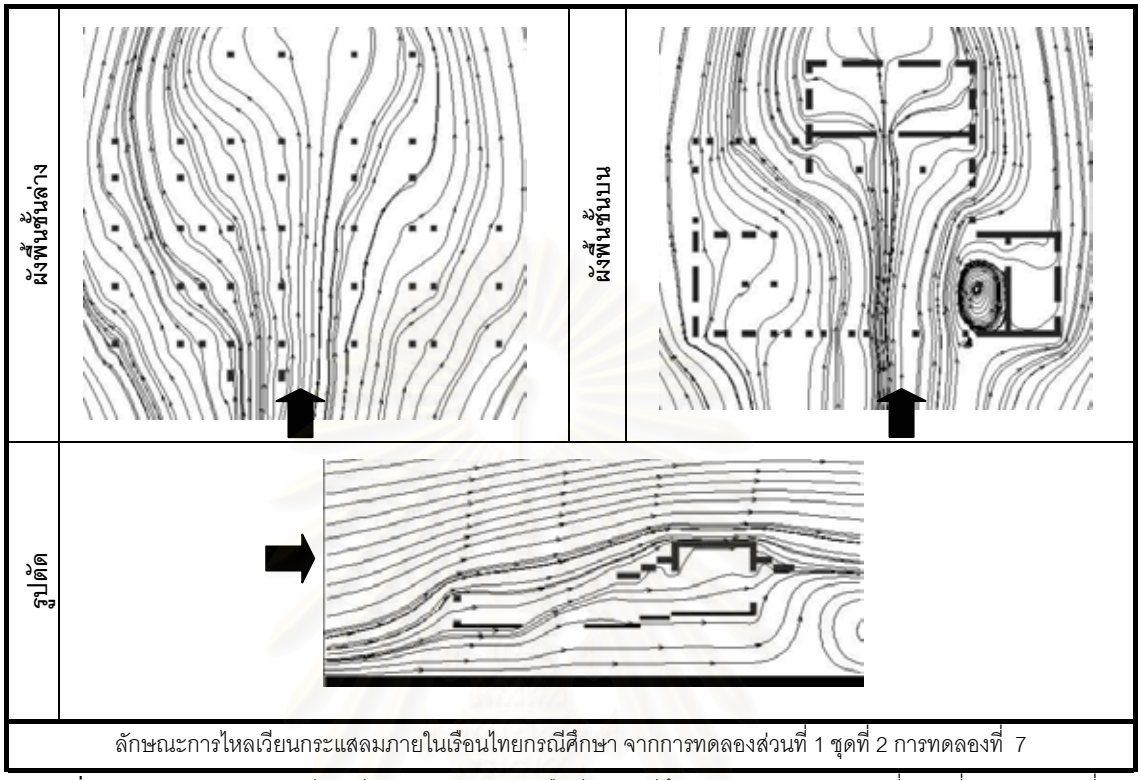
รูปที่ 4-8 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 5

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 6(ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง)**



รูปที่ 4-9 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 6

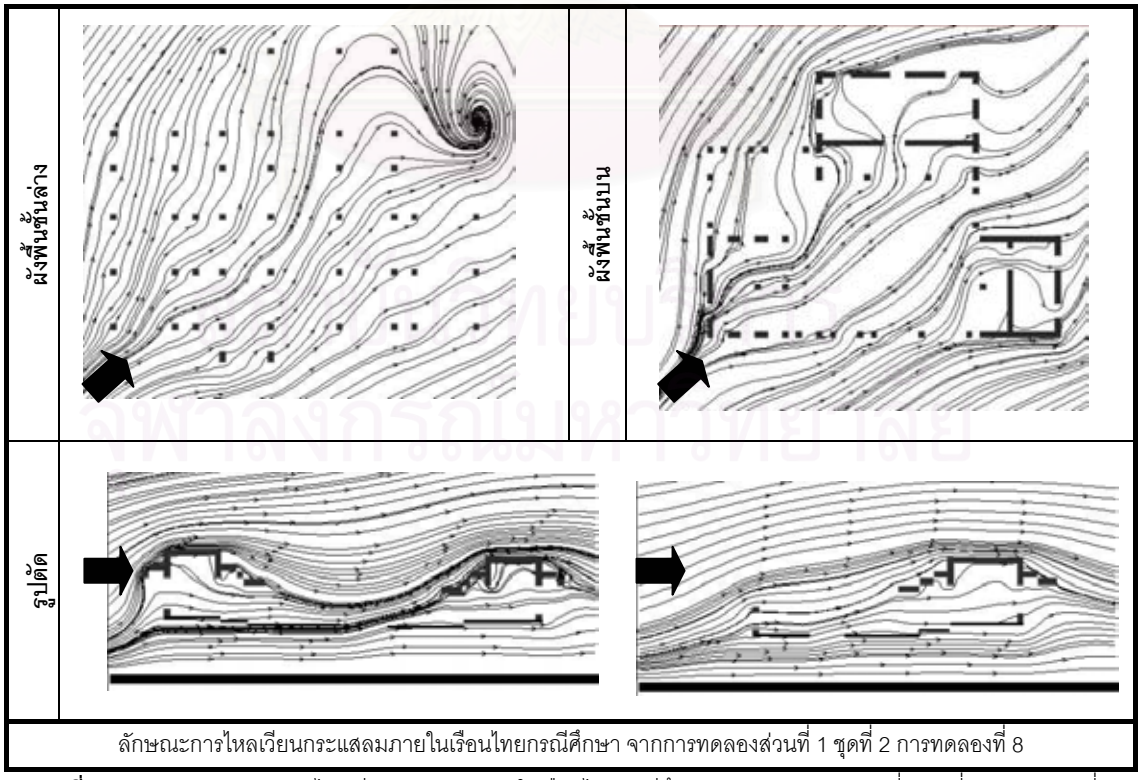
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 7(ปัจจัยหลังคาทรงสูง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7

รูปที่ 4-10 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7

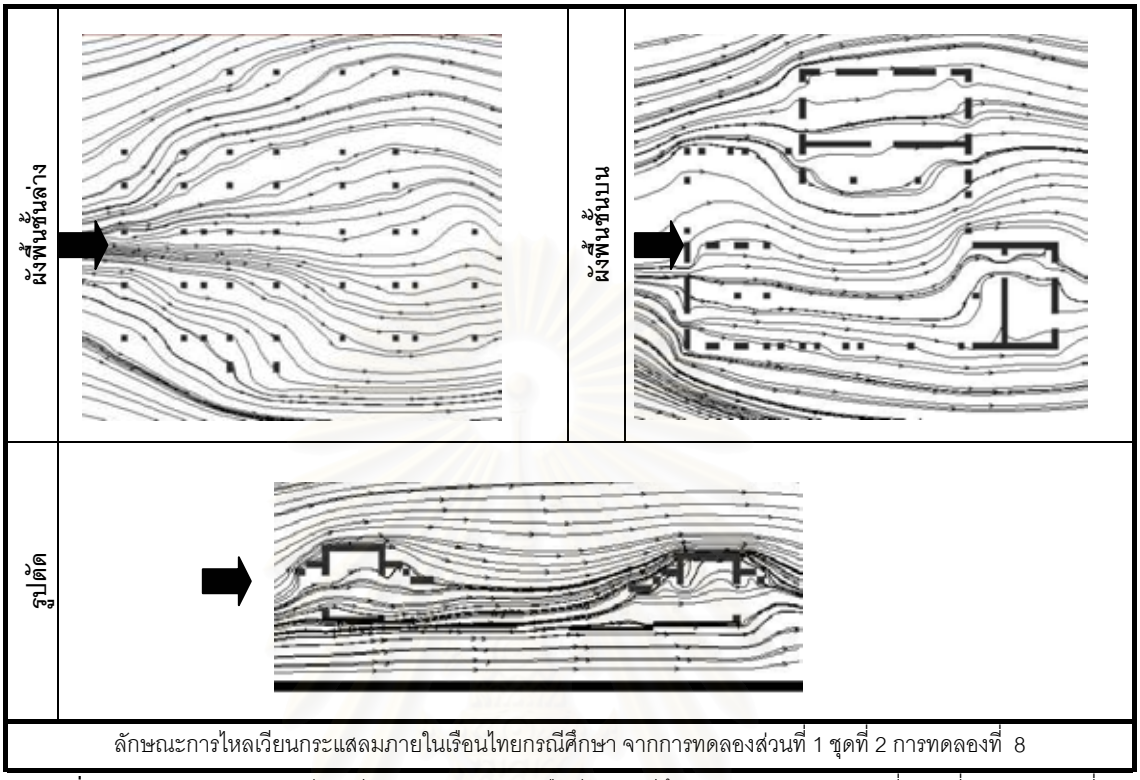
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 8(ปัจจัยหลังคาทรงสูง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 8

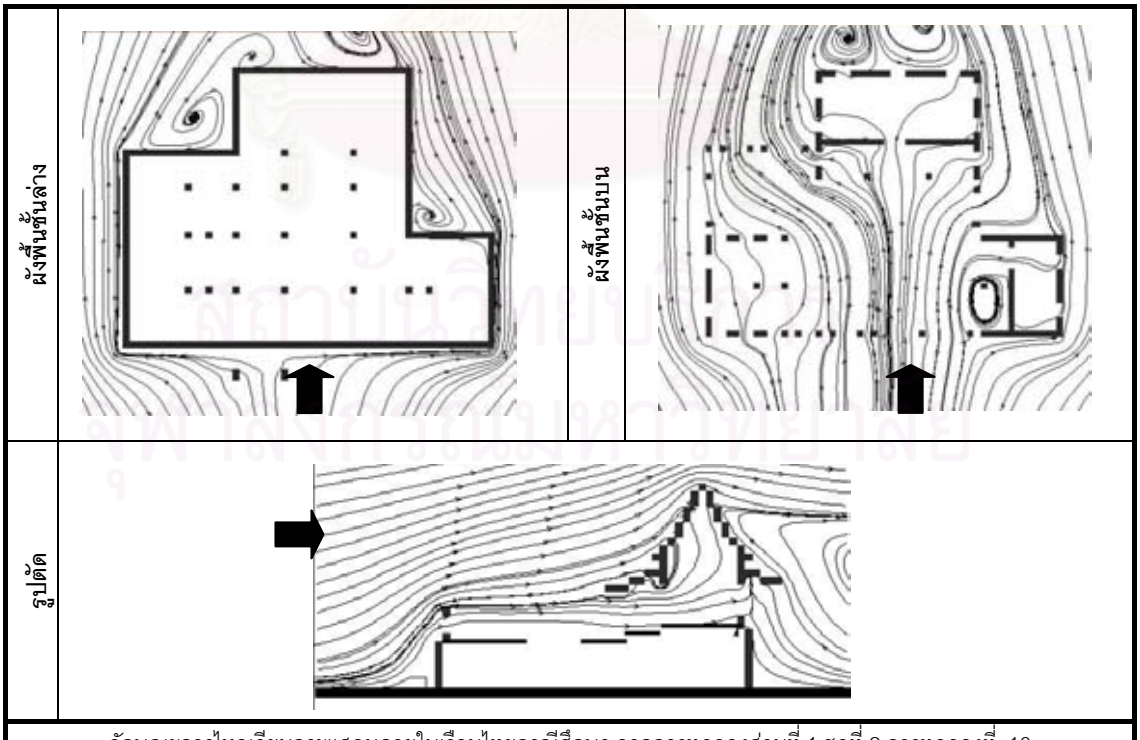
รูปที่ 4-11 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 8

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 9(ปัจจัยหลังคาทรงสูง)**



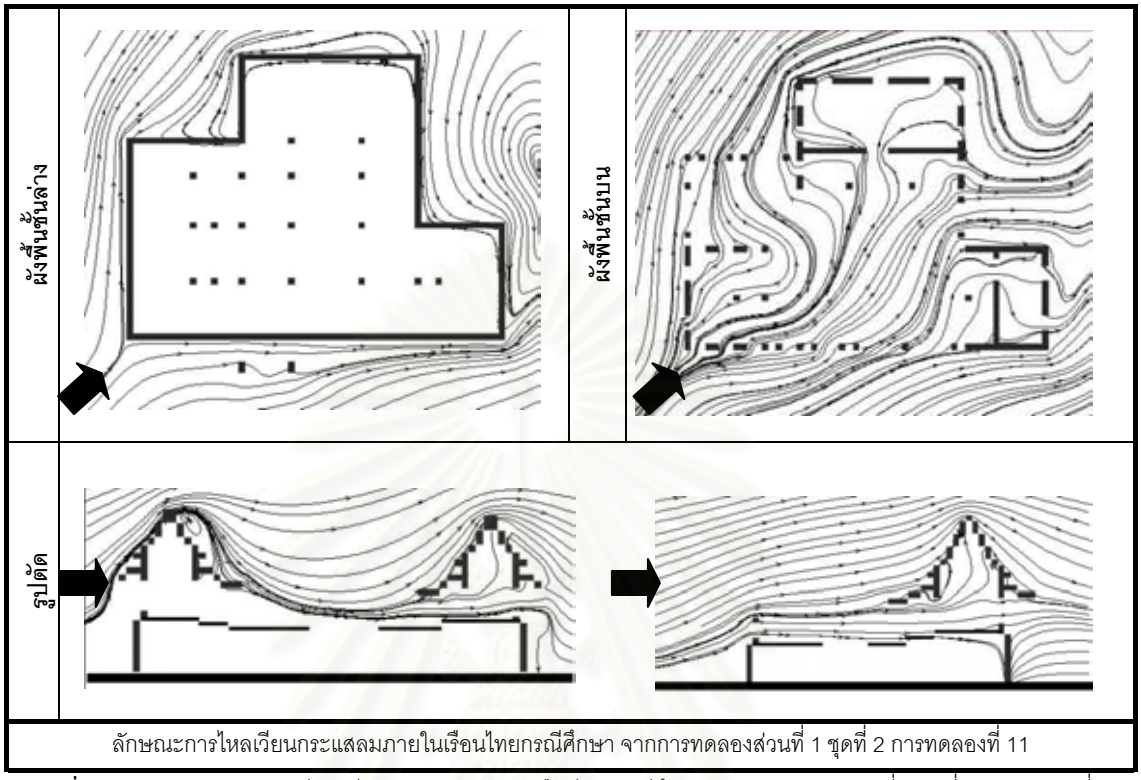
รูปที่ 4-12 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 9

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 10(ปัจจัยใต้ถุนโล่ง)**



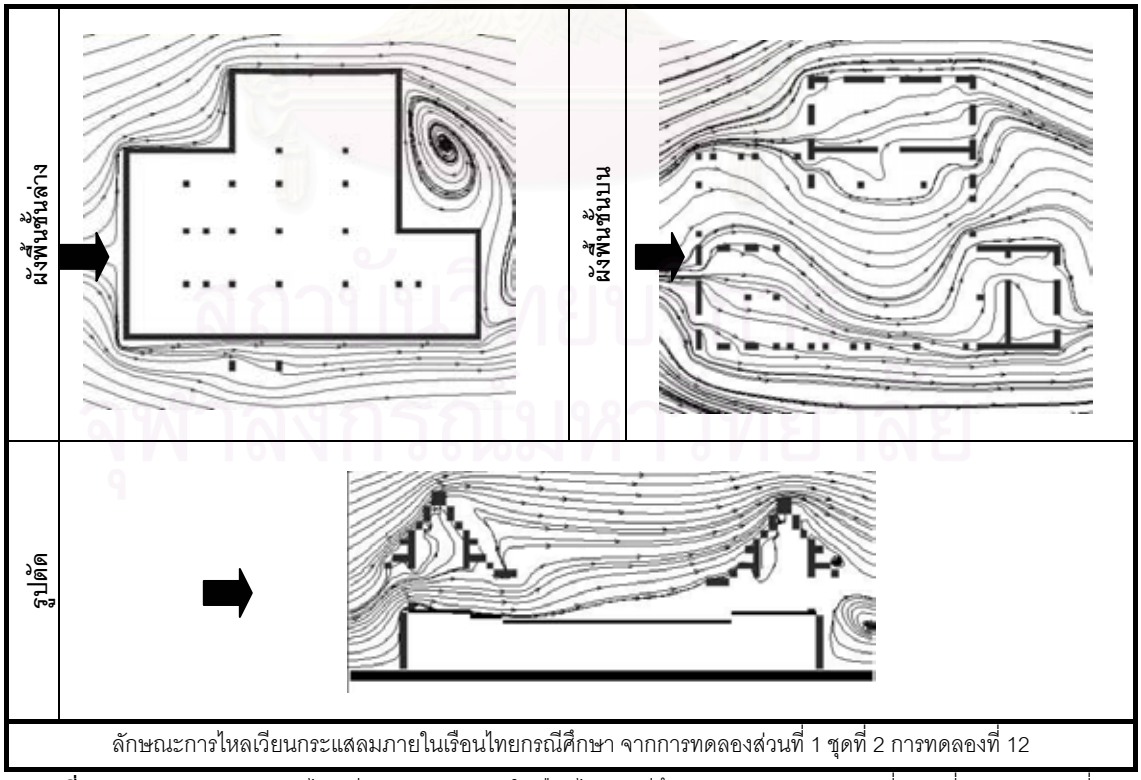
รูปที่ 4-13 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 10

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 11(ปัจจัยใต้ถุนโล่ง)**



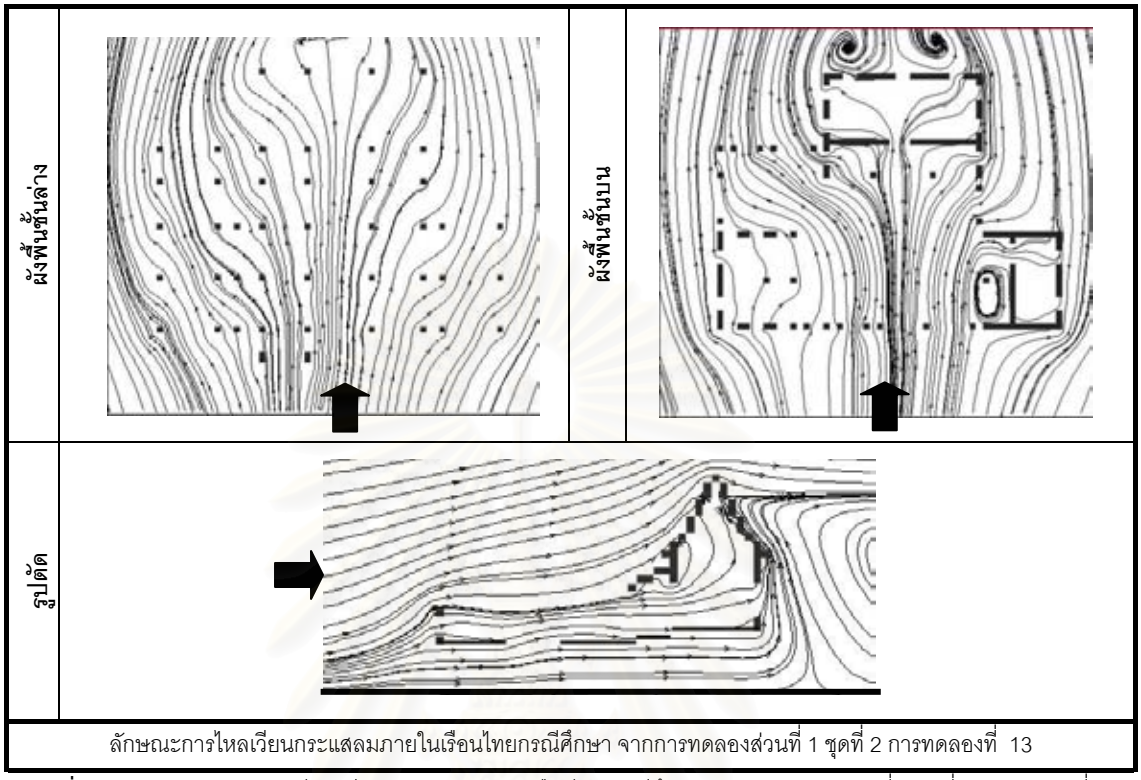
รูปที่ 4-14 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 11

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 12(ปัจจัยใต้ถุนโล่ง)**



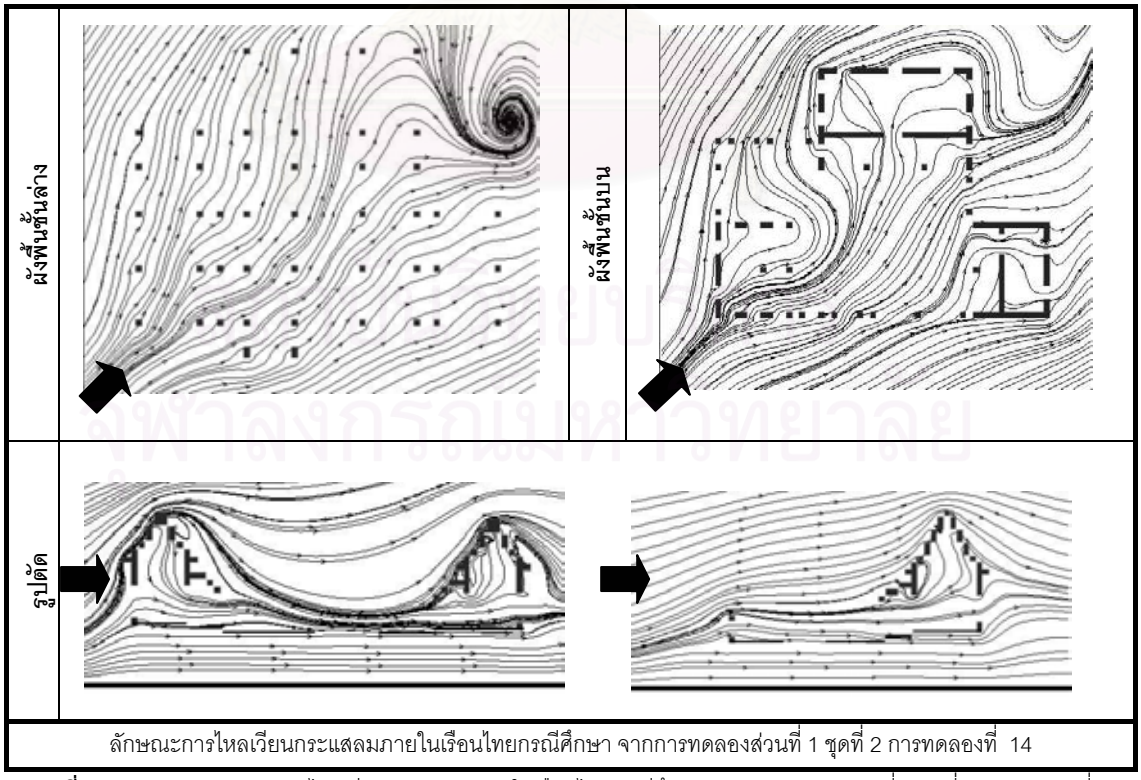
รูปที่ 4-15 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 12

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 13(ปัจจัยชายคา)**



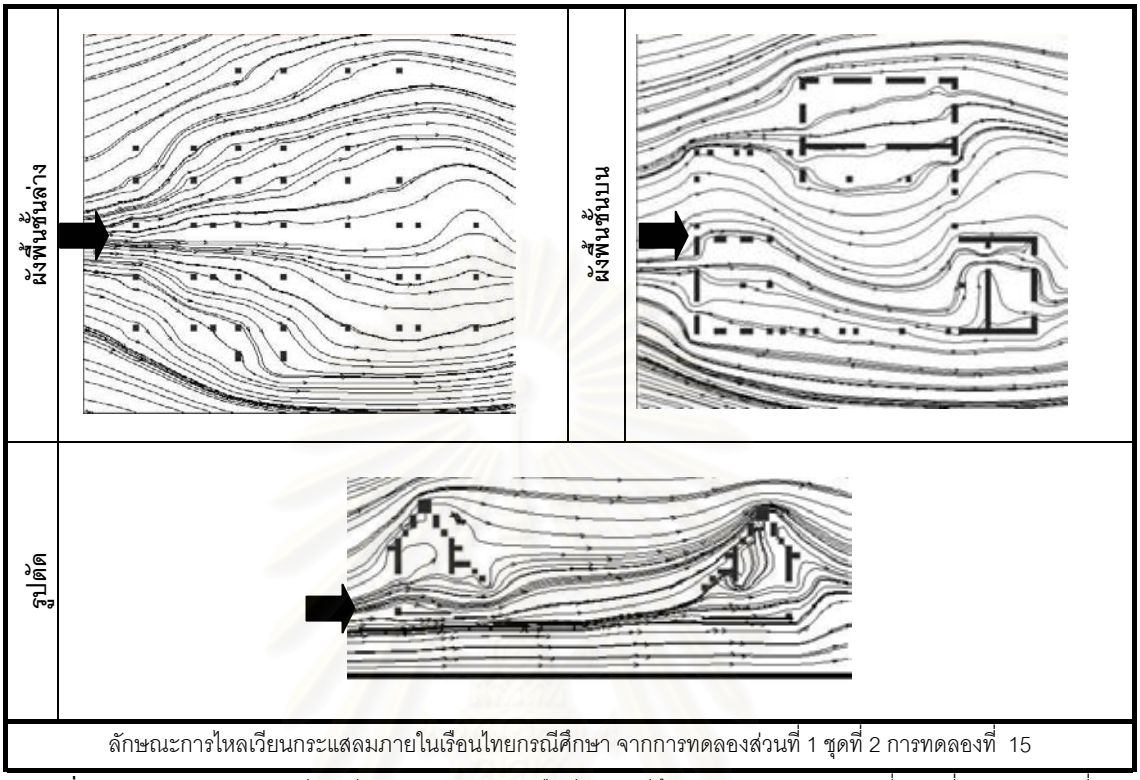
รูปที่ 4-16 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 13

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 14(ปัจจัยชายคา)**



รูปที่ 4-17 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 14

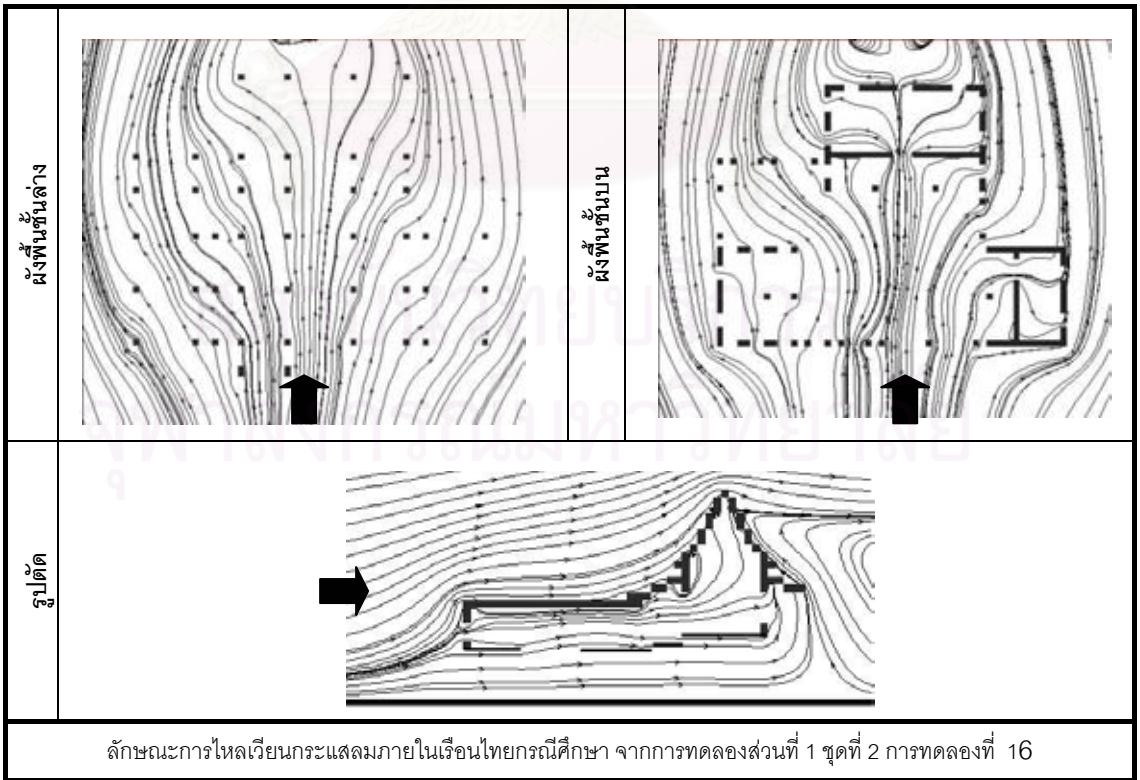
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 15(ปัจจัยชายคา)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 15

รูปที่ 4-18 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 15

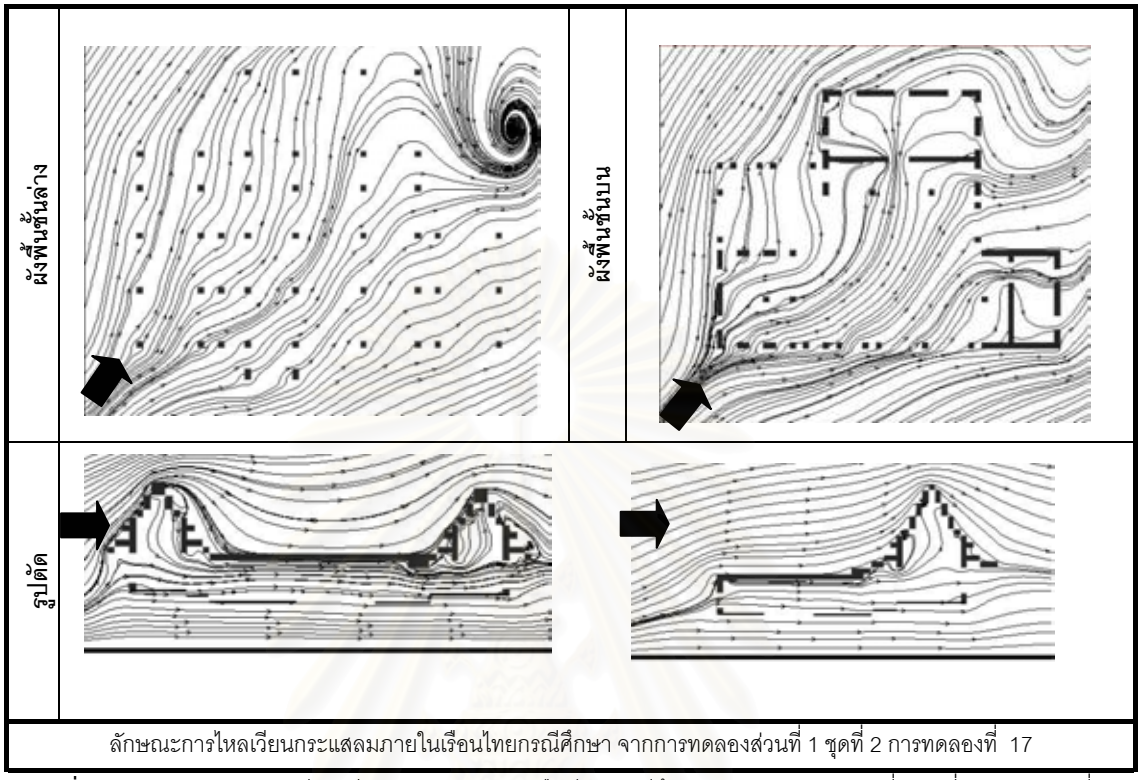
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 16(ปัจจัยชานโล่ง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 16

รูปที่ 4-19 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 16

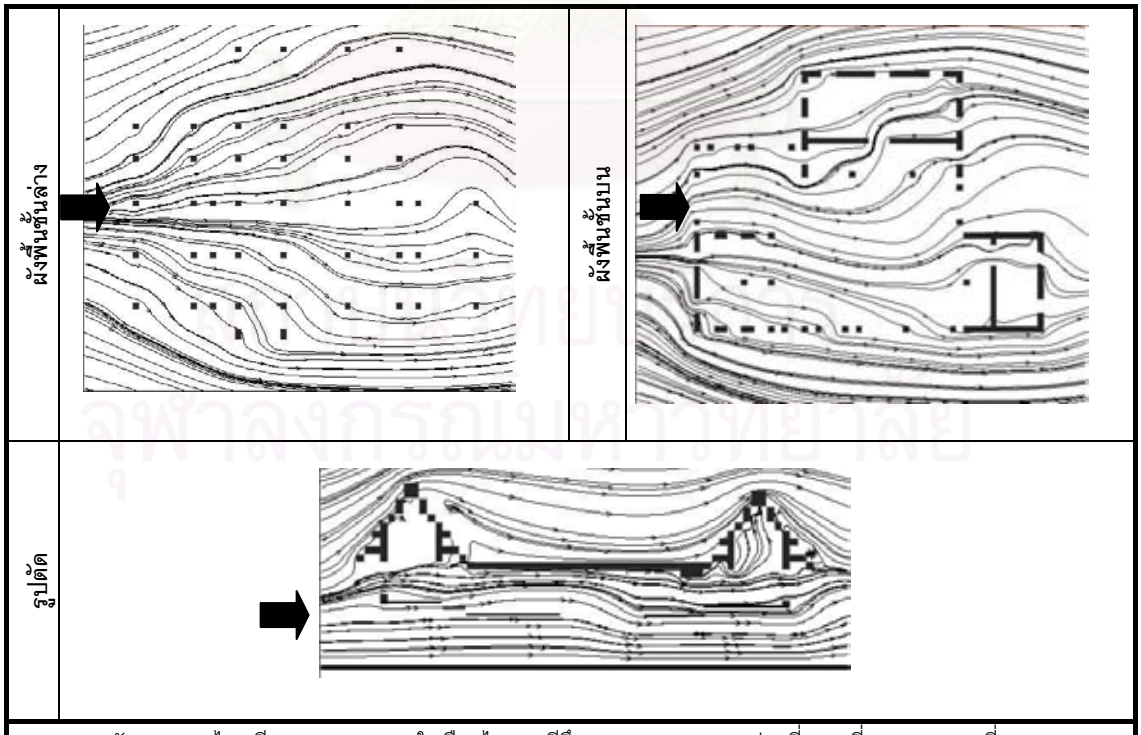
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 17(ปัจจัยซานโล่ง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 17

รูปที่ 4-20 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 17

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 18(ปัจจัยซานโล่ง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 18

รูปที่ 4-21 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 18

4.1.2.4 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารในแต่ละปัจจัย

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

จากผลการทดลองในแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาพบว่า แต่ละปัจจัยมีอิทธิพลทำให้ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทยไม่แตกต่างกันมากนัก ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใดก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลความความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละทิศทางที่ไม่แตกต่างกันมากนัก (ไม่รวมถึงผลการทดลองที่ 4-6 และ10-12 ซึ่งปิดช่องเปิดที่ผนัง ดังรูปที่ 4-7 ถึง 4-9 และปิดใต้ถุน ดังรูปที่ 4-13 ถึง 4-15 ตามลำดับ ทำให้ความเร็วลมเท่ากับ 0 m/s และไม่เกิดการไหลเวียนของกระแสลม) ทั้งนี้เนื่องจากเรือนไทยมีช่องเปิดลมเข้าและลมออกในทุกทิศทาง ทำให้ไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดก็สามารถผ่านเข้าและออกพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารได้อย่างทั่วถึงไม่แตกต่างกัน ประกอบกับการวางอาคารในลักษณะล้อมชานทำให้ปัจจัยต่างๆ ที่ทำการศึกษาเป็นส่วนประกอบอยู่ในทุกๆ ด้านของอาคาร จึงมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารในทุกทิศทางที่กระแสลมภายนอกพัดมา โดยกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ยังคงทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษามีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลเวียนกระแสลมโดยรวมไม่มากนัก จึงทำให้ทิศทางที่ทำให้กระแสลมภายในสูงสุดยังคงเป็นทิศทางเดียวกันทุกปัจจัย

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆของผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 กับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1**

ผลการทดลองทั้งสองส่วน ส่วนใหญ่มีความสอดคล้องไปในทำนองเดียวกันทั้งความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทย (ยกเว้นการทดลองที่ 4-6 ดังรูปที่ 4-9 ถึง 4-9 และการทดลองที่ 10-12 ดังรูปที่ 4-13 ถึง 4-15 ที่ปิดช่องเปิดที่ผนังและปิดใต้ถุน ทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนนอนและใต้ถุน ตามลำดับ ความเร็วลมจึงเท่ากับ 0 m/s) และกระแสลมภายนอกที่พัดมาในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เพราะกระแสลมมีการกระจายทั่วถึงทั้งอาคารมากกว่าทิศอื่นๆ โดยเฉพาะชั้นบน

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแต่ละพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา)**

จากผลการทดลองในแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาพบว่า การไหลเวียนกระแสลมในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยกระแสลมบางส่วนจะทะลุผ่านใต้ถุน บางส่วนจะทะลุ

ผ่านช่องเปิดของรั้วชาน หน้าต่าง ประตูและช่องเปิดที่พื้น เข้าสู่พื้นที่ชาน ระเบียง ภายในหอนั่งและเรือนนอน ในขณะที่กระแสลมบางส่วนจะพัดข้ามรั้วชานและหลังคาไป โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่างสูงกว่าชั้นบน เนื่องจากใต้ถุนมีลักษณะโล่ง ในขณะที่ชั้นบนมีเรือนนอนขวางทิศทางกระแสลมอยู่ จึงทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณด้านหน้าเรือนนอน กระแสลมจึงพัดผ่านสู่ทางด้านหลังอาคารซึ่งมีความดันอากาศลดทางใต้ถุนมากกว่าชาน ความเร็วลมบริเวณใต้ถุนจึงสูงกว่าทุกพื้นที่ในชั้นบน

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแต่ละพื้นที่กับลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร (ศึกษาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา) ของผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 กับผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 1**

ผลการทดลองทั้งสองส่วน ส่วนใหญ่มีความสอดคล้องไปในทำนองเดียวกัน ดังที่กล่าวมาข้างต้น คือ ไม่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยความเร็วลมเฉลี่ยทั้งสองชั้นของการทดลองชุดที่ 2 การทดลองที่ 1,4,7,10 และ16 (ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ช่องเปิดที่ผนัง รูปทรงหลัง ใต้ถุน และชาน ตามลำดับ) จะต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 1 เล็กน้อย และการทดลองที่ 13 (ปัจจัยชายคา) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่ทำให้ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมแตกต่างกันบ้าง ดังนี้

<u>ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น</u> (การทดลองที่ 1) ที่ปิดช่องเปิดที่พื้นทำให้กระแสลมจากใต้ถุนไม่สามารถผ่านเข้ามาสู่ชานได้ ในขณะเดียวกันกระแสลมจากชานก็ไม่สามารถพัดกลับลงมาบริเวณใต้ถุนได้ (ดูรูปที่ 4-6) ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่ลดลงเช่นกัน โดยเฉพาะพื้นที่ ระเบียง ชาน และใต้ถุน ตามลำดับ

<u>ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง</u> (การทดลองที่ 4) ที่ปิดช่องเปิดที่ผนังทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนนอนและกระแสลมที่พัดข้ามรั้วชานเข้าสู่ชานทำให้เกิดการไหลเวียนแบบหมุนวนบริเวณหอนั่งและระเบียง (ดูรูปที่ 4-7) กรณีเช่นนี้ทำให้ความเร็วในทุกพื้นที่ลดต่ำลงมากจนถึงไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมเลยโดยเฉพาะพื้นที่ภายในห้อง

<u>ปัจจัยหลังคาทรงสูง</u> (การทดลองที่ 7) หลังคาแบนทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและความดันอากาศลด ลดลง (ดูรูปที่ 4-10) กระแสลมจึงเคลื่อนที่ช้าลง ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่จึงลดลงด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ชานและใต้ถุน ตามลำดับ

<u>ปัจจัยใต้ถุน</u> (การทดลองที่ 10) ที่ปิดใต้ถุนทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมภายในใต้ถุน และเกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณด้านหน้าเรือนมาก ทำให้กระแสลมที่เข้าสู่ชาน หอนั่ง และเรือนนอนลดลง(ดูรูปที่ 4-13) ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชั้นบนในทุกพื้นที่จึงลดลงในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันด้วย

<u>ปัจจัยชายคา</u> (การทดลองที่ 13) ที่ไม่มีชายคา ทำให้กระแสลมเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความดันอากาศเพิ่มใต้ชายคาลดลง (ดูรูปที่ 4-16) ซึ่งจะทำให้ความเร็วลมภายในโดยเฉพาะพื้นที่ชั้นบนสูงขึ้น ทุกพื้นที่

ปัจจัยชาน (การทดลองที่ 16) ชานมีหลังคา ทำให้ความแตกต่างของความดันอากาศภายในชานลดลง กระแสลมจึงผ่านเข้าสู่ชานลดลง โดยเฉพาะกระแสลมจากใต้ถุนเรือน ในขณะที่กระแสลมบางส่วนจะพัดข้ามรั้วชานและหลังคาไป (ดูรูปที่ 4-19) จึงทำให้ความเร็วลมในทุกพื้นที่ลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ชานและระเบียง

4.1.2.5 **สรุปผลการทดลองส่วนที่ 1 ชุดที่ 2**

จากผลการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมภายในเรือนไทย สามารถสรุปได้ว่า ทิศทางของกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่มากนักในปัจจัยเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบในกรณีทิศทางกระแสลมภายนอกเดียวกันพบว่าปัจจัยต่างๆที่ทำการศึกษาไม่ทำให้ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยแตกต่างกันมากนัก ซึ่งทั้งสองกรณีไม่แตกต่างจากเรือนไทยกรณีศึกษาเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยต่างๆมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในเรือนไทย ซึ่งสามารถแบ่งปัจจัยได้เป็น 2 กลุ่ม โดยปัจจัยแต่กลุ่มมีอิทธิพลต่อพื้นที่ต่างๆแตกต่างกัน คือ

กลุ่มแรกทำให้ความเร็วลมภายในเรือนไทยเพิ่มขึ้น ได้แก่ ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ช่องเปิดที่ผนัง รูปทรงหลังคา ใต้ถุนโล่ง และชานโล่ง โดยแทบจะไม่มีอิทธิพลต่อเรือนนอนและหอนั่งเลยในขณะที่จะมีอิทธิพลต่อชานและระเบียงค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยในกลุ่มแรกมีอิทธิพลต่อช่องเปิดลมเข้าช่องเปิดลมออก และความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและความดันอากาศลดในพื้นที่ต่างๆ โดยปัจจัยช่องเปิดที่พื้นทำให้กระแสลมจากใต้ถุนสามารถพัดผ่านมายังพื้นที่ชั้นบนได้ ในขณะเดียวกันก็เร่งความเร็วลมบริเวณใต้ถุนได้เช่นกัน ปัจจัยช่องเปิดที่ผนังซึ่งเป็นช่องเปิดลมเข้าและออกทำให้เกิดการพัดผ่านตลอดได้ ปัจจัยรูปทรงหลังคา ทำเกิดความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มบริเวณด้านหน้าเรือนและความดันอากาศลดบริเวณหลังเรือนทำให้เร่งความเร็วของกระแสลมได้อีกทางหนึ่ง ปัจจัยใต้ถุนโล่งช่วยการเบี่ยงเบนของกระแสลมเนื่องจากความดันอากาศเพิ่มด้านปะทะลมกระแสลมจึงเข้าสู่ช่องเปิดมากขึ้น และปัจจัยชานโล่ง ทำให้ลดความดันอากาศเพิ่มบริเวณหลังคา กระแสลมจึงเข้าสู่ช่องเปิดบริเวณรั้วชานมากขึ้น

กลุ่มที่สองทำให้ความเร็วลมภายในเรือนลดลง ได้แก่ ปัจจัยชายคา โดยจะมีอิทธิพลต่อพื้นที่ชั้นล่างน้อยกว่าชั้นบน และมีอิทธิพลต่อพื้นที่ชั้นบนใกล้เคียงกัน เนื่องจากการที่มีชายคาที่กดต่ำทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา กระแสลมจึงเบี่ยงเบนข้ามหลังคาไปมาก ทำให้กระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดมีน้อยนั่นเอง

4.1.3 สรุปผลการทดลองส่วนที่ 1

เรือนไทยกรณีศึกษามีระบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอด การกระจายของกระแสลมภายในอาคารค่อนข้างดี ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะโล่ง ได้แก่ ใต้ถุน ชาน และระเบียง ทำให้กระแสลมกระจายตัวได้ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณใต้ถุนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยในระดับที่รู้สึกสบาย ยกเว้นพื้นที่ในส่วนหอนั่งและเรือนนอนที่การกระจายของกระแสลมภายในอาคารไม่ดีนัก เนื่องจากมีปริมาณช่องเปิดลมเข้าน้อย ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรับรู้ได้

เรือนไทยประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด ได้แก่ ช่องเปิดที่ผนัง(หน้าต่าง,ประตู) ช่องเปิดที่พื้น(ช่องแมวลอด,ช่องเปิดที่ชาน) หลังคาทรงสูง ใต้ถุนโล่งชายคายื่นยาว และชานโล่ง ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ไม่ขึ้นกับทิศทางกระแสลมภายนอก และมีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลเวียนกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่โดยรวมไม่มาก เนื่องจากการวางเรือนในลักษณะกลุ่มอาคารที่ต่างหันหน้าเข้าหาชาน ทำให้มีปัจจัยต่างๆอยู่ทุกด้านของเรือนไทย ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดต่างก็ได้รับอิทธิพลของปัจจัยต่างๆเหล่านี้ทั้งสิ้น โดยสามารถแบ่งปัจจัยได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกทำให้ความเร็วลมภายในเรือนไทยเพิ่มขึ้น ได้แก่ ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ช่องเปิดที่ผนัง รูปทรงหลังคา ใต้ถุนโล่ง กลุ่มที่สองทำให้ความเร็วลมภายในเรือนไทยลดลง ได้แก่ ปัจจัยชายคา โดยปัจจัยต่างๆเหล่านี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อช่องเปิดลมเข้า ช่องเปิดลมออก และความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและความดันอากาศลดในพื้นที่ต่างๆ นั่นเอง

ทั้งนี้ทั้งนั้นจะเห็นว่าเรือนไทยแม้จะมีการระบายอากาศที่ดีโดยเฉพาะบริเวณใต้ถุน แต่ในปัจจุบันพบว่า พื้นที่ส่วนนี้ถูกใช้งานเพื่อการอยู่อาศัยน้อยลง ตรงกันข้ามกับพื้นที่เรือนนอนและหอนั่งซึ่งในปัจจุบันมีการใช้งานเพื่อการอยู่อาศัยเพิ่มขึ้นทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืน ซึ่งไม่สอดคล้องกับการระบายอากาศที่ยังไม่ดีนัก การปรับเปลี่ยนรูปแบบการอยู่อาศัยดังกล่าวทำให้ต้องทำการศึกษาทบทวนการใช้ปัจจัยต่างๆทั้งสองกลุ่ม โดยเฉพาะปัจจัยในกลุ่มที่ 2 ที่แม้จะทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมลดลง แต่เนื่องจากชายคามีความจำเป็นสำหรับสถาปัตยกรรมเมืองร้อนชื้น เพราะสามารถป้องกันได้ทั้งแสงแดด และฝน ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิธีการใช้ให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมน้อยที่สุดและเหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานในปัจจุบัน เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายใกล้เคียงกับเรือนไทยในอดีต ซึ่งจะได้ทำการทดลองในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ต่อไป

4.2 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 2

การทดลองส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 กับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรในการทดลอง แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อสรุปหาตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ตามปัจจัยที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- **การทดลองชุดที่ 1** เป็นศึกษาตัวแปรรูปแบบกลุ่มอาคาร 3 รูปแบบคือ กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน และตัวแปรทิศทางกระแสลมภายนอก 6 ทิศทาง คือ ทิศ 0 องศา ทิศ 45 องศา ทิศ 90 องศา ทิศ 180 องศา ทิศ 225 องศา และทิศ 270 องศา เพื่อคัดเลือกรูปแบบกลุ่มอาคารที่เหมาะสมและทิศทางของกระแสลมภายนอกที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารมีประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับการทดลองในชุดที่ 2 ต่อไป แบ่งการทดลองออกเป็น 18 การทดลองย่อย โดยการทดลองที่ 1-6 ศึกษากลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง การทดลองที่ 7-12 ศึกษากลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และการทดลองที่ 13-18 ศึกษากลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน

- **การทดลองชุดที่ 2** เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปร โดยนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา ทำการทดลองกับรูปแบบกลุ่มอาคารที่เหมาะสม และทิศทางกระแสลมภายนอกที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุดจากผลการทดลองในส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 แบ่งการทดลองเป็น 24 การทดลองย่อย โดยการทดลองที่ 1-3 ศึกษาปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่ขนานกัน การทดลองที่ 4-6 เป็นศึกษาปัจจัยปริมาณช่องเปิด การทดลองที่ 7-9 ศึกษาปัจจัยระดับช่องเปิด การทดลองที่ 10-13 ศึกษาปัจจัยรูปแบบช่องเปิด ช่องเปิดที่พื้น ผนังภายใน การทดลองที่ 14-18 ศึกษาปัจจัยใต้ถุน ปัจจัยรูปทรงหลังคา การทดลองที่ 19-21 ศึกษาปัจจัยรูปแบบชายคา และการทดลองที่ 22-24 ศึกษาปัจจัยระยะยื่นชายคา

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย (ดูข้อมูลความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆ จากภาคผนวก จ-2) มีดังนี้

4.2.1 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1

4.2.1.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-18

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 1-6(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก													
	0.00		45.00		90.00		180.00		225.00		270.00		ค่าเฉลี่ย	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.03	2.10	0.21	15.77	0.03	2.10	0.03	2.10	0.06	5.25	0.09	6.31	0.09	6.31
ใต้ถุน	0.14	11.22	0.77	57.49	0.17	12.61	0.03	2.80	0.09	7.00	0.14	11.22	0.21	16.35
ห้องชั้นบน	0.02	1.50	0.12	9.62	0.02	1.80	0.06	4.80	0.03	2.40	0.08	6.00	0.05	4.36
ชาน	0.14	11.22	0.19	14.02	0.11	8.41	0.05	4.20	0.08	5.61	0.08	5.61	0.11	8.17
เฉลี่ย	0.05	4.61	0.29	22.02	0.06	4.79	0.04	3.55	0.05	4.48	0.10	7.17	0.10	7.82

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-8 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1-6

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 7-12 (กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก													
	0.00		45.00		90.00		180.00		225.00		270.00		ค่าเฉลี่ย	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.03	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.10	0.05	4.20	0.05	3.86
ใต้ถุน	0.08	5.61	0.05	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.39	0.02	1.87
ห้องชั้นบน	0.02	1.97	0.01	1.20	0.01	0.60	0.01	0.60	0.02	1.50	0.04	3.60	0.02	1.57
ชาน	0.05	4.20	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.00	0.00	0.02	1.63
เฉลี่ย	0.04	3.09	0.03	2.12	0.00	0.37	0.00	0.37	0.02	1.34	0.04	2.98	0.02	1.71

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-9 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7-12

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่13-18 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก													
	0.00		45.00		90.00		180.00		225.00		270.00		ค่าเฉลี่ย	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.27	19.97	0.03	2.10	0.03	2.10	0.00	0.00	0.03	2.10	0.10	7.71
ใต้ถุน	0.17	12.61	0.66	49.07	0.03	2.80	0.03	2.80	0.02	1.39	0.02	1.39	0.19	14.49
ห้องชั้นบน	0.01	1.20	0.09	6.90	0.05	4.51	0.05	4.51	0.01	0.89	0.06	5.40	0.05	3.90
ชาน	0.13	9.81	0.14	11.22	0.05	4.20	0.05	4.20	0.02	1.39	0.03	2.80	0.08	5.61
เฉลี่ย	0.06	5.08	0.27	19.93	0.04	3.43	0.04	3.43	0.01	0.79	0.04	3.37	0.10	7.41

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-10 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 13-18

4.1.1.2 การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-18

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ ในแต่ละกลุ่มอาคาร**

กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง (การทดลองที่ 1-6) จากผลการทดลองพบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ดังตารางที่ 4-8 ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 0.04-0.10 m/s (3.55-7.17%) ยกเว้นในทิศ 45 องศา ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.29 m/s (22.02%) รองลงมาเป็นทิศ 270 องศา 0.10 m/s (7.17%), 90 องศา 0.06 m/s (4.79 %),0 องศา 0.05 m/s (4.61%), 225 องศา 0.05 m/s (4.48%), และ 180 องศา 0.04 m/s (3.55 %) ตามลำดับ

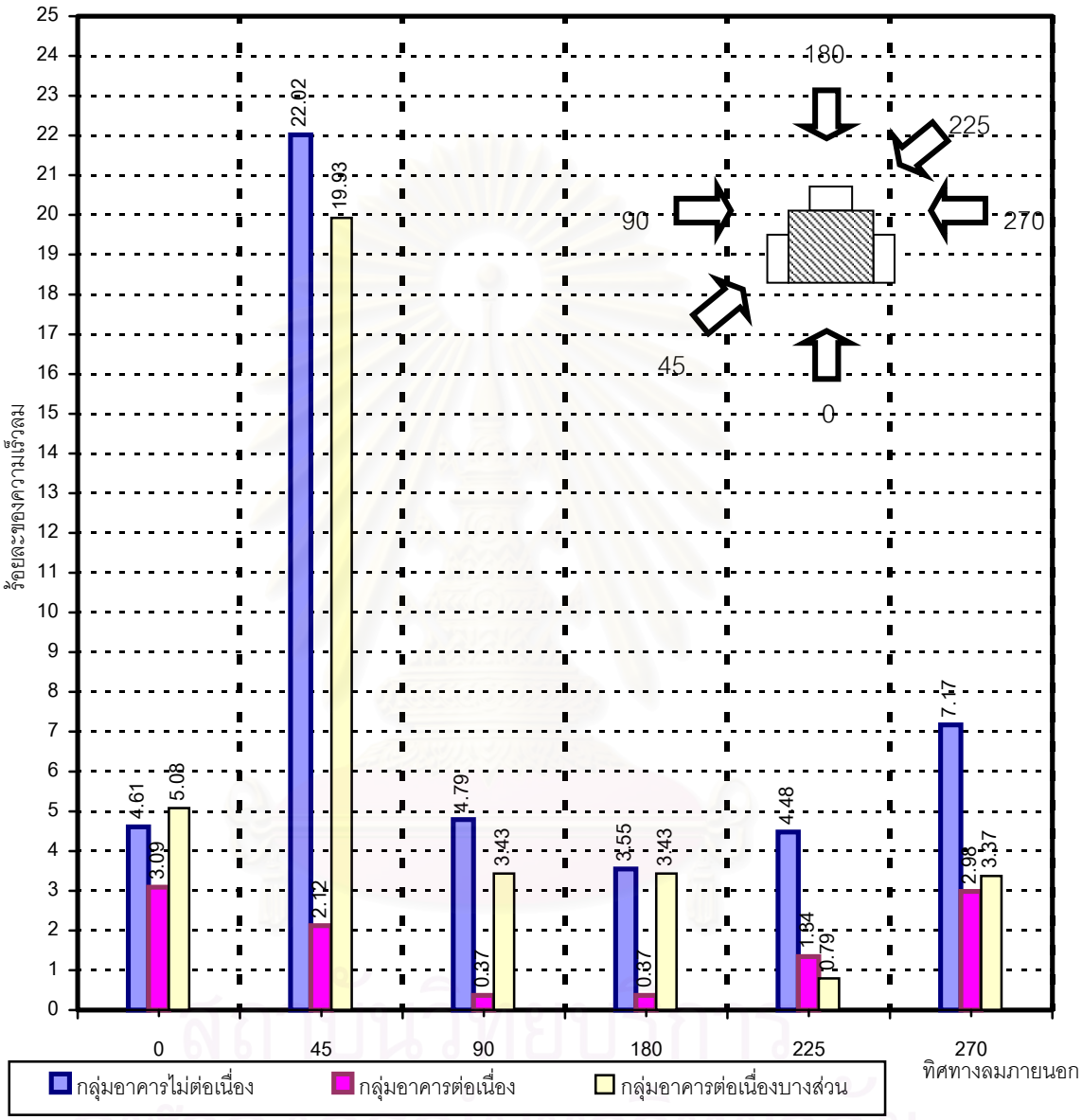
กลุ่มอาคารต่อเนื่อง(การทดลองที่ 7-12) จากผลการทดลองพบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ดังตารางที่ 4-9 ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 0.00-0.04 m/s (0.00-3.09%) โดยในทิศ 0 องศา ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.04 m/s (3.09%) รองลงมาเป็นทิศ 270 องศา 0.04 m/s (2.98%), 45 องศา 0.03 m/s (2.12%), 225 องศา 0.02 m/s (1.34%), 90 องศา 0.00 m/s (0.37%), และ 180 องศา 0.00 m/s (0.37%) ตามลำดับ

กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน(การทดลองที่ 13-18) จากผลการทดลองพบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ดังตารางที่ 4-10 ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 0.01-0.06 m/s (0.79-5.08 %) ยกเว้นในทิศ 45 องศา ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.27 m/s (19.93%) รองลงมาเป็นทิศ 0 องศา 0.06 m/s (5.08%), 90 องศา 0.04 m/s (3.43%), 180 องศา 0.04 m/s (3.43%), 270 องศา 0.04 m/s (3.37%) และ 225 องศา 0.01 m/s (0.79%) ตามลำดับ

จากผลการทดลองทั้งสามกลุ่มอาคาร พบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของแต่ละกลุ่มอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-4 ยกเว้นในทิศที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด โดยกระแสลมภายนอกในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา) ทำให้กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง และ กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน มีความเร็วเฉลี่ยสูงสุด และกระแสลมภายนอกในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า (0 องศา) ทำให้กลุ่มอาคารต่อเนื่อง มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยในทุกทิศทางสูงสุดของทั้งสามกลุ่มอาคารพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยของกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องมีค่าสูงสุด 0.29m/s (22.02%) รองลงมาเป็นกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน 0.27 m/s (19.93%) และกลุ่มอาคารต่อเนื่อง 0.04 m/s (3.09%) ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยความเร็วลมเฉลี่ยของกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วนมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยของกลุ่มอาคารต่อเนื่องจะต่ำกว่าสองกลุ่มแรกมาก และอยู่ในรับที่ไม่อาจรับรู้ได้

แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคาร เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศต่าง ๆด้วยความเร็ว 1.35 m/s



0	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา)
45	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม45องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา)
90	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร (90 องศา)
180	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหลังอาคาร (180 องศา)
225	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม45องศากับด้านหลังอาคาร (225 องศา)
270	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร (270 องศา)

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

แผนภูมิที่ 4-4 แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคาร เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศต่างๆด้วยความเร็ว 1.35 m/s

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ในแต่ละกลุ่มอาคาร (ศึกษาเฉพาะทิศทางที่ความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูงสุดของแต่ละกรณี)**

กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง(การทดลองที่ 1-6) พิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 45 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก ยกเว้นพื้นที่ใต้ถุนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.77 m/s (57.49%) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ มาก รองลงมาเป็นพื้นที่ห้องชั้นล่าง 0.21 m/s (15.77%), พื้นที่ชาน 0.19 m/s (14.02%) และพื้นที่ห้องชั้นบน 0.12 m/s (9.62%) ตามลำดับ

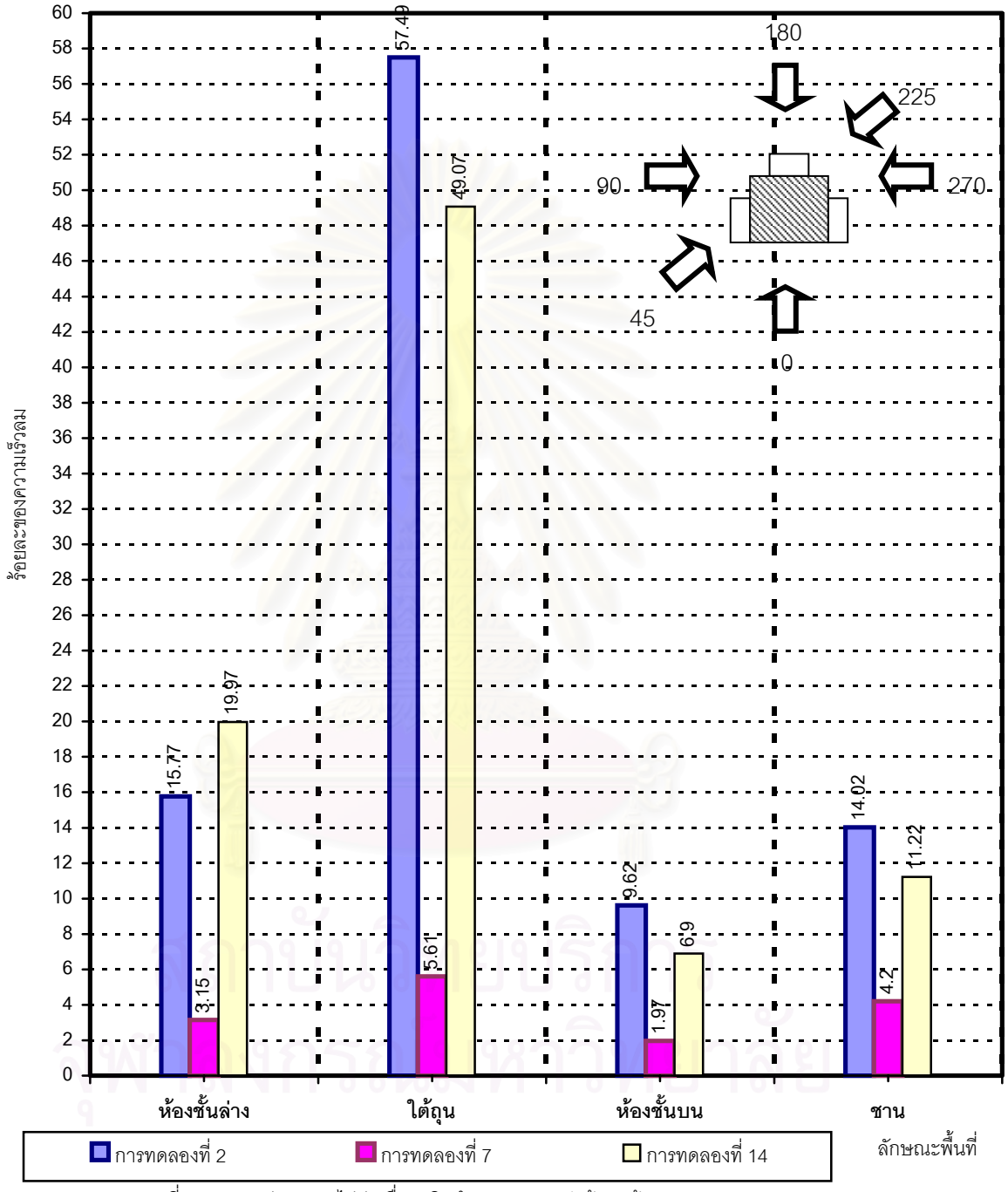
กลุ่มอาคารต่อเนื่อง(การทดลองที่ 7-12) พิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก โดยพื้นที่ใต้ถุนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.08 m/s (5.61%) รองลงมาเป็นพื้นที่ชาน 0.05 m/s (4.20%), พื้นที่ห้องชั้นล่าง 0.04 m/s (3.15%) และพื้นที่ห้องชั้นบน 0.02 m/s (1.97%) ตามลำดับ

กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน(การทดลองที่ 13-18) พิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 45 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก ยกเว้นพื้นที่ใต้ถุนซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.66 m/s (49.07%) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อื่นๆมาก รองลงมาเป็นพื้นที่ห้องชั้นล่าง 0.27 m/s (19.97%), พื้นที่ชาน 0.14 m/s (11.22%) และพื้นที่ห้องชั้นบน 0.09 m/s (6.90%) ตามลำดับ

จากผลการทดลองของทั้งสามกลุ่มอาคาร พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ของแต่ละกลุ่มอาคารมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก ยกเว้นพื้นที่ใต้ถุน โดยกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนสูงสุดและสูงกว่าพื้นที่อื่นๆค่อนข้างมาก รองลงมาเป็นห้องชั้นล่าง ชาน และห้องชั้นบนตามลำดับ ส่วนกลุ่มอาคารต่อเนื่อง ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนจะสูงสุดเช่นกัน รองลงมาเป็นชาน ห้องชั้นล่าง และห้องชั้นบน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดของทั้งสามกลุ่มอาคารในแต่ละพื้นที่ พบว่า กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดเกือบทุกพื้นที่ (ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นล่าง ซึ่งกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย) รองลงมาเป็นกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน และกลุ่มอาคารต่อเนื่อง ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 4-5 โดยความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละพื้นที่ของกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วนจะมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยของกลุ่มอาคารต่อเนื่องจะต่ำกว่าสองกลุ่มแรกมาก และอยู่ในรับที่ไม่อาจรับรู้ได้

แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคาร ในทิศที่ทำให้ความเร็วลมภายในสูงสุด เมื่อความเร็วลมภายนอก 1.35 m/s



การทดลองที่ 2 กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง+ทิศทำมุม45องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา)

การทดลองที่ 7 กลุ่มอาคารต่อเนื่อง+ทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา)

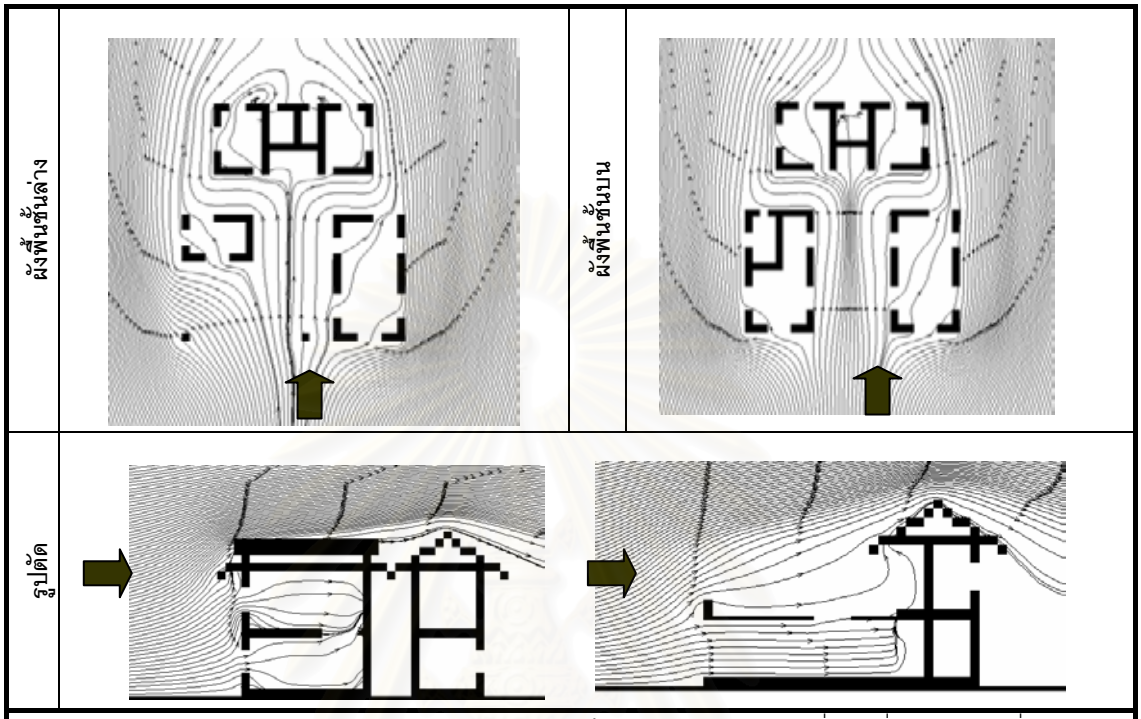
การทดลองที่ 14 กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องบางส่วน+ทิศทำมุม45องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา)

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

แผนภูมิที่ 4-5 แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอาคาร ในทิศที่ทำให้ความเร็วลมภายในสูงสุด เมื่อความเร็วลมภายนอก 1.35 m/s

4.1.1.3 ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-18

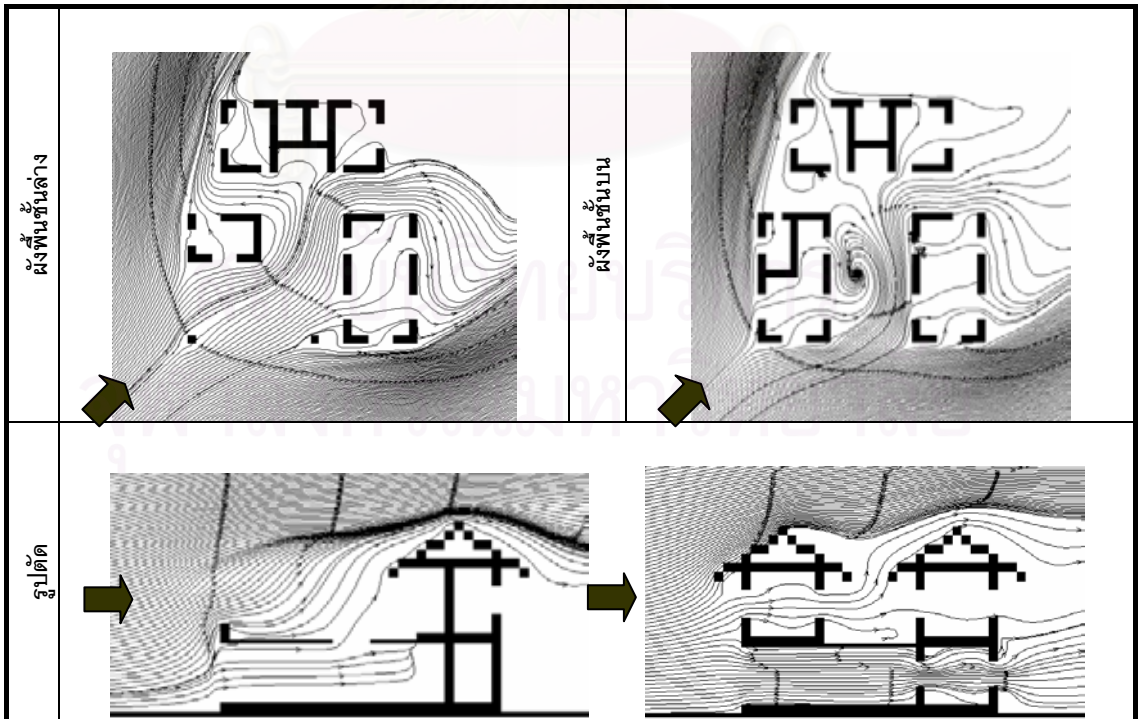
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 1(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1

รูปที่ 4-22 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1

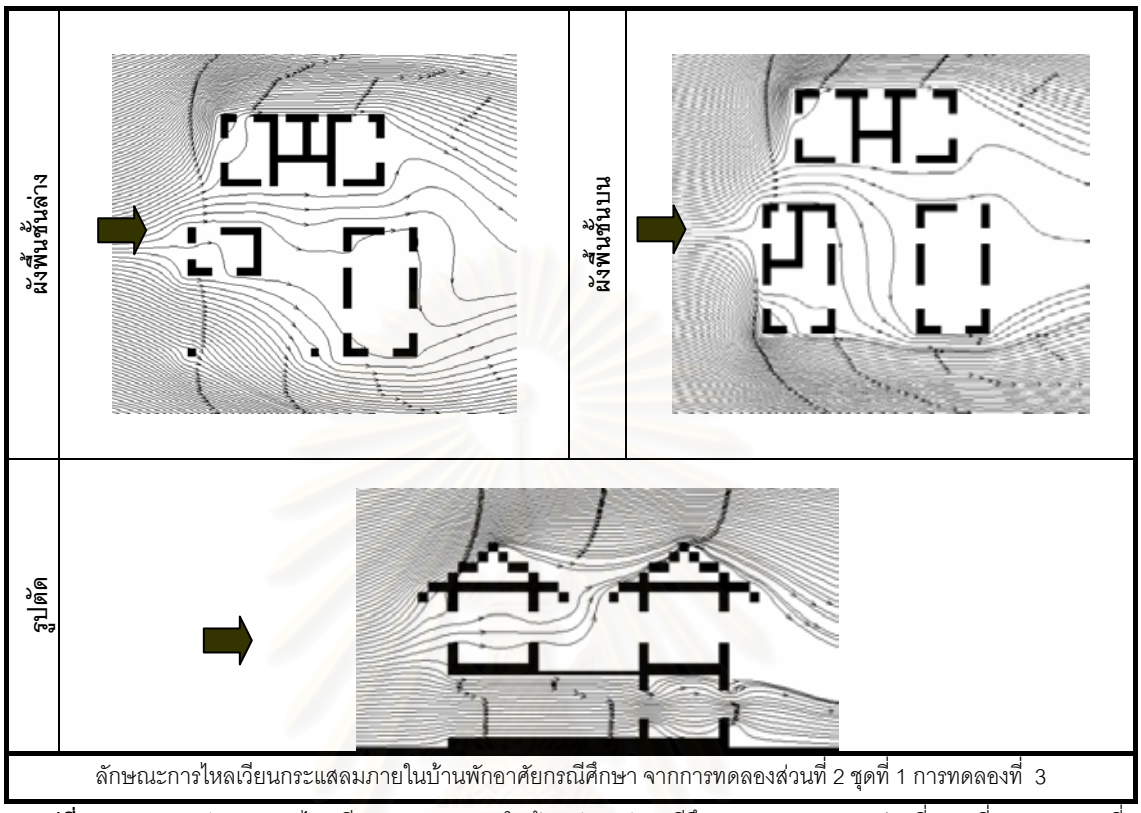
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 2(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2

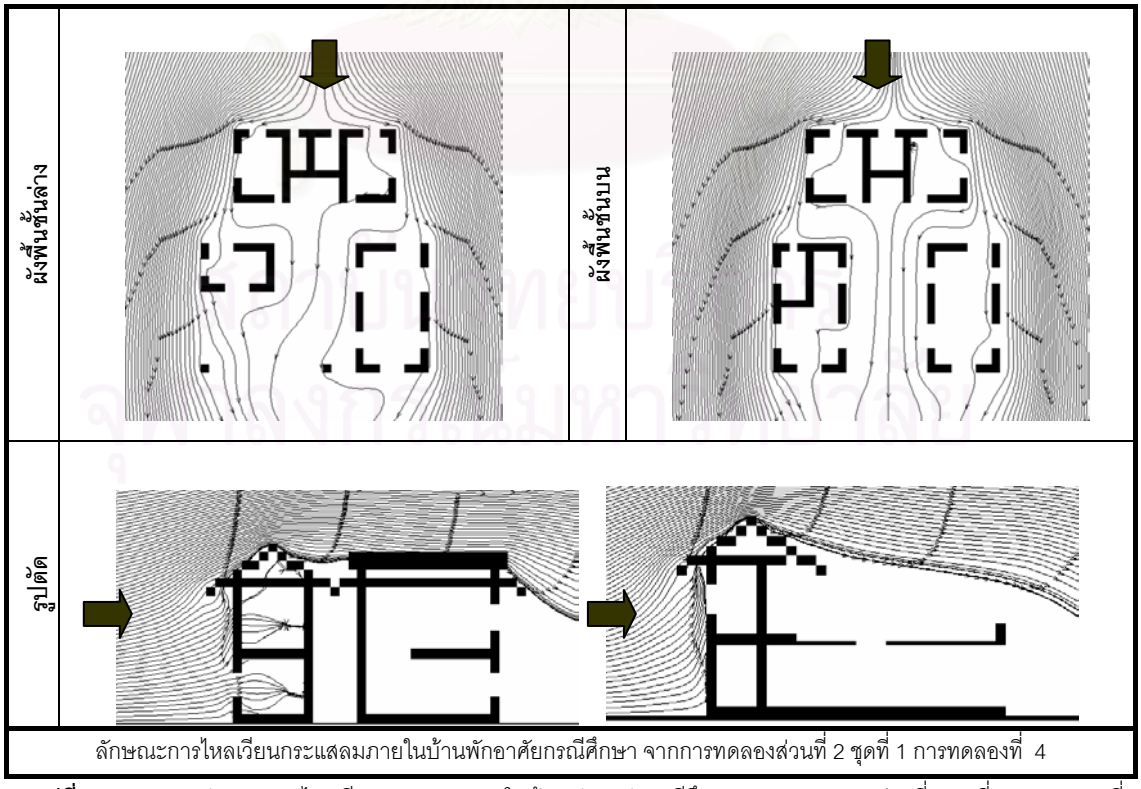
รูปที่ 4-23 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 2

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 3(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



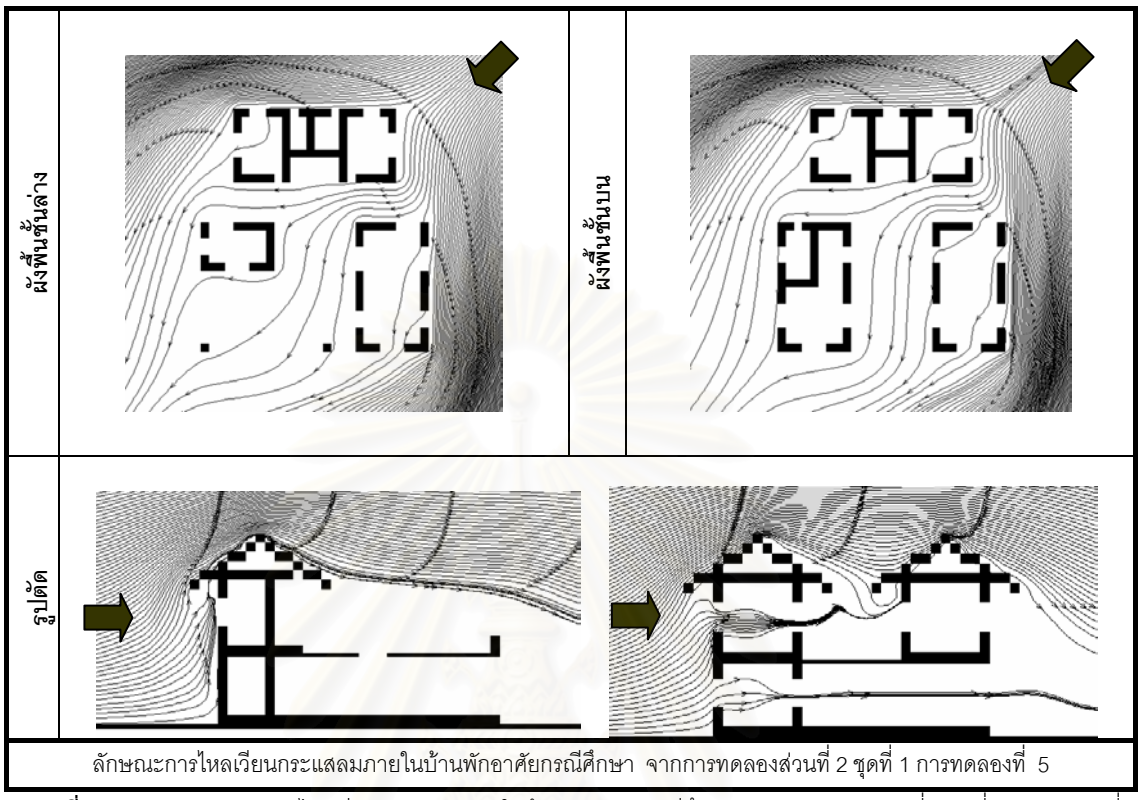
รูปที่ 4-24 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 3

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 4(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



รูปที่ 4-25 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 4

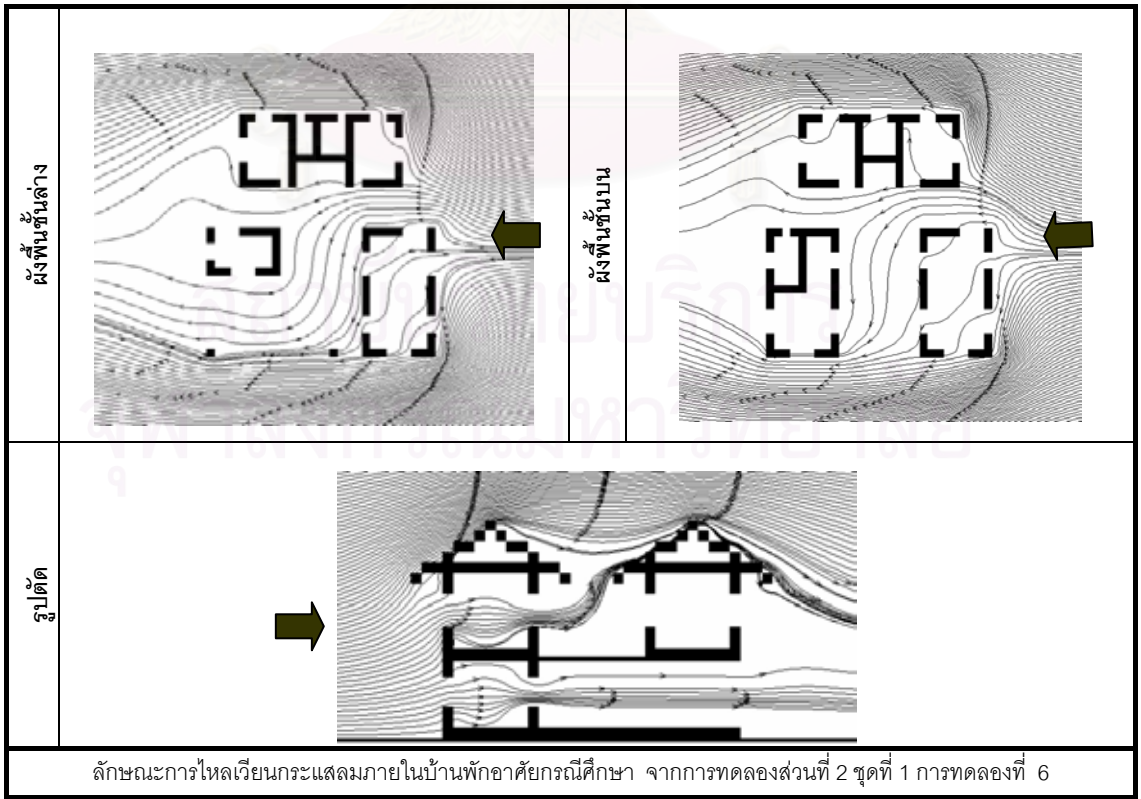
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 5(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 5

รูปที่ 4-26 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 5

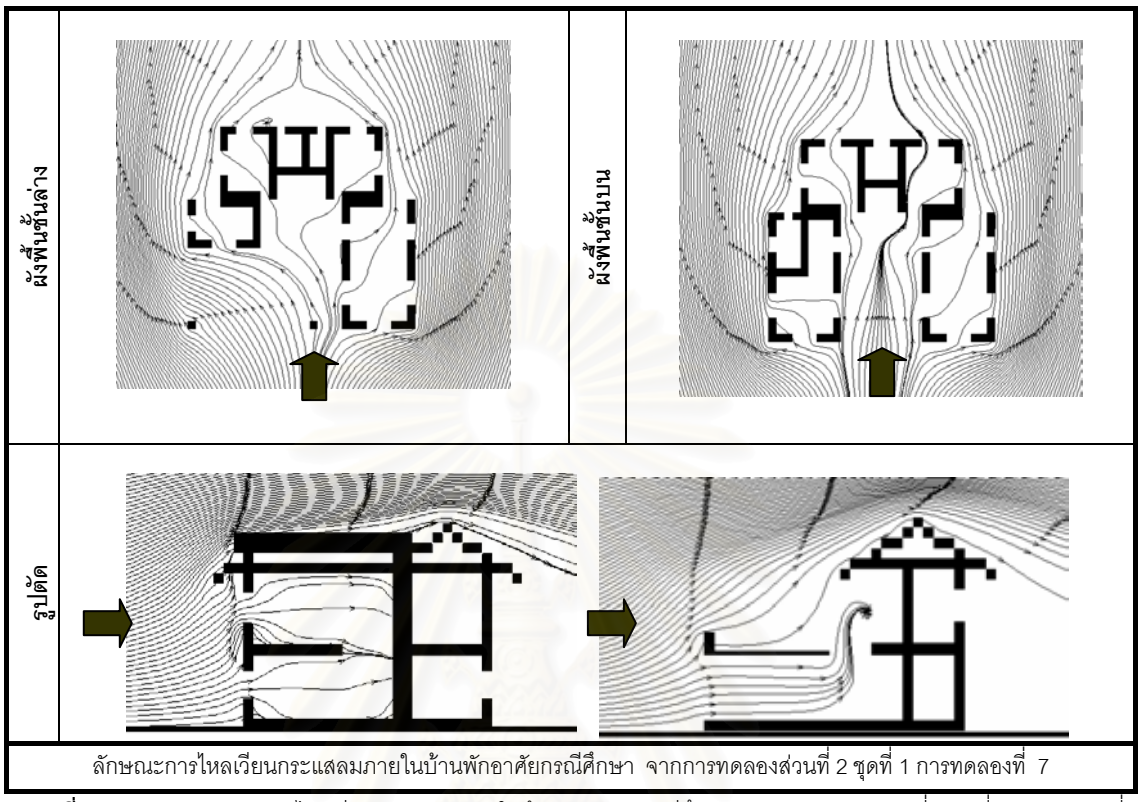
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 6(กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 6

รูปที่ 4-27 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 6

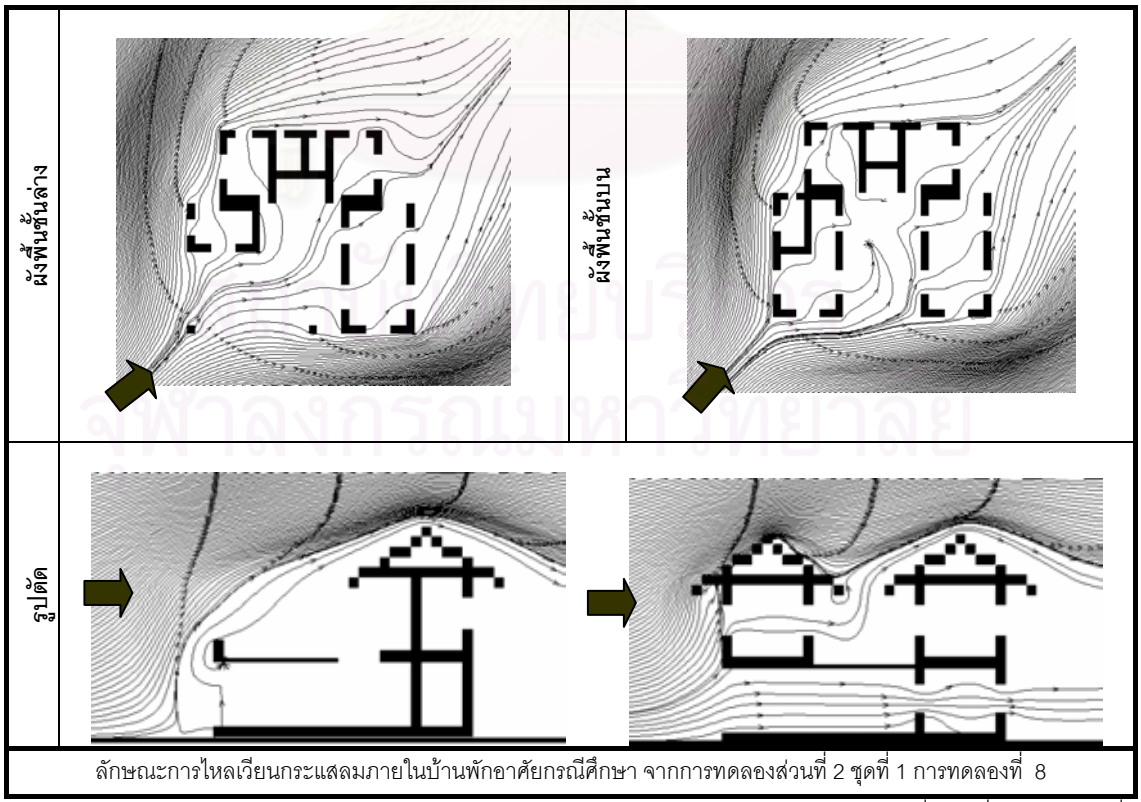
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 7(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7

รูปที่ 4-28 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7

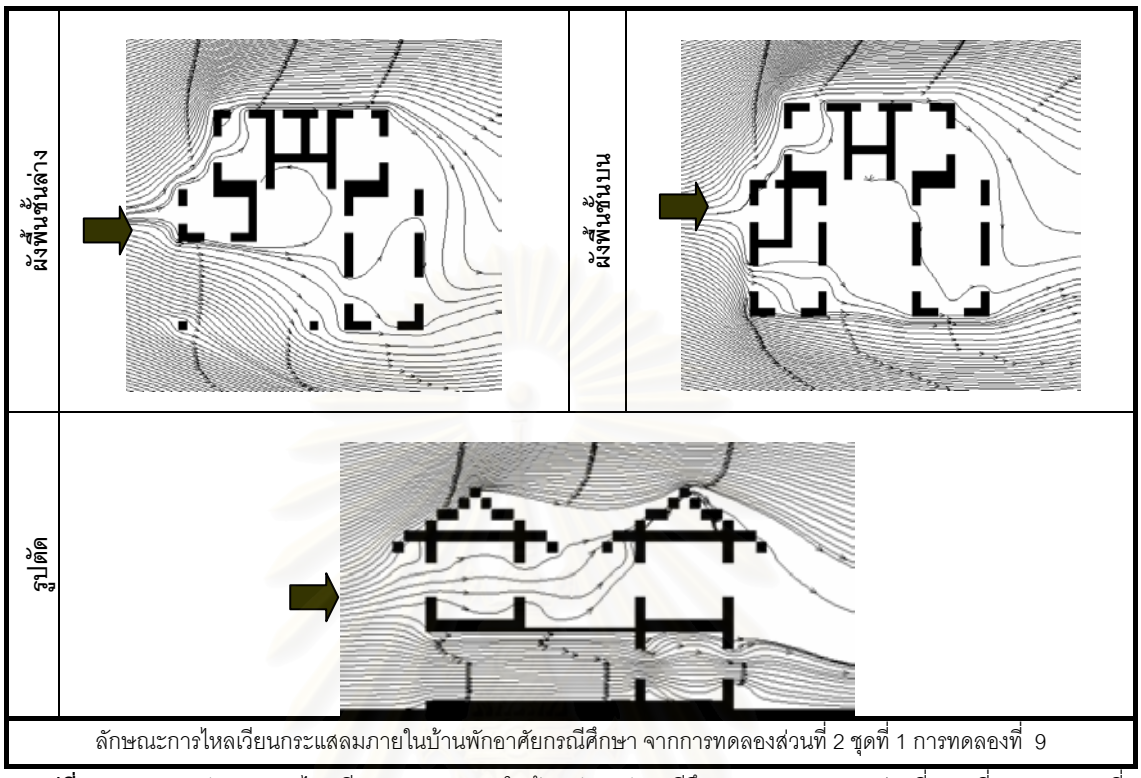
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 8(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 8

รูปที่ 4-29 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 8

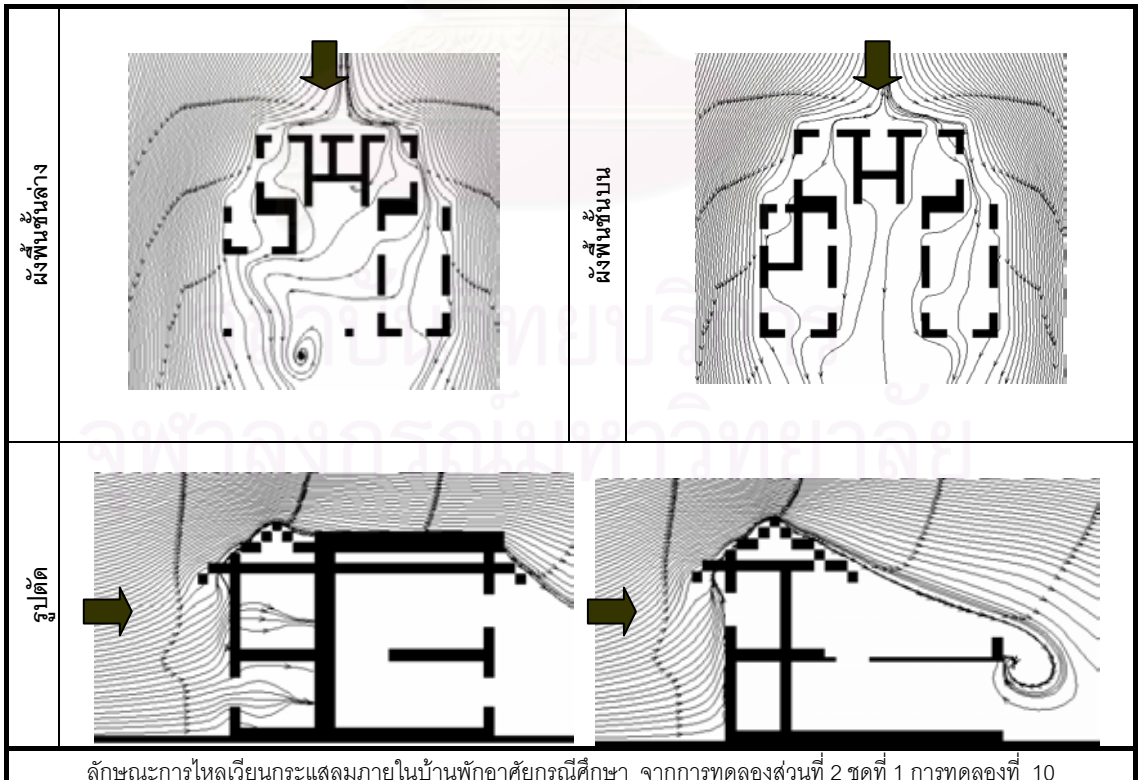
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 9(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 9

รูปที่ 4-30 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 9

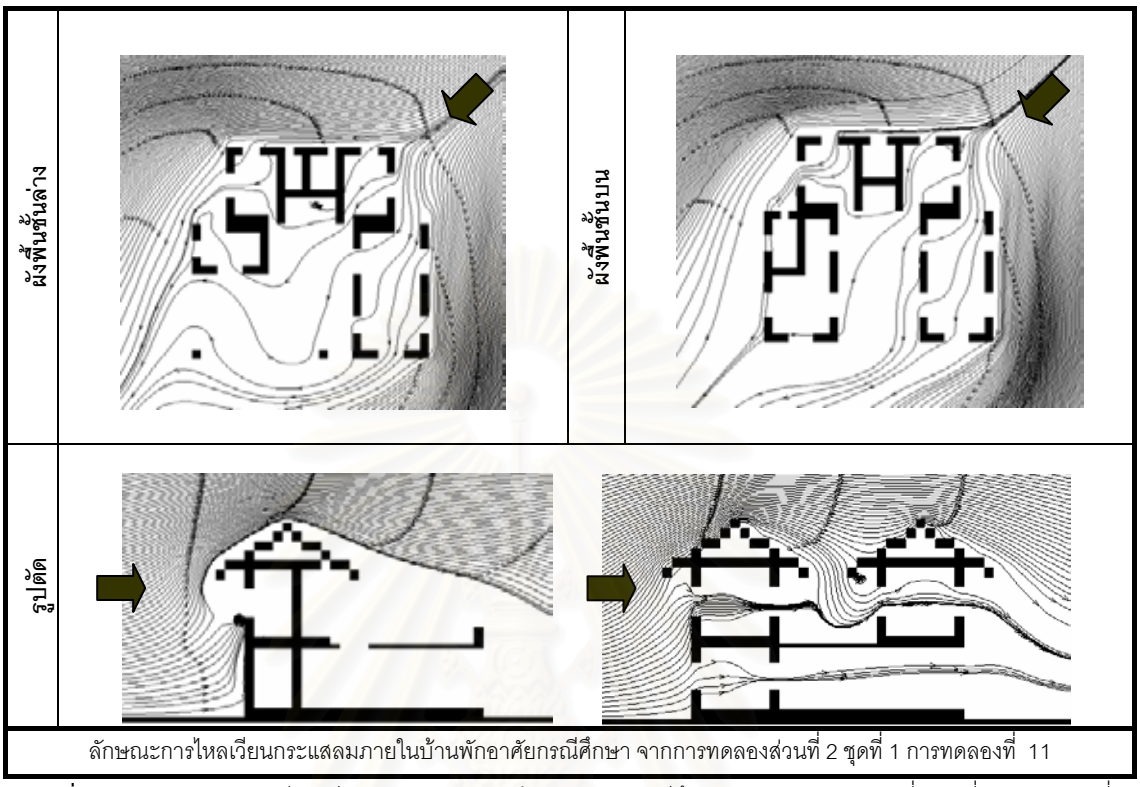
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 10(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 10

รูปที่ 4-31 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 10

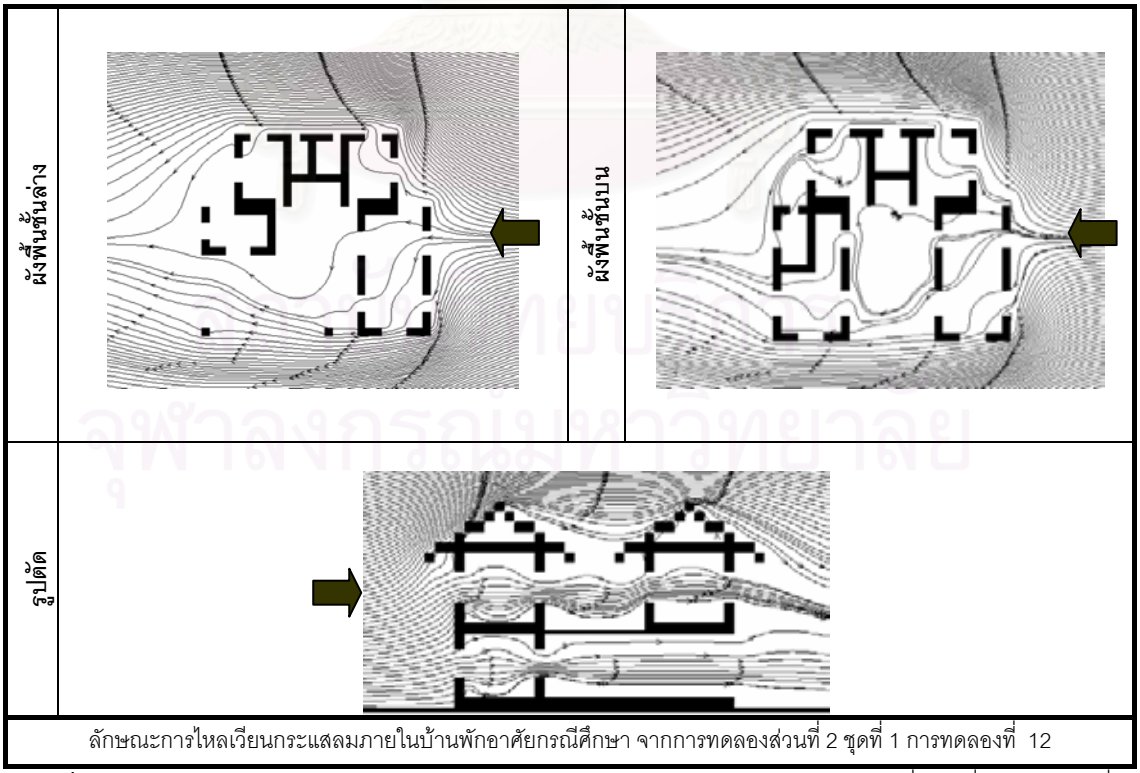
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 11(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 11

รูปที่ 4-32 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 11

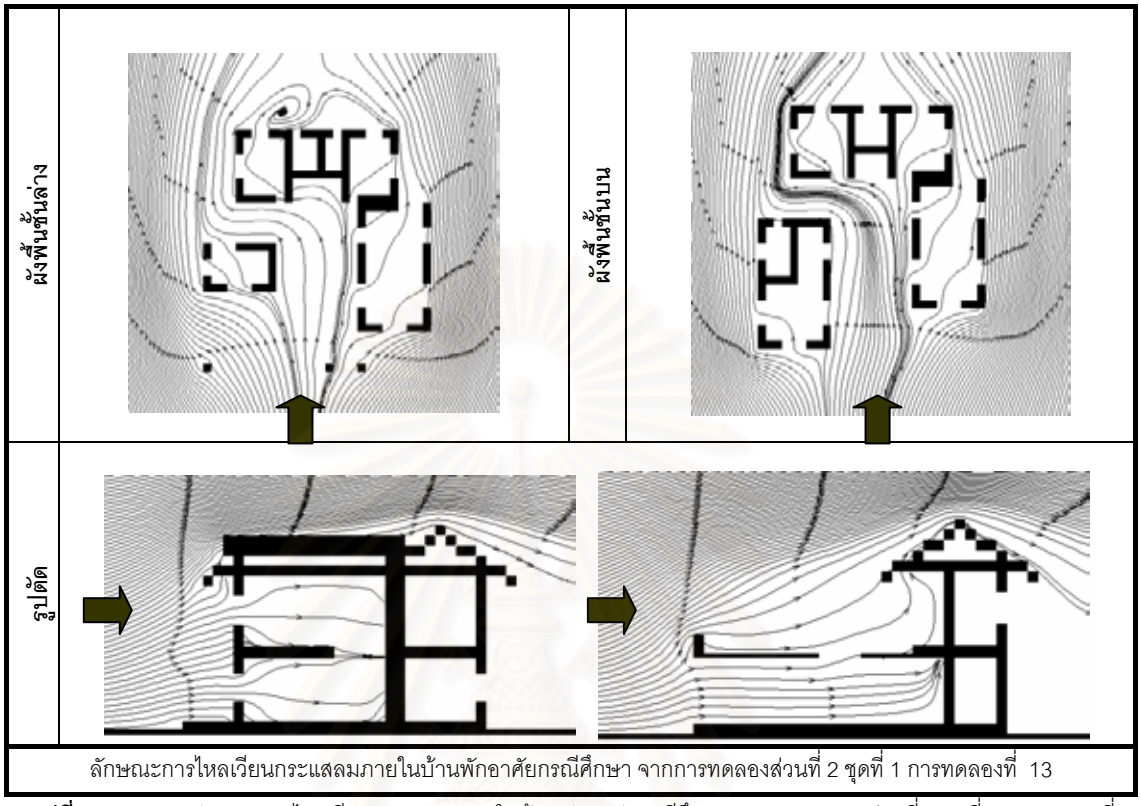
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 12(กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 12

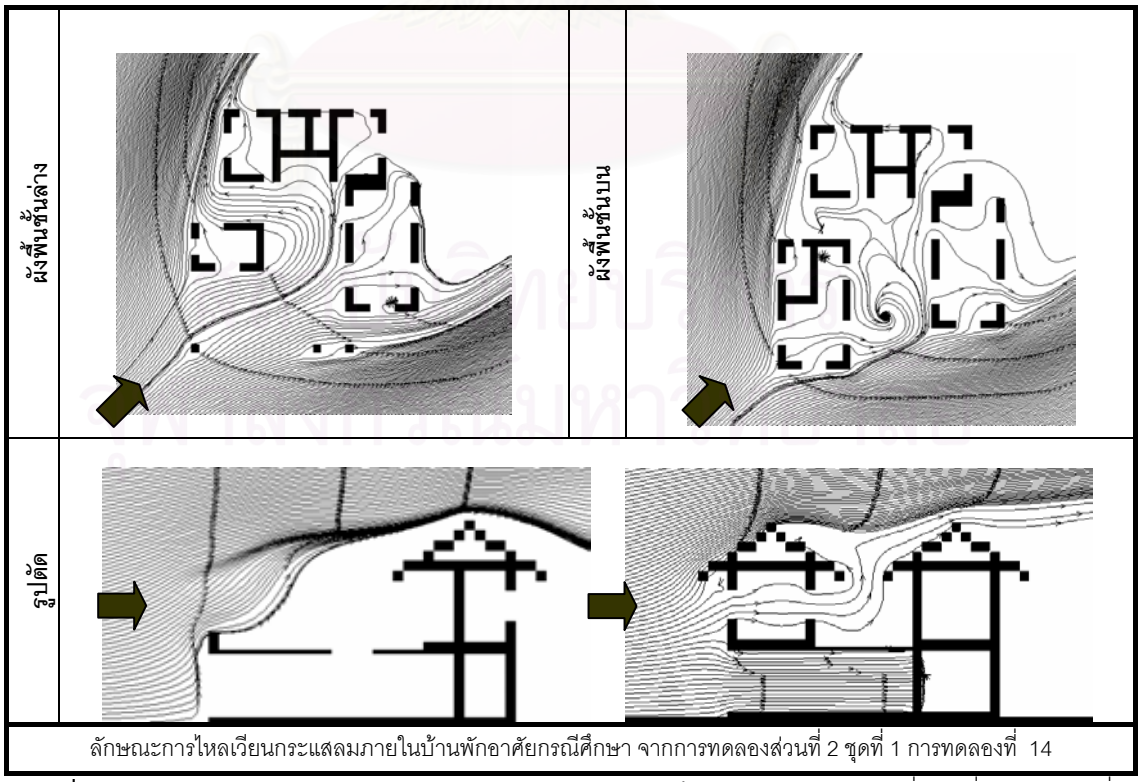
รูปที่ 4-33 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 12

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่13 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



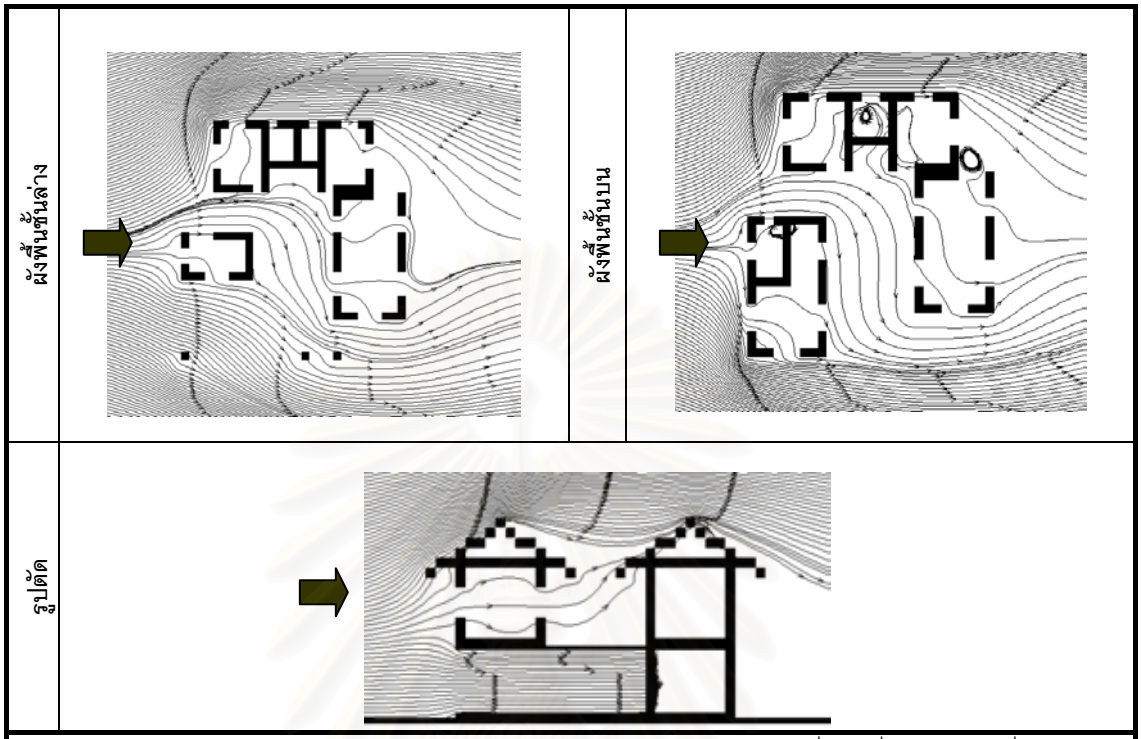
รูปที่ 4-34 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 13

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่14 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



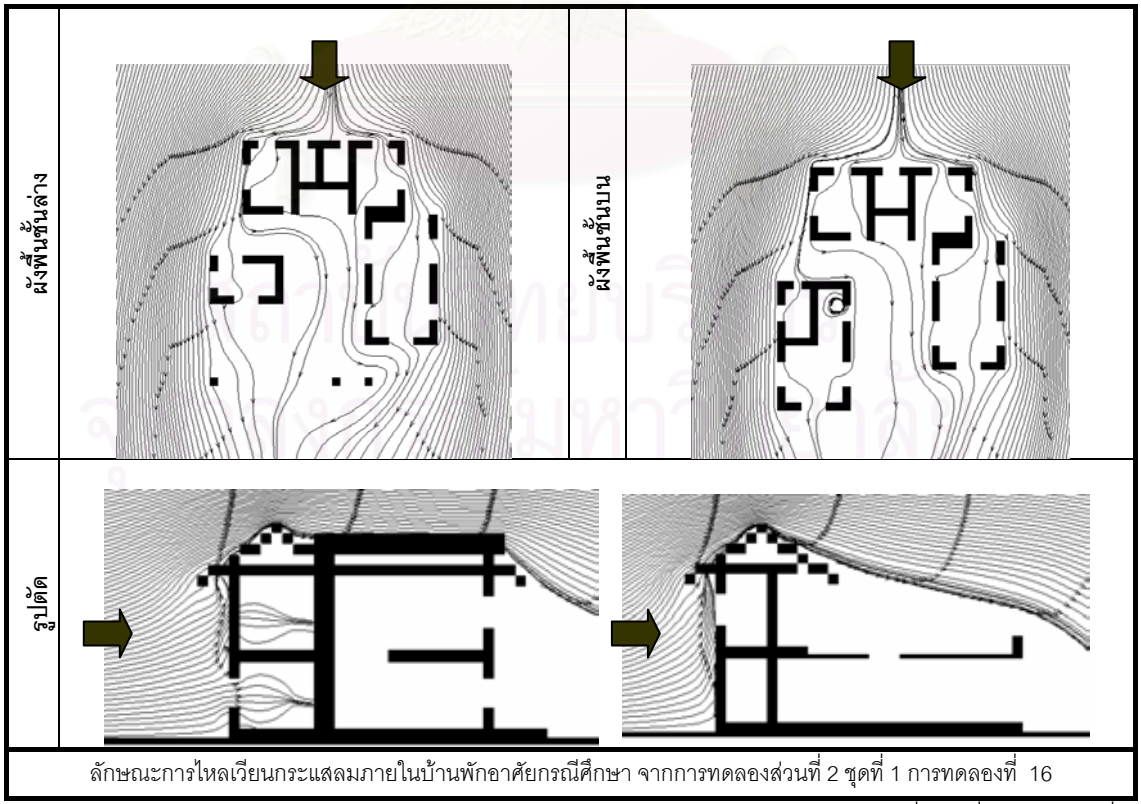
รูปที่ 4-35 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 14

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่15 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



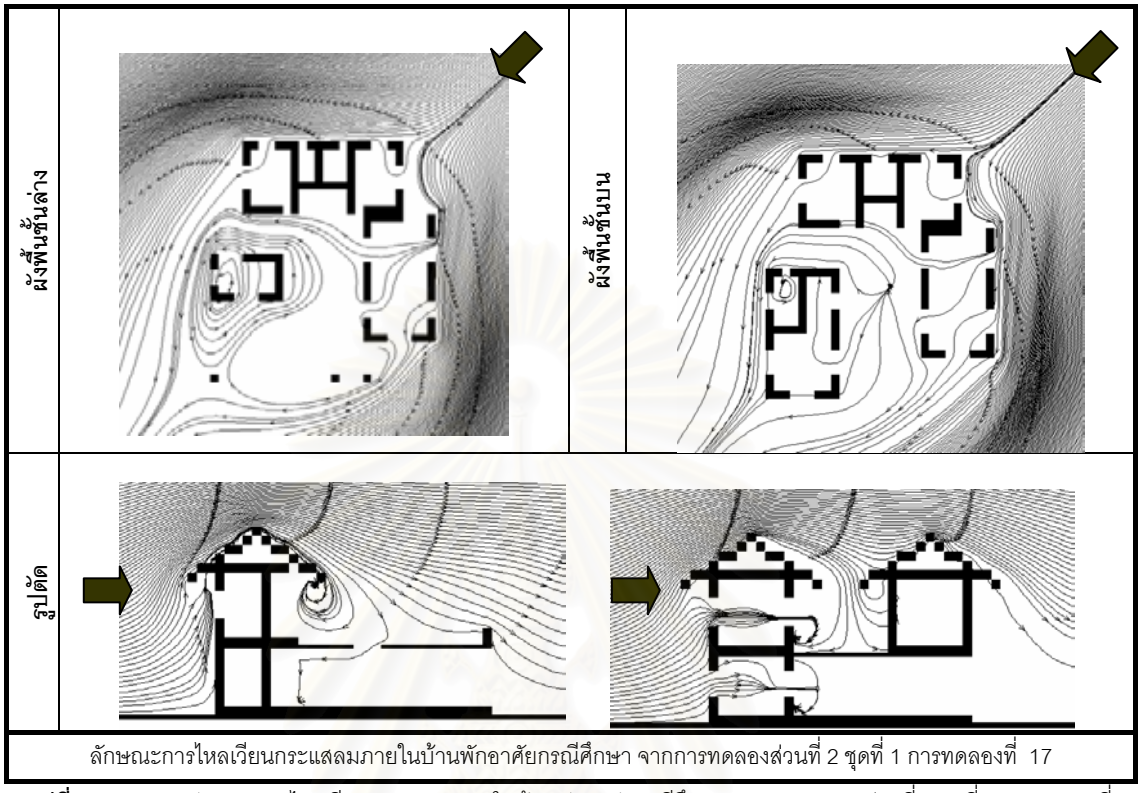
รูปที่ 4-36 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 15

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่16 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



รูปที่ 4-37 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 16

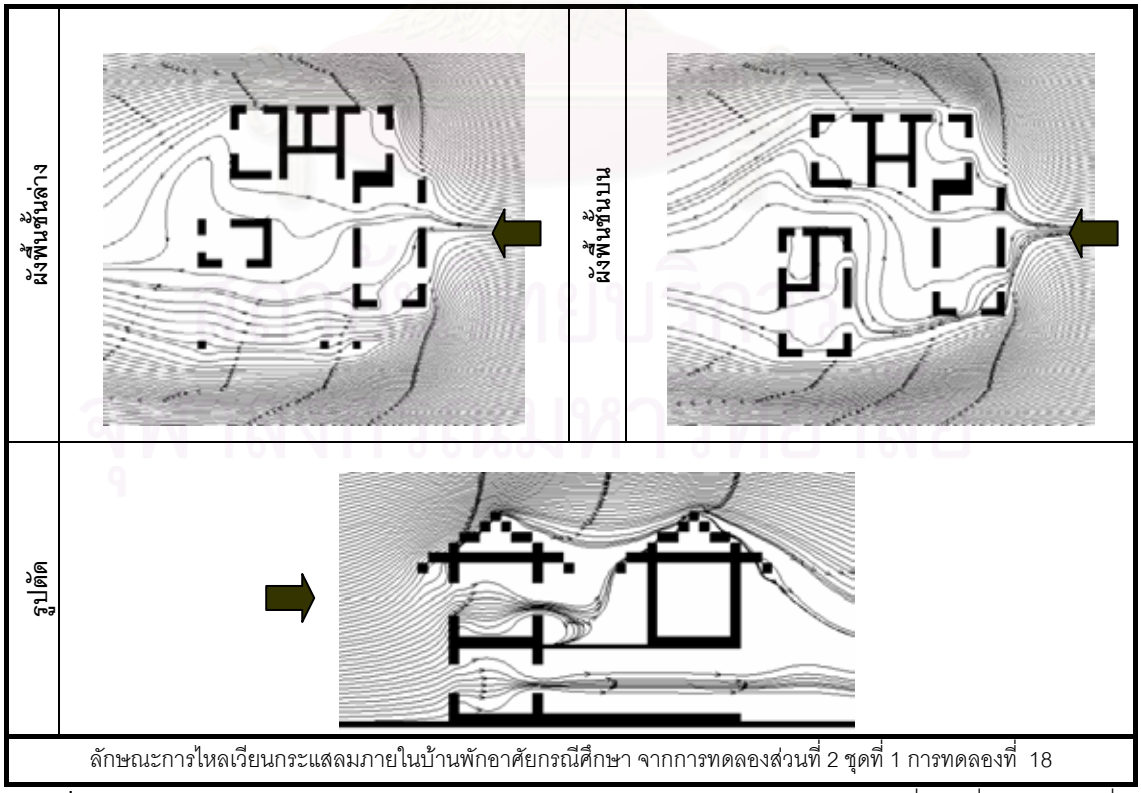
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่17 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 17

รูปที่ 4-38 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 17

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่18 (กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 18

รูปที่ 4-39 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 18

4.1.1.4 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-18

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆในแต่ละกลุ่มอาคาร**

กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง(การทดลองที่ 1-6) เมื่อพิจารณาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมร่วมกับข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อทิศทางของกระแสลมภายนอกต่างกัน(ยกเว้นในทิศ 45 องศา) เนื่องจากการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชานทำให้สามารถเปิดช่องเปิดได้ในทุกๆ ด้าน โดยมีช่องว่างระหว่างอาคารบริเวณใต้ถุนและชานทำหน้าที่เสมือนช่องลมให้กระแสลมสามารถกระจายสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง แม้ว่าห้องบางส่วนจะไม่ได้อยู่ในด้านปะทะลมก็ตาม ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะเคลื่อนที่มาในทิศทางใด ก็สามารถผ่านเข้าออกพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารได้ไม่ต่างกัน โดยที่กระแสลมที่พัดมาในทิศ 45 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุด เนื่องจาก เกิดพื้นที่อับลมบริเวณด้านหลังอาคารเป็นบริเวณกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับทิศทางอื่นๆ ประกอบกับอาคารมีการบังลมกันน้อย และช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกอยู่ในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและลดมาก กระแสลมที่ไหลผ่านใต้ถุนและชานจึงมีปริมาณมาก จึงกระจายเข้าสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง ดังภาพที่ 4-23

กลุ่มอาคารต่อเนื่อง(การทดลองที่ 7-12) เมื่อพิจารณาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมร่วมกับข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อทิศทางของกระแสลมภายนอกต่างกัน เนื่องจาก เหตุผลเดียวกับกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง แต่กระแสลมจะไม่สามารถผ่านเข้าสู่ชานและใต้ถุนได้มาก แม้จะอยู่ในด้านปะทะลม ในกรณีกระแสลมพัดมาทางด้านหน้า (0,45,90 องศา) เนื่องจากเกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณดังกล่าว และบริเวณดังกล่าวจะอยู่ด้านอับลมในกรณีกระแสลมพัดมาทางด้านหลัง (180,225,270 องศา) ทำให้สามารถกระจายกระแสลมสู่พื้นที่อื่นๆได้น้อยลง โดยที่กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุด เนื่องจากเป็นทิศที่อาคารมีการบังลมกันน้อย ทำให้กระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดลมเข้าและลมออกได้อย่างสะดวก กระแสลมสามารถกระจายสู่พื้นที่ต่างๆได้ทั่วถึงมากกว่าในทิศทางอื่นๆ ดังภาพที่ 4-28

กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน(การทดลองที่ 13-18) เมื่อพิจารณาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมร่วมกับข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อทิศทางของกระแสลมภายนอกต่างกัน (ยกเว้นในทิศ 45 องศา) เนื่องจาก เหตุผลเดียวกับกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง ยกเว้นกรณีที่กระแสลมพัดมาทางด้านหลัง (180,225,270 องศา) กระแสลมจะผ่านเข้าสู่ชานและใต้ถุนได้น้อย เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในด้านอับลม โดยที่กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุด เนื่องจาก เหตุผลเดียวกันกับกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง แต่เนื่องจากช่องเปิดลมออกไม่ได้อยู่ในตำแหน่งความดันอากาศลด ปริมาณลมที่ผ่านเข้าสู่พื้นที่ต่างๆจึงมีน้อย การกระจายกระแสลมจึงไม่ทั่วถึงนัก ดังภาพที่ 4-35

จากผลการทดลอง พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในกลุ่มอาคารเดียวกันไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อทิศทางของกระแสลมภายนอกต่างกัน (ยกเว้นในทิศ 45 องศา) เนื่องจากการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้สามารถเปิดช่องเปิดได้ในทุกๆ ด้าน ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะเคลื่อนที่มาในทิศทางใด ก็สามารถผ่านเข้าออกพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารได้ไม่ต่างกัน โดยที่กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 45 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด สำหรับกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน เนื่องจากเกิดพื้นที่อับลมบริเวณด้านหลังอาคารเป็นบริเวณกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับทิศทางอื่นๆ ประกอบกับอาคารมีการบังลมกันน้อย และช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกอยู่ในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและลดมาก กระแสลมที่ไหลผ่านใต้ถุนและชานจึงมีปริมาณมากจึงกระจายเข้าสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง แต่สำหรับกลุ่มอาคารต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจาก เป็นทิศที่อาคารมีการบังลมกันน้อย ทำให้กระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดลมเข้าและลมออกได้อย่างสะดวก กระแสลมสามารถกระจายสู่พื้นที่ต่างๆ ได้ทั่วถึงมากกว่าในทิศทางอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของทั้งสามกลุ่มอาคารพบว่า กลุ่มอาคารต่อเนื่องมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดต่ำกว่ากลุ่มไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วนมาก โดยสองกลุ่มอาคารหลังมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากกรณีของกลุ่มอาคารต่อเนื่องเกิดความดันอากาศเพิ่มสูงกว่ากลุ่มอาคารอื่นๆทำให้กระแสลมเข้าสู่ใต้ถุนและชานได้น้อย การกระจายของกระแสลมไปสู่พื้นที่ห้องต่างๆจึงไม่ทั่วถึง ความเร็วลมจึงต่ำกว่ามาก

- **เปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ในแต่ละแบบจำลอง (ศึกษาเฉพาะทิศทางที่ความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูงสุดของแต่ละกรณี)**

กลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง(การทดลองที่ 2) พิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 45 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก (ยกเว้นใต้ถุน) เนื่องจากการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้ทุกพื้นที่มีช่องเปิดลมเข้าในด้านปะทะลมและมีช่องเปิดลมออกในด้านอับลมได้ โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่โล่งภายนอกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ภายในห้อง โดยพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ๆ เกิดความดันอากาศเพิ่มน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ห้องซึ่งเกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบด้านปะทะลม กระแสลมจึงพัดเข้าสู่พื้นที่โล่งมากกว่าพื้นที่ห้อง ประกอบกับช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกอยู่ในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและลดมาก ทำให้กระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านมีปริมาณมากและกระจายทั่วถึงทั้งพื้นที่

กลุ่มอาคารต่อเนื่อง(การทดลองที่ 7) พิจารณาเฉพาะในกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่โล่งภายนอกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ภายในห้อง โดยพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดเนื่องจากเหตุผลเดียวกับกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง แต่เนื่องจากเกิดความดันอากาศเพิ่มสูงกว่ากลุ่มอาคาร

แบบไม่ต่อเนื่อง จึงทำให้กระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านมีปริมาณน้อยและไม่สามารถกระจายทั่วถึงทั้งพื้นที่ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังคงมีการกระจายของกระแสลมค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่บริเวณอื่นๆ

กลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน(การทดลองที่ 14) พิจารณาเฉพาะกรณีกระแสลมภายนอกในทิศ 45 องศา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไม่มากนัก (ยกเว้นใต้ถุน) โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่โล่งภายนอกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ภายในห้อง โดยพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ ค่อนข้างมาก เนื่องจากเหตุผลเดียวกับกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง แต่สาเหตุที่ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า เนื่องจากช่องเปิดลมออกไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่มีความดันอากาศลด จึงทำให้กระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านใต้ถุนและชานมีปริมาณลดลง และกระจายไม่ทั่วถึงทั้งพื้นที่ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังคงมีการกระจายของกระแสลมค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่บริเวณอื่นๆ

จากผลการทดลอง พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ของแต่ละกลุ่มอาคารมีความแตกต่างกันไม่มากนัก (ยกเว้นใต้ถุน) เนื่องจากการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้ทุกพื้นที่มีช่องเปิดลมเข้าในด้านปะทะลมและมีช่องเปิดลมออกในด้านอับลมได้ โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่โล่งภายนอกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ภายในห้อง โดยเฉพาะพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากเป็นพื้นที่ๆ เกิดความดันอากาศเพิ่มน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ห้องซึ่งเกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบด้านปะทะลม กระแสลมจึงพัดเข้าสู่พื้นที่โล่งมากกว่าพื้นที่ห้อง โดยในกรณีของกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องและต่อเนื่องบางส่วน ช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกของใต้ถุน อยู่ในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและลดมาก ทำให้กระแสลมที่เคลื่อนที่ผ่านมีปริมาณมากและกระจายทั่วถึงทั้งพื้นที่มากกว่าในกรณีของกลุ่มอาคารต่อเนื่องมาก

4.1.1.5 **สรุปผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1**

การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรรูปแบบกลุ่มอาคารของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องและกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน กับตัวแปรทิศทางการพัดพาของกระแสลมภายนอก 6 ทิศทาง จากการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนของกระแสลม พบว่า

1. กลุ่มอาคารทั้งสามรูปแบบมีการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน โดยทิศทางกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของแต่ละกลุ่มอาคารไม่มากนัก ยกเว้นในทิศที่ทำให้ความลมเฉลี่ยสูงสุดของแต่ละกลุ่มอาคาร

2. กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่องมีความเร็วลมเฉลี่ยในทุกทิศทางสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน และกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง ตามลำดับ โดยที่กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา) ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสองกลุ่มแรกมีค่าสูงสุดใกล้เคียงกัน

และอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่กระแสลมภายนอกในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า (0 องศา) ทำให้กลุ่มอาคารต่อเนื่อง มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด แต่จะต่ำกว่าสองกลุ่มแรกมากและอยู่ในระดับที่ไม่อาจรับรู้ได้

3. ในทิศที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดของแต่ละกลุ่มอาคาร ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ของกลุ่มอาคารทั้งสามรูปแบบจะแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก โดยพื้นที่ใต้ถุนจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดและสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ค่อนข้างมากในกรณีกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่องกับกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน

จากข้อสรุปของผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่า กลุ่มอาคารมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยและลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารค่อนข้างมาก และมีความสัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมภายนอกในระดับที่แตกต่างกัน โดยการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารของกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่องและต่อเนื่องบางส่วนจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา) โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่การไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารของกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพต่ำในทุกทิศทาง โดยความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ไม่อาจรับรู้ได้ การทดลองในส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 ต่อไปจะเป็นการศึกษาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีรูปแบบการวางกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยการออกแบบตัวแปรส่วนประกอบทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารซึ่งกำหนดมาจากปัจจัยที่ศึกษามาจากทั้งเรือนไทยกรณีศึกษาและเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.2 การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2

4.2.2.1 การศึกษาปัจจัยระยะห่างระหว่างอาคาร (การทดลองที่ 1-3)

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-3**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง					
	การทดลองที่ 1(ระยะห่าง 1เท่า)		การทดลองที่ 2 (ระยะห่าง 1.5เท่า)		การทดลองที่ 3 (ระยะห่าง 2เท่า)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.04	3.15	0.06	5.25
ใต้ถุน	0.08	5.61	0.10	7.36	0.11	8.41
ห้องชั้นบน	0.02	1.97	0.02	1.84	0.02	1.84
ชาน	0.05	4.20	0.11	8.41	0.16	11.91
เฉลี่ย	0.04	3.09	0.05	4.20	0.08	5.87

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ผลการทดลองที่ 1 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7

ตารางที่ 4-11 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 1-3

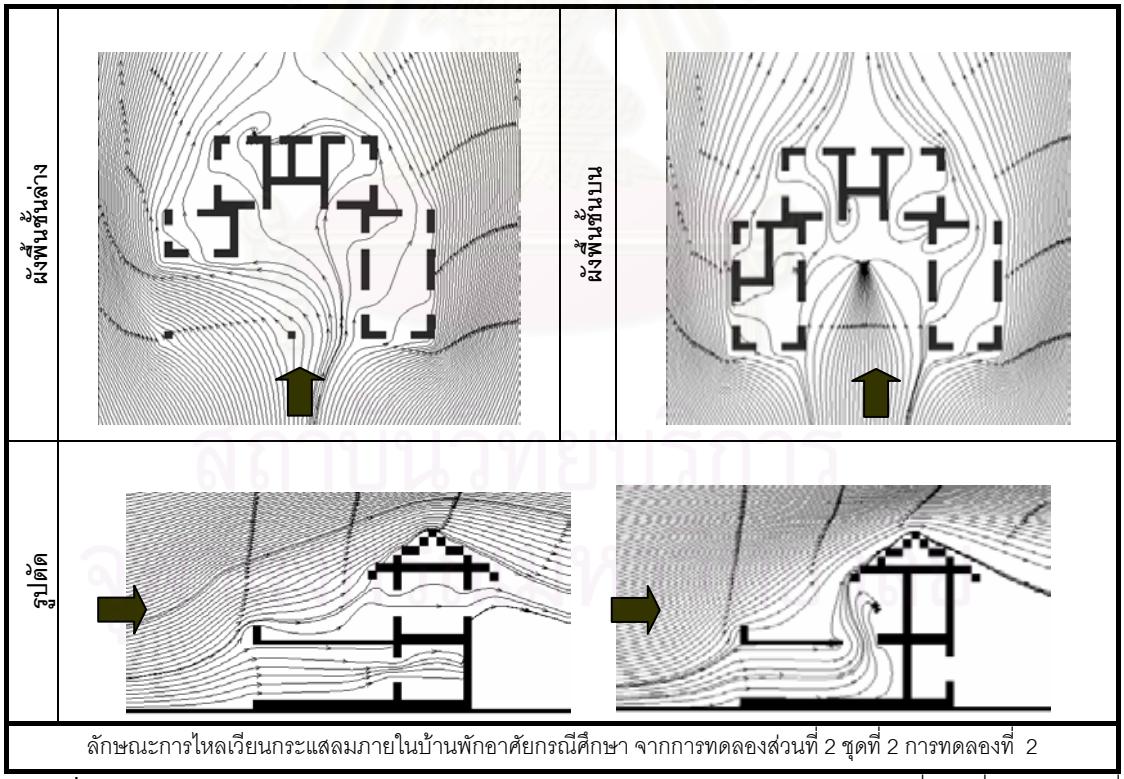
- **การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 1-3

จากการศึกษาปัจจัยระยะห่างระหว่างอาคารที่บังลมกัน โดยกำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา 3 ตัวแปรด้วยกันคือ ระยะห่าง 1 เท่าของความสูง, 1.5 เท่าของความสูง และ 2 เท่าของความสูงอาคาร ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างอาคารเพิ่มขึ้นความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในพื้นที่ห้องทั้งชั้นล่างและชั้นบนจะสูงขึ้นเล็กน้อยในขณะที่พื้นที่ใต้ถุนและชานจะสูงขึ้นมาก โดยในกรณีระยะห่าง 2 เท่าของความสูง ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ใต้ถุนและชานสูงสุด 0.11 m/s (8.41 %) และ 0.16 m/s (11.91%) ตามลำดับ รองลงมาเป็นระยะห่าง 1.5 เท่าของความสูง 0.10 m/s (7.36%) และ 0.11 m/s (8.41%) ตามลำดับ และระยะห่าง 1 เท่าของความสูง 0.08 m/s (5.61%) และ 0.05 m/s (4.20%) ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารแล้วพบว่าเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ดังตารางที่ 4-11

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 1(ระยะห่าง 1 เท่า)**

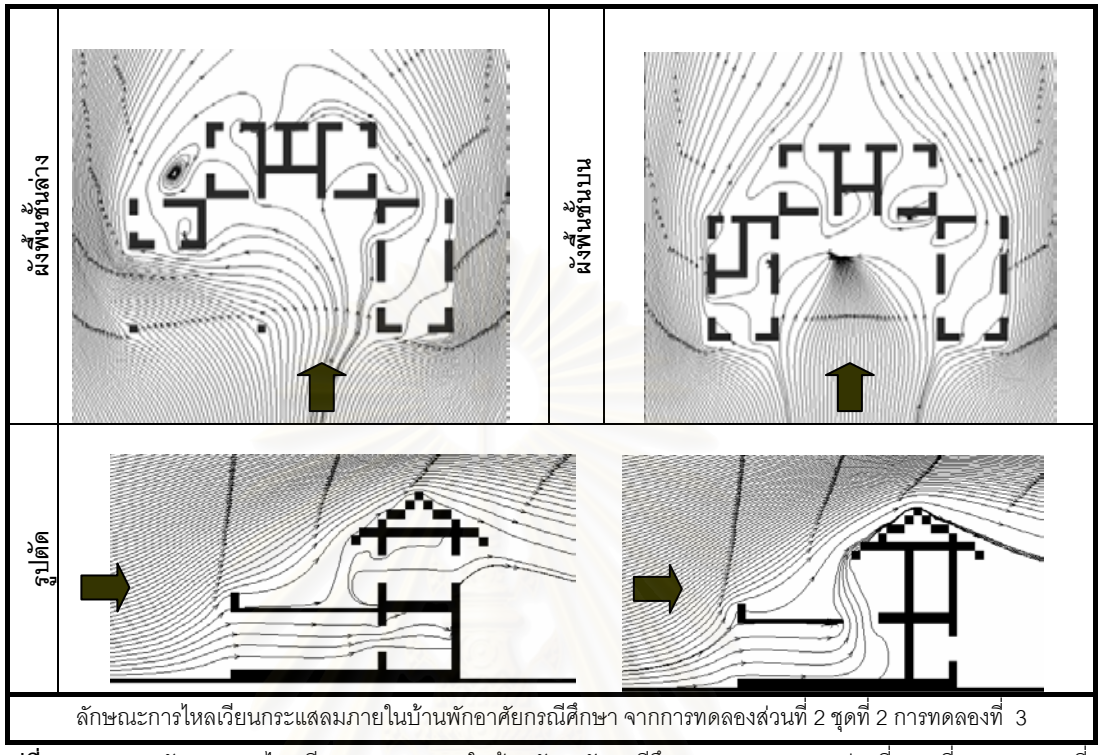
ผลการทดลองที่ 1 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7(รูปที่ 4-28)

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 2 (ระยะห่าง 1.5 เท่า)**



รูปที่ 4-40 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 2

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 3 (ระยะห่าง 2 เท่า)**



รูปที่ 4-41 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3

- **เปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 1-3

ผลจากการทดลอง พบว่า การเพิ่มระยะห่างระหว่างอาคารจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยพื้นที่ใต้ถุนและชานจะสูงขึ้น เนื่องจากความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง ประกอบกับช่องเปิดลมเข้าในด้านปะทะลมมีขนาดกว้างขึ้น กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนและชานได้มากขึ้น การกระจายสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ดีขึ้น แต่เนื่องจากช่องเปิดลมออกบริเวณชานมีปริมาณคงที่ จึงทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานแม้จะลดลงแต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนักในทุกกรณี การกระจายของกระแสลมในทุกกรณีจึงไม่แตกต่างกันมากนักโดยเฉพาะพื้นที่ห้อง ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องทั้งสองชั้นจึงใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4-28, รูปที่ 4-40 และรูปที่ 4-41

จากเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยข้างต้น พบว่า ระยะห่างระหว่างอาคารมีผลต่อพื้นที่ความดันเพิ่มอากาศเพิ่มบริเวณชาน พื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างอาคารเพิ่มมากขึ้น ทำให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ชานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงขึ้น ดังนั้นในกรณีระยะห่างระหว่างอาคารเท่ากับ 2 เท่าของความสูงอาคารจะทำให้การไหลเวียนกระแสลมของพื้นที่ใต้ถุนและชานของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่และทุกกรณียังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้มาก

4.2.2.2 การศึกษาปัจจัยปริมาณช่องเปิด ระดับช่องเปิด และชนิดช่องเปิด(การทดลองที่ 4-14)

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 4-6 (ปริมาณช่องเปิด)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง					
	การทดลองที่ 4(ช่องเปิด 30%)		การทดลองที่ 5 (ช่องเปิด 60%)		การทดลองที่ 6 (ช่องเปิด 30%-60%)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.06	5.25	0.06	5.25	0.06	5.25
ใต้ถุน	0.11	8.41	0.11	8.41	0.11	8.41
ห้องชั้นบน	0.02	1.84	0.04	3.41	0.03	2.10
ชาน	0.14	11.22	0.16	11.91	0.14	11.22
เฉลี่ย	0.08	6.68	0.09	7.25	0.08	6.75

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ผลการทดลองที่ 4 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3

ตารางที่ 4-12 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 4-6

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 7-9 (ระดับช่องเปิด)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง					
	การทดลองที่7(ช่องเปิดสูง0ม.)		การทดลองที่8(ช่องเปิดสูง0.40ม.)		การทดลองที่9(ช่องเปิดสูง 0.80 ม.)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.14	10.51	0.09	6.31	0.06	5.25
ใต้ถุน	0.11	8.41	0.11	8.41	0.11	8.41
ห้องชั้นบน	0.05	3.94	0.05	3.94	0.02	1.84
ชาน	0.16	11.91	0.16	11.91	0.14	11.22
เฉลี่ย	0.11	8.69	0.09	7.47	0.08	6.68

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ผลการทดลองที่ 9 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3

ตารางที่ 4-13 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3-8

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 10-12 (ชนิดช่องเปิด)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง									
	การทดลองที่10 (ช่องเปิดตรงกลาง)		การทดลองที่11 (ช่องเปิดเป็นช่วง)		การทดลองที่12 (ช่องเปิดที่พื้น)		การทดลองที่13 (ช่องลมเหนือช่องเปิด)		การทดลองที่14 (ใต้ถุนโล่ง)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.06	5.25	0.06	5.25	0.06	5.25	0.06	5.25	0.06	5.25
ใต้ถุน	0.11	8.41	0.11	8.41	0.11	8.41	0.15	10.95	0.26	19.36
ห้องชั้นบน	0.02	1.84	0.02	1.84	0.02	1.84	0.04	2.89	0.03	2.10
ชาน	0.14	11.22	0.12	9.10	0.16	11.91	0.23	17.26	0.17	12.35
เฉลี่ย	0.08	6.68	0.07	6.15	0.08	6.85	0.12	9.08	0.13	9.76

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ผลการทดลองที่ 10 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3

ตารางที่ 4-14 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 10-14

- **การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 4-14**

ปัจจัยปริมาณช่องเปิด ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ ปริมาณช่องเปิด 30% ปริมาณช่องเปิด 60% และปริมาณช่องเปิดลมเข้า 30% ร่วมกับช่องเปิดลมออก 60% ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณช่องเปิดจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องชั้นบนและพื้นที่ชานสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ห้องชั้นล่างและใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง โดยปริมาณช่องเปิด 60% ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของห้องชั้นบนและชานสูงสุด 0.04 m/s (3.14%) และ 0.16 m/s (11.91%) ตามลำดับ รองลงมาเป็นปริมาณช่องเปิดลมเข้า 30% ร่วมกับปริมาณช่องเปิดลมออก 60% 0.03 m/s (2.10%) และ 0.14 m/s (11.22%) ตามลำดับ และปริมาณช่องเปิดลมเข้า 30% 0.02 m/s (1.84%) และ 0.14 m/s (11.22%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-12

ปัจจัยระดับช่องเปิด ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร คือ ช่องเปิดอยู่ในระดับพื้นห้อง (0 ม.) ช่องเปิดอยู่สูง 0.40 ม.จากระดับพื้นห้อง (0.40 ม.) และช่องเปิดอยู่สูง 0.80 ม.จากระดับพื้นห้อง (0.80 ม.) ผลจากการทดลองพบว่า ช่องเปิดในระดับต่ำจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องทั้งชั้นล่างและชั้นบนสูงขึ้นค่อนข้างมาก ในขณะที่พื้นที่ใต้ถุนและชานจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยช่องเปิดในระดับพื้นห้องทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้องชั้นล่างและห้องชั้นบนสูงสุด 0.14 m/s (10.51%) และ 0.05 m/s (3.94%) ตามลำดับ รองลงมาเป็นช่องเปิดในระดับสูง 0.40 ม.จากระดับพื้นห้อง 0.09 m/s (6.31%) และ 0.05 m/s (3.94%) ตามลำดับ และช่องเปิดอยู่สูง 0.80 ม.จากระดับพื้นห้อง 0.06 m/s (5.25%) และ 0.02 m/s (1.84%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-13

ปัจจัยชนิดช่องเปิด ประกอบด้วยตัวแปร 5 ตัวแปร คือ ช่องเปิดในตำแหน่งกลางผนัง, ช่องเปิดแบ่งเป็นช่วงๆ, การมีช่องเปิดที่พื้น, การมีช่องลมเหนือช่องเปิด และการยกใต้ถุนโล่ง พบว่า ในกรณีของตำแหน่งช่องเปิดกลางผนังและช่องเปิดเป็นช่วง ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในกรณีของช่องเปิดในตำแหน่งตรงกลางผนังจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชานเท่ากับ 0.16 m/s (11.91%) ซึ่งสูงกว่ากรณีเปิดช่องเปิดเป็นช่วง ๆ ซึ่งเท่ากับ 0.12 m/s (9.10%) เล็กน้อย ดังตารางที่ 4-14

กรณีมีช่องเปิดที่พื้น เปรียบเทียบกับไม่มีช่องเปิดที่พื้น พบว่า ช่องเปิดที่พื้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงขึ้นเท่ากับ 0.16 m/s(11.91%)ในขณะที่พื้นที่อื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง ดังตารางที่ 4-14

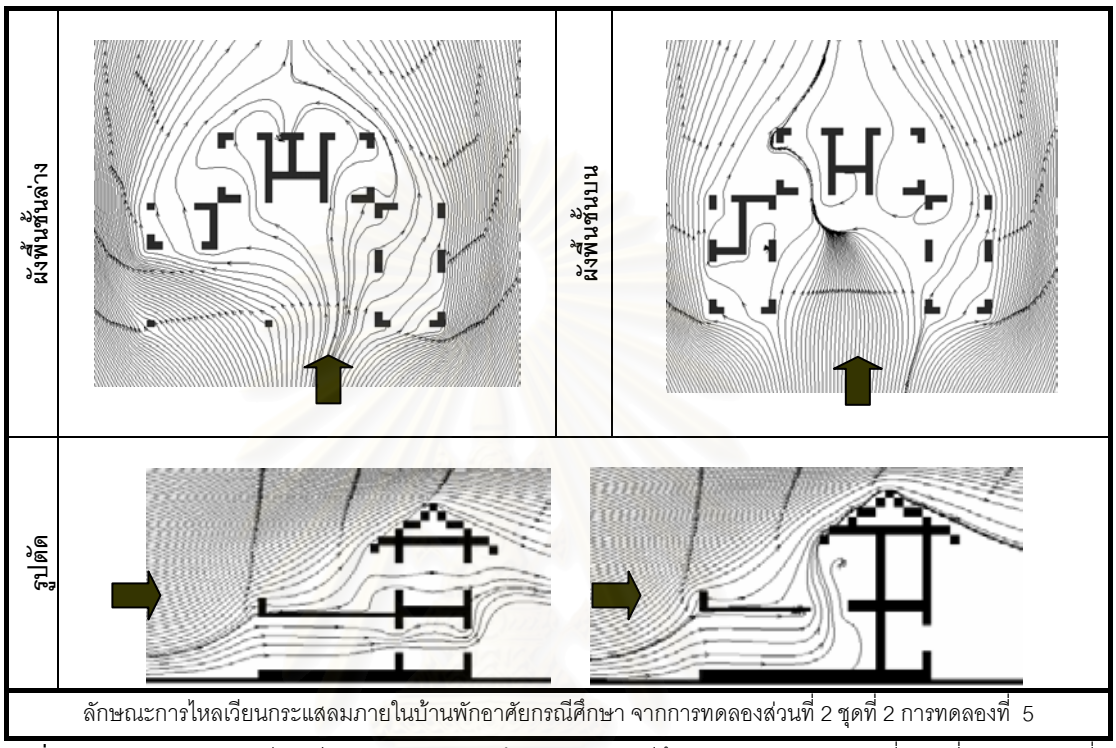
กรณีมีช่องลมเหนือช่องเปิด เปรียบเทียบกับไม่มีช่องลมเหนือช่องเปิด พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยเกือบทุกพื้นที่สูงขึ้นมาก ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นล่างที่ไม่เปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชานมีความเร็วสูงสุด 0.23 m/s (17.26%) รองลงมาเป็นใต้ถุน 0.15 m/s (10.95%) ห้องชั้นล่าง 0.06 m/s (5.25%) และห้องชั้นบน 0.04 m/s (2.89%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-14

กรณียกใต้ถุนโล่ง เปรียบเทียบกับไม่ยกใต้ถุนโล่ง พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยเกือบทุกพื้นที่สูงขึ้นมาก ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นล่างที่ไม่เปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วสูงสุด 0.26 m/s (19.36%) รองลงมาเป็นชาน 0.17 m/s (12.35%) ห้องชั้นล่าง 0.06 m/s (5.25%) และห้องชั้นบน 0.03 m/s (2.10%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-14

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 4 (ช่องเปิด 30%)**

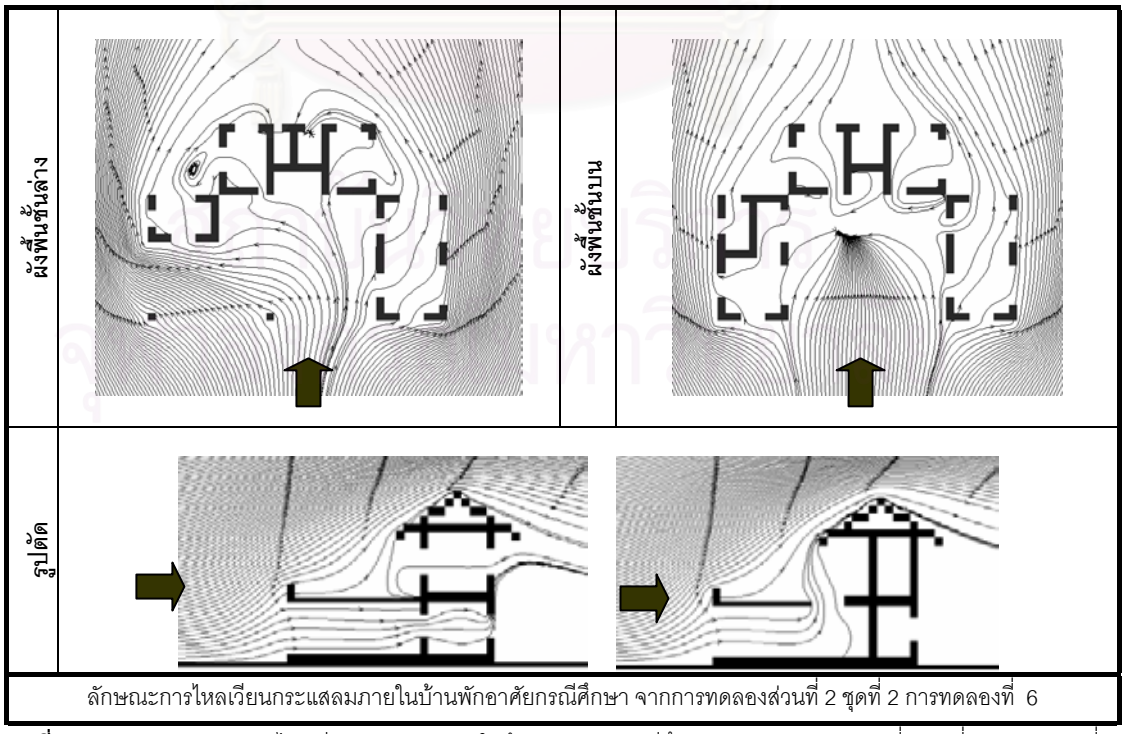
ผลการทดลองที่ 4 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3 (ดูรูปที่ 4-41)

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 5 (ช่องเปิด 60%)**



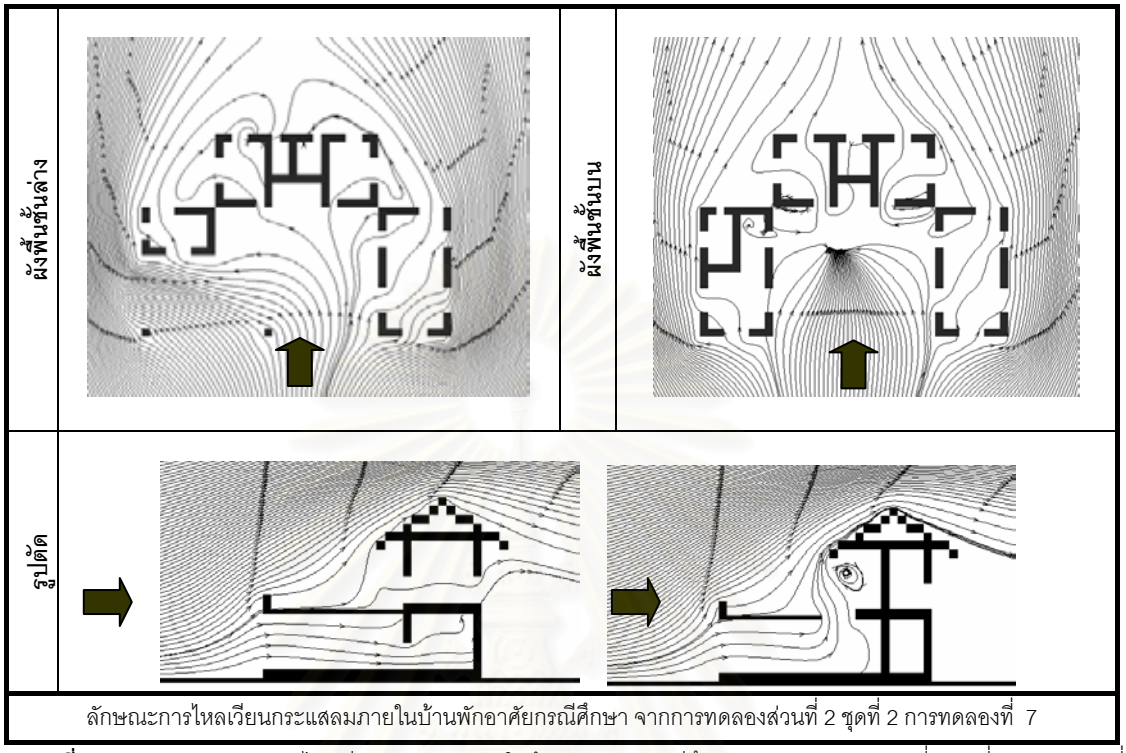
รูปที่ 4-42 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 5

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 6 (ช่องเปิด 30%-60%)**



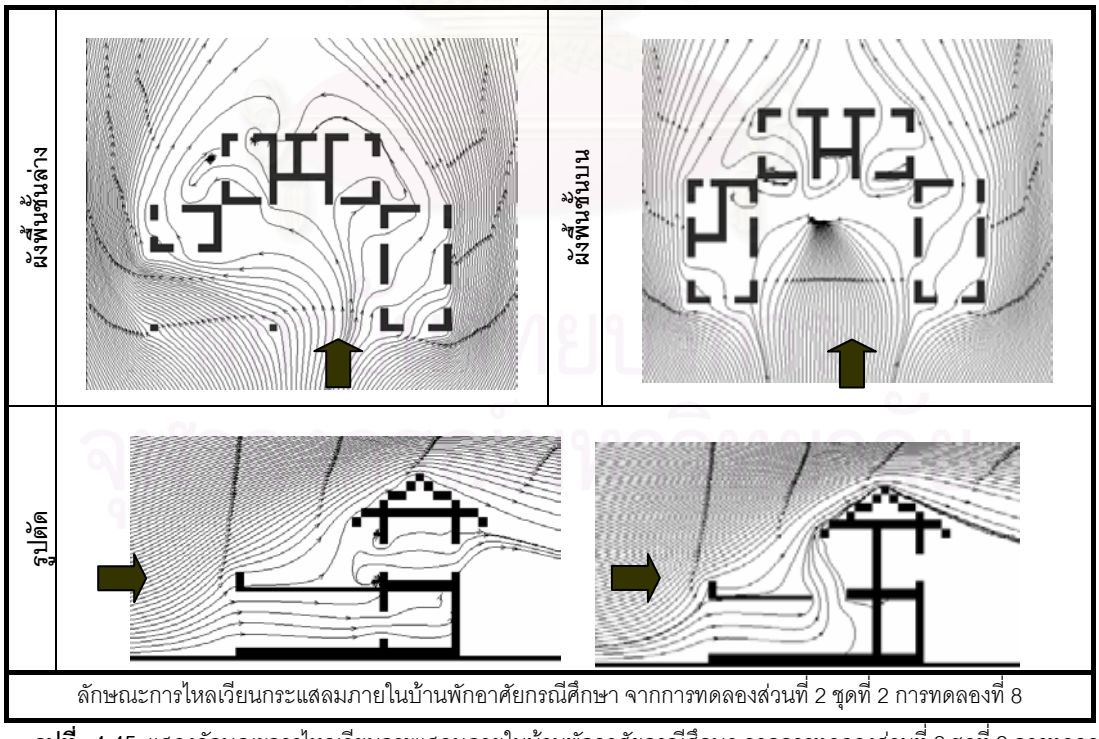
รูปที่ 4-43 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 6

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 7 (ช่องเปิดระดับ 0 ม.)**



รูปที่ 4-44 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 7

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 8(ช่องเปิดระดับ 0.40 ม.)**



รูปที่ 4-45 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 8

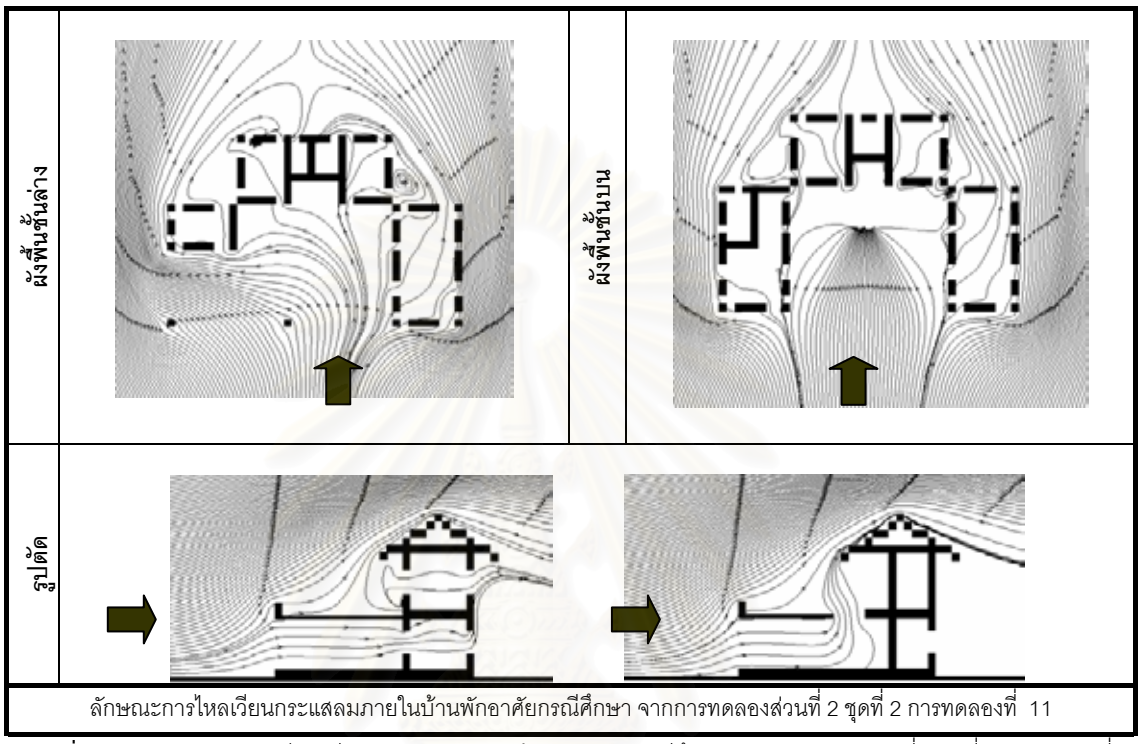
- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 9(ช่องเปิดระดับ 0.80 ม.)**

ผลการทดลองที่ 9อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3 (ดูรูปที่ 4-41)

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 10 (ช่องเปิดกลางผนัง)**

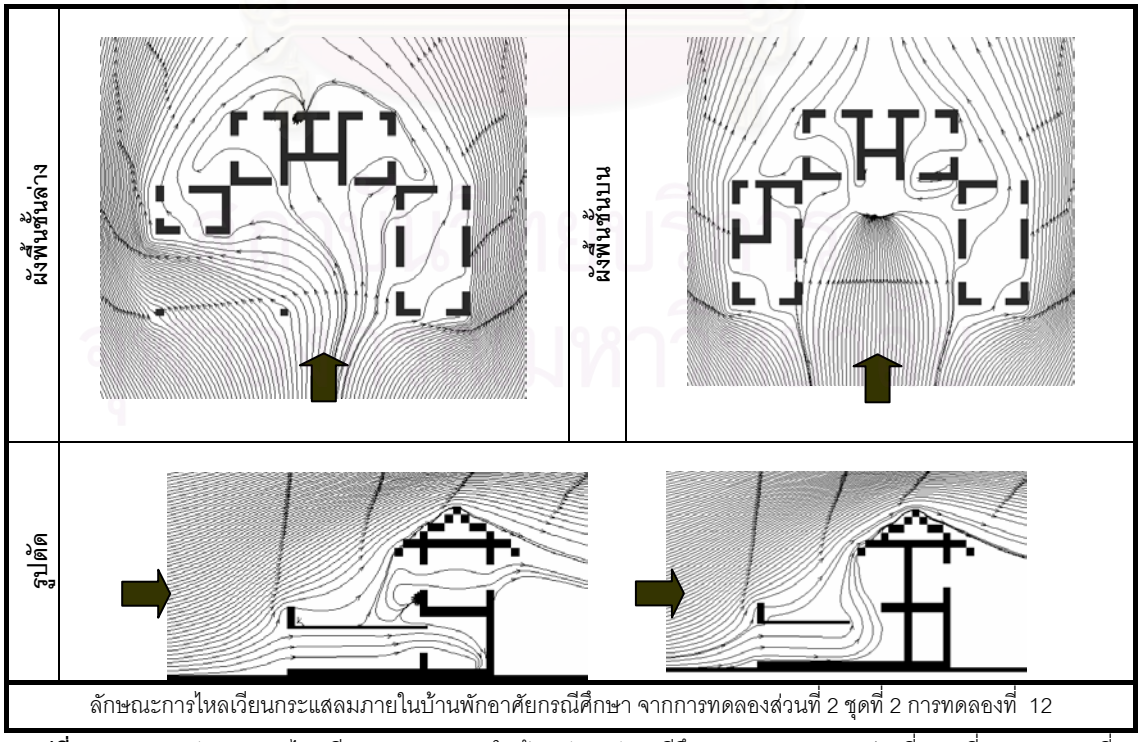
ผลการทดลองที่ 10 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 3 (ดูรูปที่ 4-41)

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 11 (ช่องเปิดเป็นช่วง)**



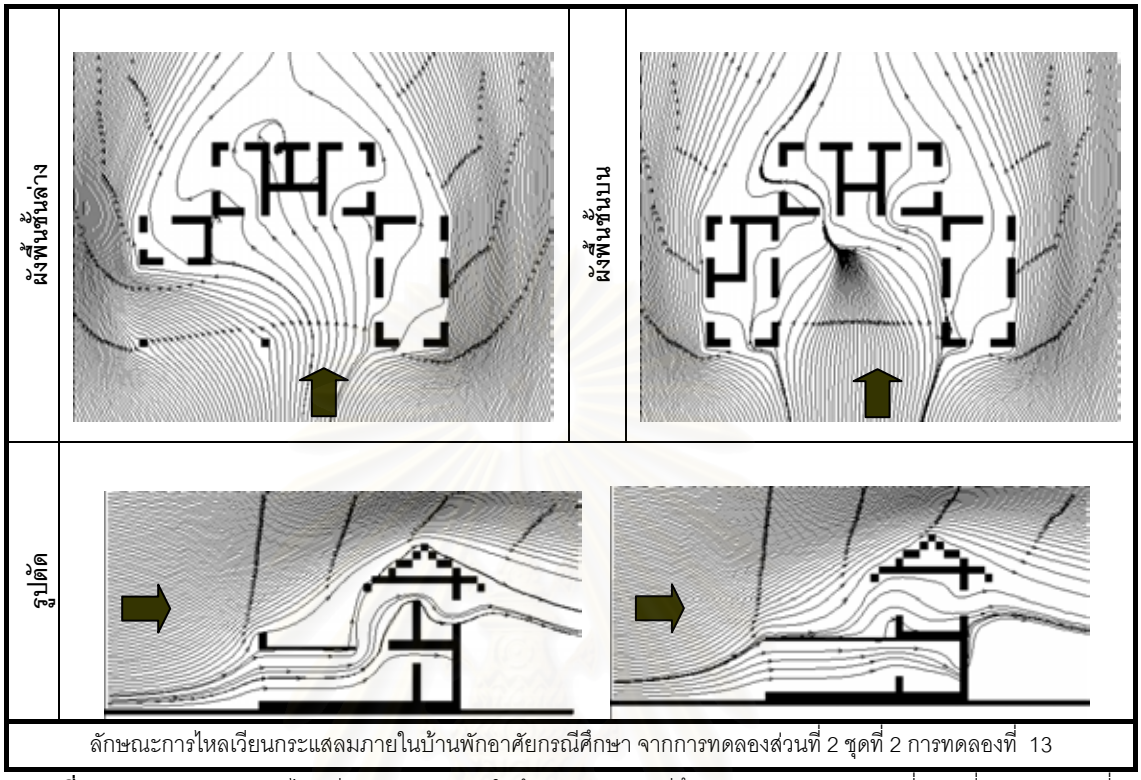
รูปที่ 4-46 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 11

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 12 (ช่องเปิดที่พื้น)**



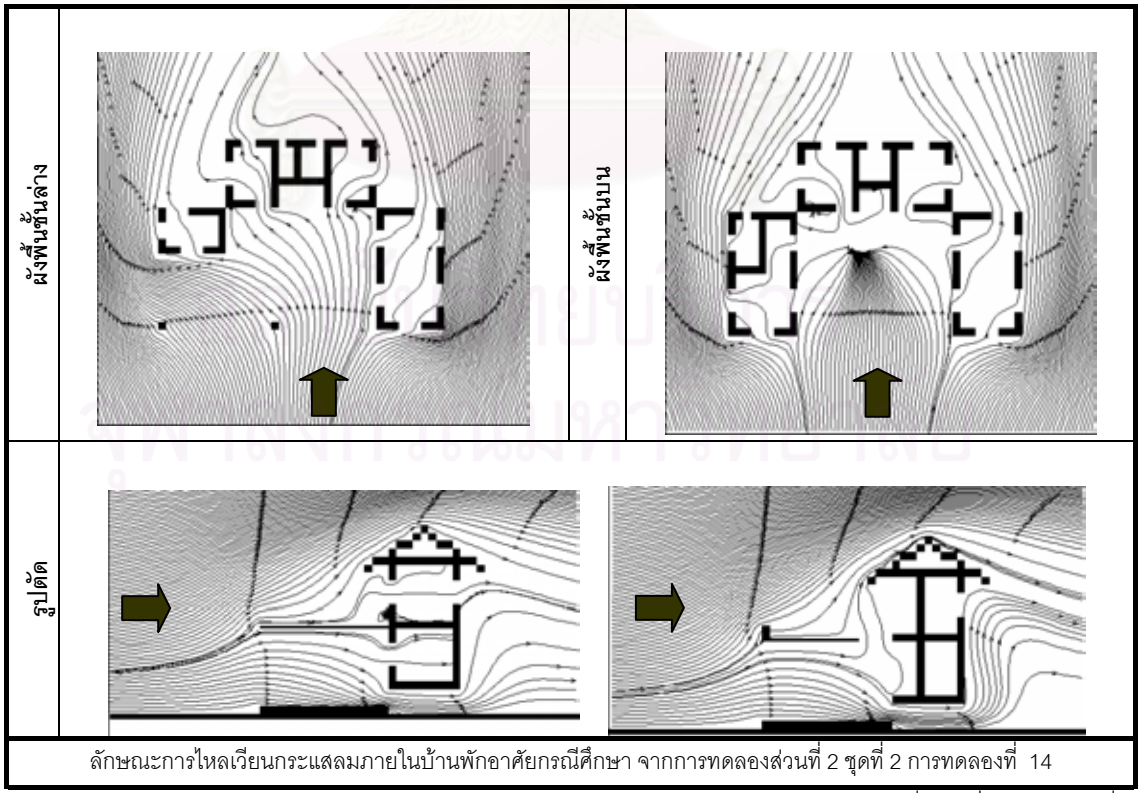
รูปที่ 4-47 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 12

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่13(ช่องลมเหนือช่องเปิด)**



รูปที่ 4-48 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 13

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 14 (ยกใต้ถุนโล่ง)**



รูปที่ 4-49 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 14

- **การเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 4-12

ปัจจัยปริมาณช่องเปิด ผลจากการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณช่องเปิดจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องชั้นบนและพื้นที่ชานสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ห้องชั้นล่างและพื้นที่ใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณช่องเปิด ทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังห้องด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจึงลดลง พื้นที่อับลมด้านหลังผนังที่ปะทะลมก็ลดลง กระแสลมจึงสามารถกระจายเข้าสู่พื้นที่ชานและห้องชั้นบนได้มากและทั่วถึงยิ่งขึ้น จึงทำให้ในกรณีปริมาณช่องเปิดลมเข้าและลมออก 60% ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนและชานสูงกว่ากรณีปริมาณช่องเปิดลมเข้าและลมออก 30% (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-42) นอกจากนี้ในกรณีของช่องเปิดลมเข้าปริมาณ 30% ร่วมกับช่องเปิดลมออก 60% พบว่า ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องชั้นบนสูงกว่ากรณีช่องเปิดลมเข้าและลมออก 30% เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์เวนจูรี่เอฟเฟค (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-43) แต่พื้นที่อับลมด้านหลังผนังด้านปะทะลมยังมีค่อนข้างมาก การกระจายของลมจึงไม่ทั่วถึง ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนจึงต่ำกว่ากรณีของช่องเปิดลมเข้าและลมออก 60% (ดูรูปที่ 4-42 กับรูปที่ 4-43)

ปัจจัยระดับช่องเปิด ผลจากการทดลอง พบว่า ช่องเปิดในระดับต่ำจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องทั้งชั้นล่างและชั้นบนสูงขึ้นค่อนข้างมาก ในขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ใต้ถุนและชานจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยช่องเปิดในระดับพื้นห้องทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบใต้ช่องเปิดด้านปะทะลมลดลงในขณะที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบเหนือช่องเปิดเพิ่มขึ้น กระแสลมถูกกดต่ำลงสู่ระดับพื้นที่ใช้งานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องจึงสูงขึ้น (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-44)

ปัจจัยชนิดช่องเปิด ผลจากการทดลอง ในกรณีเปรียบเทียบระหว่างช่องเปิดตรงกลางผนังกับช่องเปิดเป็นช่วง พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยในกรณีของช่องเปิดเป็นช่วงทำให้ความเร็วลมบริเวณชานลดลง เนื่องจากทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานมากขึ้น กระแสลมที่เข้าสู่ชานจึงมีปริมาณน้อย (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-46)

ในกรณีเปรียบเทียบระหว่างการมีช่องเปิดที่พื้นและไม่มีช่องเปิดที่พื้น พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงขึ้น เนื่องจากช่องเปิดที่พื้นทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังส่วนล่างด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจึงลดลงด้วย กระแสลมจึงสามารถพัดผ่านชานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชานจึงสูงขึ้นตาม (ดูรูปที่ 4-41 กับ รูปที่ 4-47)

ในกรณีเปรียบเทียบระหว่างการมีช่องลมเหนือช่องเปิดและไม่มีช่องลมเหนือช่องเปิด พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่สูงขึ้น เนื่องจากทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบเหนือช่องเปิดด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง กระแสลมจึงสามารถผ่านเข้าสู่ชาน ใต้ถุน รวมถึงช่องเปิดของพื้นที่ห้องต่างๆ ได้มากขึ้น ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่จึงสูงขึ้น (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-48)

ในกรณีเปรียบเทียบระหว่างการยกใต้ถุนโล่งและไม่ยกใต้ถุนโล่ง_พบว่า การยกใต้ถุนโล่งทำให้ความเร็วในทุกพื้นที่สูงขึ้น โดยทำให้พื้นที่ใต้ถุนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากการยกใต้ถุนทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ถุนลดลงมาก กระแสลมจึงสามารถผ่านใต้ถุนจากด้านหน้าอาคารซึ่งเป็นด้านปะทะลมไปสู่ด้านหลังอาคารซึ่งเป็นด้านอับลมได้มากขึ้น การกระจายกระแสลมจากใต้ถุนสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้มากขึ้น ความเร็วลมในทุกพื้นที่จึงสูงขึ้น (ดูรูปที่ 4-41 กับรูปที่ 4-49)

จากเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารข้างต้น พบว่าปัจจัยช่องเปิดทั้งสามปัจจัยที่ทำการศึกษามีอิทธิพลต่อความเร็วเฉลี่ยภายในพื้นที่ต่างๆ แตกต่างกัน เนื่องจากช่องเปิดมีผลโดยตรงต่อสัดส่วนการความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและผนังด้านปะทะลม รวมถึงพื้นที่อับลมด้านหลังของผนังด้านปะทะลมด้วย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัว โดยช่องเปิดลมเข้าและลมออก 60% ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานและห้องชั้นบนสูงสุด ช่องเปิดในระดับพื้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นล่างและชั้นบนสูงสุด ช่องเปิดแบบกลางผนังและช่องเปิดที่พื้นทำให้ความเร็วเฉลี่ยบริเวณชานสูงขึ้น ในขณะที่ช่องลมเหนือช่องเปิดลมเข้าและการยกใต้ถุนโล่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่สูงขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเมื่อพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่และในทุกปัจจัยที่ทำการศึกษาแล้วพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกกรณียังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้มาก

4.2.2.3 การศึกษาปัจจัยรูปทรงหลังคา (การทดลองที่ 15-18)

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 15-18**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง							
	การทดลองที่15(0องศา)		การทดลองที่16(30องศา)		การทดลองที่17(45องศา)		การทดลองที่18(60องศา)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.04	3.15	0.04	3.15	0.04	3.15
ใต้ถุน	0.05	4.20	0.08	5.61	0.09	6.31	0.09	6.31
ห้องชั้นบน	0.01	1.05	0.02	1.57	0.02	1.84	0.02	1.97
ชาน	0.14	10.51	0.14	10.51	0.14	10.51	0.14	10.51
เฉลี่ย	0.06	4.72	0.07	5.21	0.07	5.45	0.07	5.48

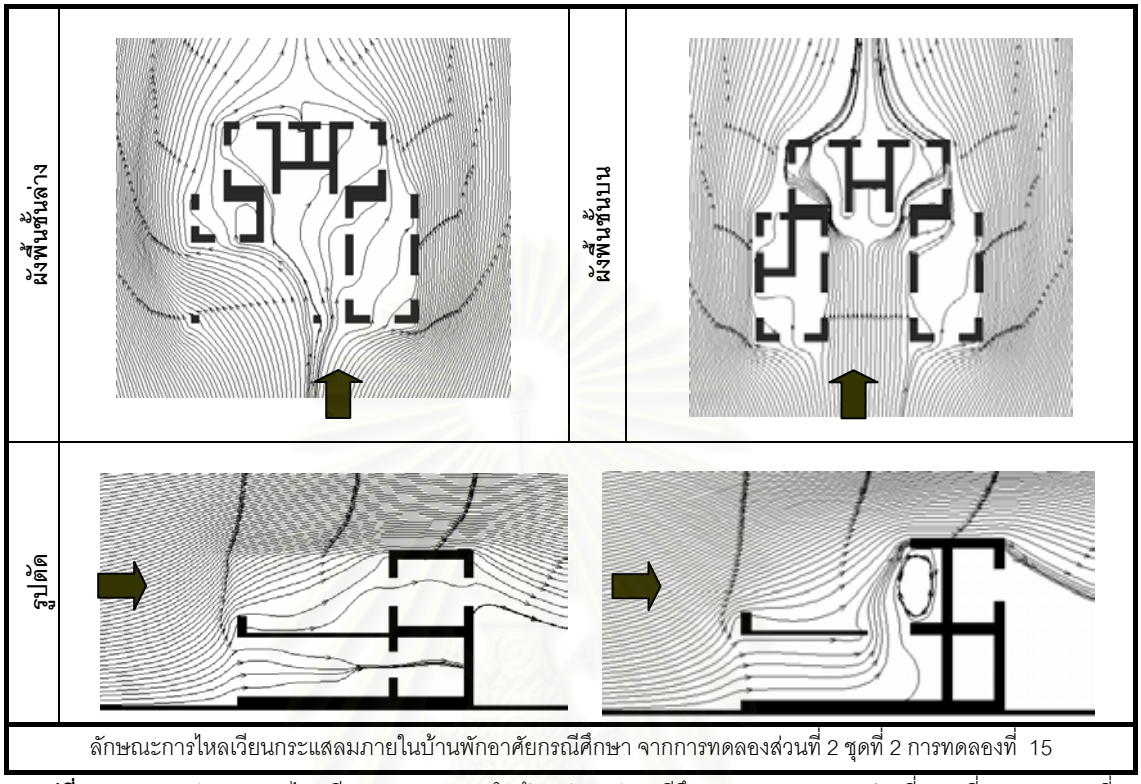
หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-15 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 15-18

- **การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 15-18**

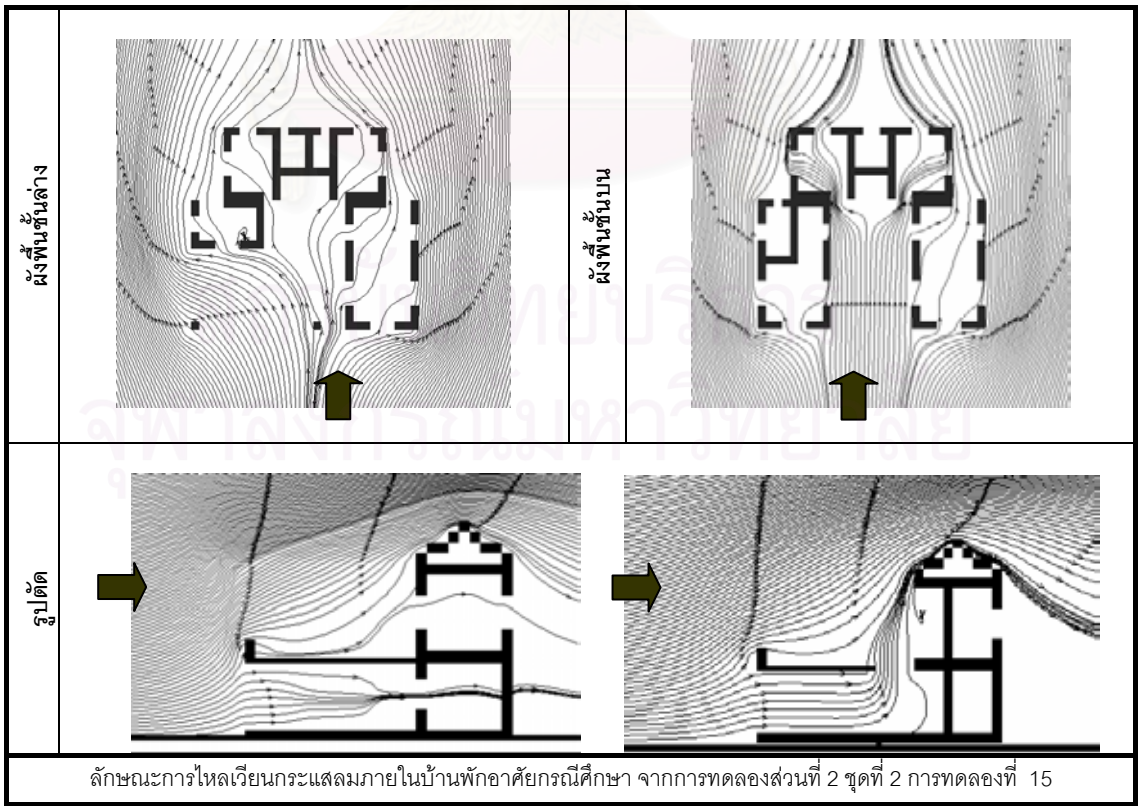
จากการศึกษาปัจจัยรูปทรงหลังคา โดยกำหนดตัวแปร 3 ตัวแปรด้วยกัน คือ หลังคาแบน (0องศา), หลังคาความชัน 30 องศา (30องศา), หลังคาความชัน 45 องศา (45องศา) และ หลังคาความชัน 60 องศา (60องศา) ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อรูปทรงหลังคามีความชันเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง โดยรูปทรงหลังคาความชัน 60 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของใต้ถุนและพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด 0.09 m/s (6.31%) และ 0.02 m/s (1.97%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-15

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 15(ความชัน 0 องศา)**



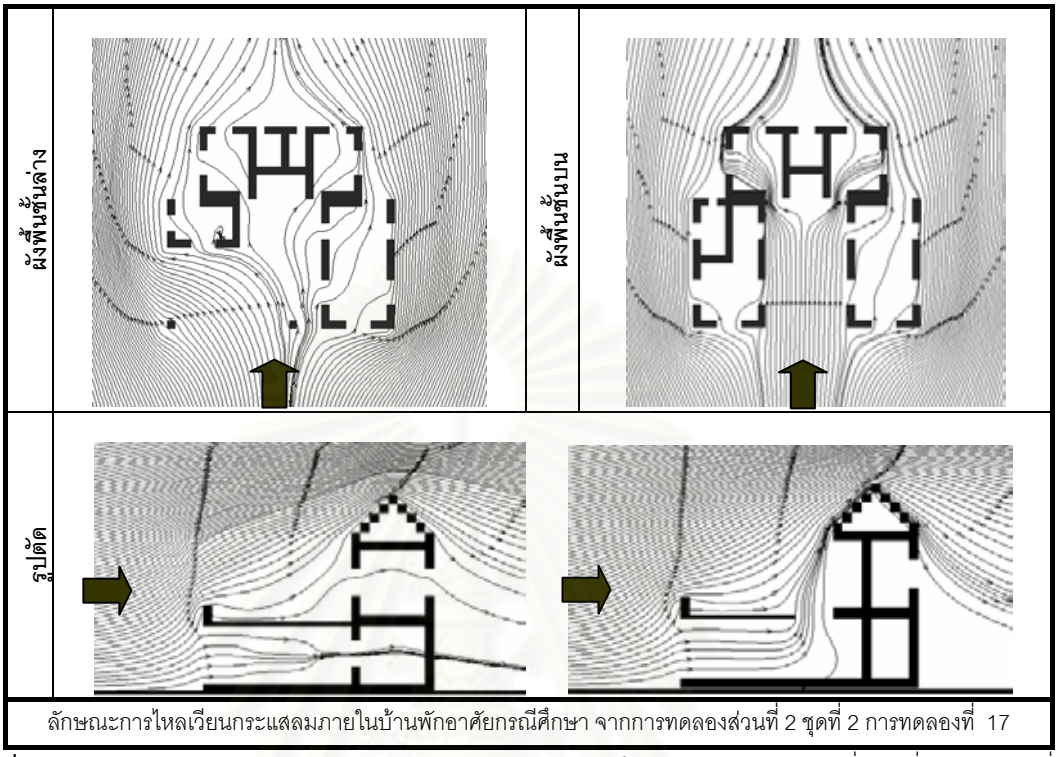
รูปที่ 4-50 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 15

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 16 (ความชัน 30 องศา)**



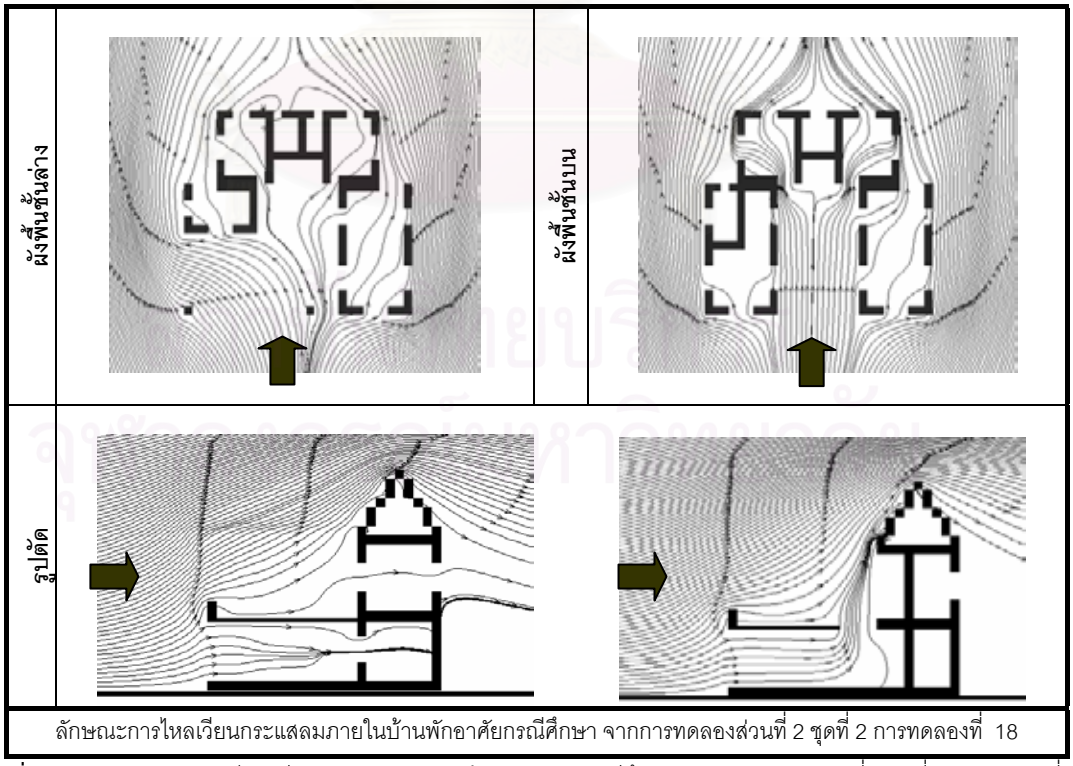
รูปที่ 4-51 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 16

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 17 (ความชัน 45 องศา)**



รูปที่ 4-52 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 17

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 18 (ความชัน 60 องศา)**



รูปที่ 4-53 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 18

- **เปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่** 15-18

ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อรูปทรงหลังคามีความชันเพิ่มขึ้นความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงขึ้น โดยหลังคาชัน 60 องศาทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงสุด เนื่องจากหลังคาที่ชันมากทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและความดันอากาศลดบริเวณหลังอาคารมากขึ้น เกิดแรงดูดมาก กระแสลมจึงพัดเข้าสู่อาคารด้วยความเร็วสูงขึ้น แต่เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่วางแนวหลังคาในทิศเดียวกับทิศกระแสลม ความแตกต่างของความดันอากาศดังกล่าวจึงไม่มาก ความเร็วลมเฉลี่ยจึงเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่ก็ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องชั้นบนโดยเฉพาะอาคารด้านหลังสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาแบน (ดูรูปที่ 4-50 เปรียบเทียบกับรูปที่ 4-53)

จากเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารข้างต้น พบว่ารูปทรงหลังคามีผลต่อพื้นที่ความดันอากาศลดด้านหลังอาคาร โดยหลังคาที่มีความชันมากจะทำให้พื้นที่ความดันอากาศลดด้านหลังอาคารมีมาก เกิดแรงดูดมาก ทำให้ลมที่พัดผ่านอาคารเคลื่อนที่เร็วขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆจึงสูงขึ้น ดังนั้นหลังคาที่มีความชัน 60 องศา จึงทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงสุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่ยังต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้มาก

4.2.2.4 การศึกษาปัจจัยชายคา (การทดลองที่ 19-24)

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 19-21**(รูปแบบชายคา)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง					
	การทดลองที่19 (ชายคาเอียง)		การทดลองที่20 (ชายคาราบ)		การทดลองที่21 (ชายคามีช่องเปิด)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.04	3.15	0.04	3.15
ใต้ถุน	0.05	4.20	0.05	4.20	0.05	4.20
ห้องชั้นบน	0.02	1.84	0.03	2.36	0.03	2.10
ชาน	0.11	8.41	0.11	8.41	0.14	10.51
เฉลี่ย	0.05	4.40	0.05	4.53	0.06	4.99

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-16 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 19-21

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 22-24 **(ระยะยื่นชายคา)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามการทดลอง					
	การทดลองที่22 (ชายคา1.00ม.)		การทดลองที่23 (ชายคา 1.50ม.)		การทดลองที่24 (ชายคา 2.00ม.)	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.04	3.15	0.04	3.15	0.04	3.15
ใต้ถุน	0.05	4.20	0.05	4.20	0.05	4.20
ห้องชั้นบน	0.03	2.36	0.03	2.36	0.03	2.36
ชาน	0.11	8.41	0.09	6.31	0.05	4.20
เฉลี่ย	0.05	4.53	0.05	4.00	0.04	3.47

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ผลการทดลองที่ 22 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 20

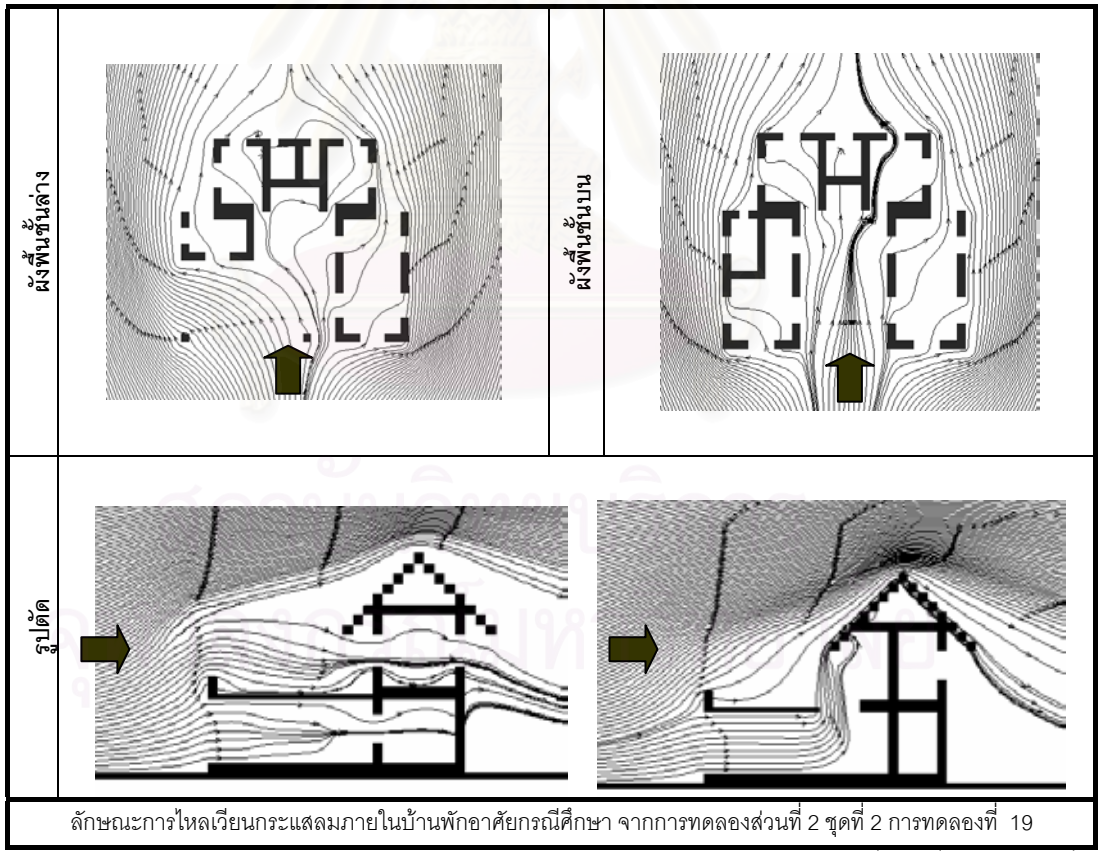
ตารางที่ 4-17 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 22-24

- **การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 19-24

<u>ปัจจัยรูปแบบชายคา</u> กำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา 3 ตัวแปรด้วยกันคือ ชายคาราบ (0 องศา), ชายคาเอียง (45องศา) และชายคาเอียง (45องศา) แบบมีช่องเปิด ผลจากการทดลองพบว่า รูปแบบชายคาแบบราบทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด 0.03 m/s (2.36%) และชายคาเอียงแบบมีช่องเปิด ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด 0.14 m/s (10.51%) ดังตารางที่ 4-16

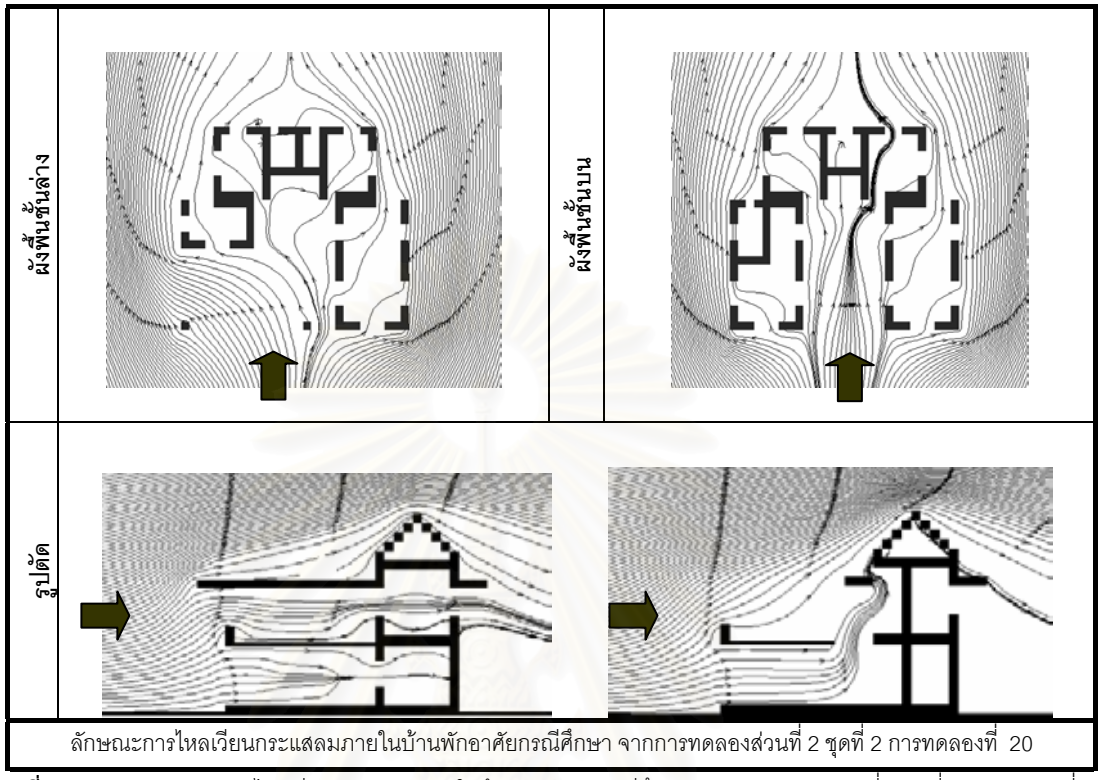
<u>ปัจจัยระยะยื่นชายคา</u> กำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา 3 ตัวแปรด้วยกันคือ ชายคายื่น 1.00 ม., ชายคายื่น 1.50 ม. และชายคายื่น 2.00 ม. ผลจากการทดลองพบว่า ระยะยื่นชายคาที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ชานลดลง ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง โดยในกรณีชายคายื่น 1.00 ม. ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในชานสูงสุด 0.11 m/s (8.41%) ดังตารางที่ 4-17

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมจากการทดลองที่** 19**(ชายคาเอียง)**



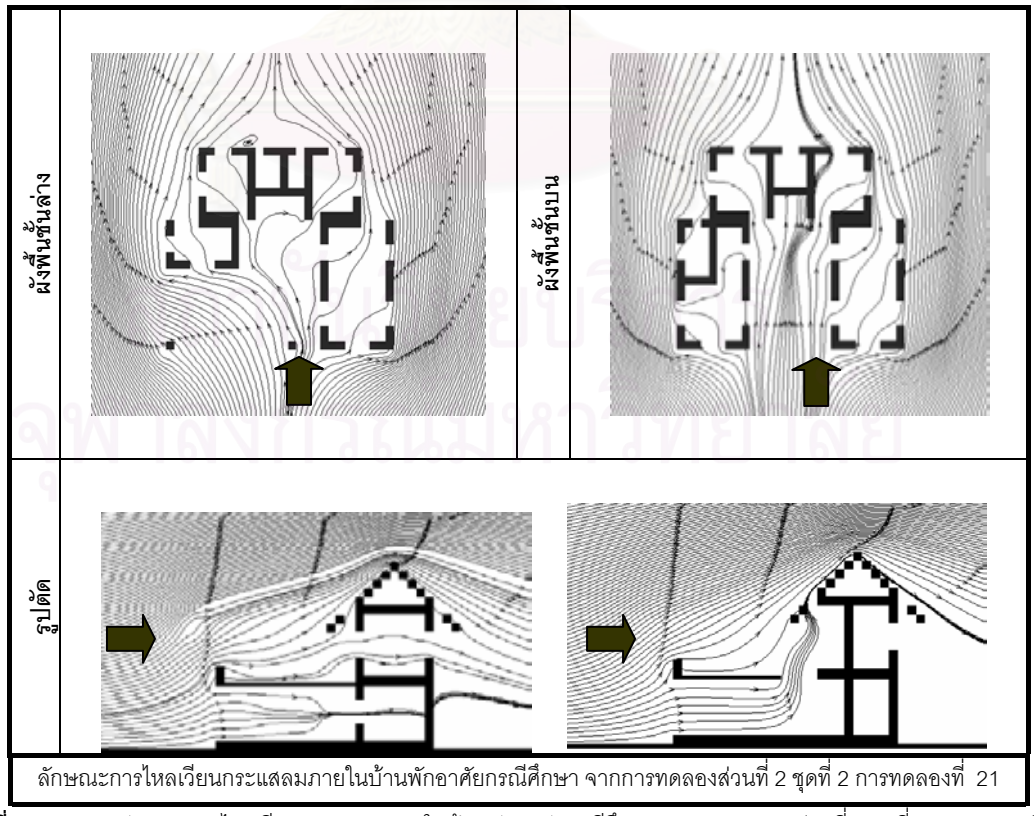
รูปที่ 4-54 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 19

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมจากการทดลองที่ 20 (ชายคาราบ)**



รูปที่ 4-55 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 20

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 21(ชายคาเอียงมีช่องเปิด)**

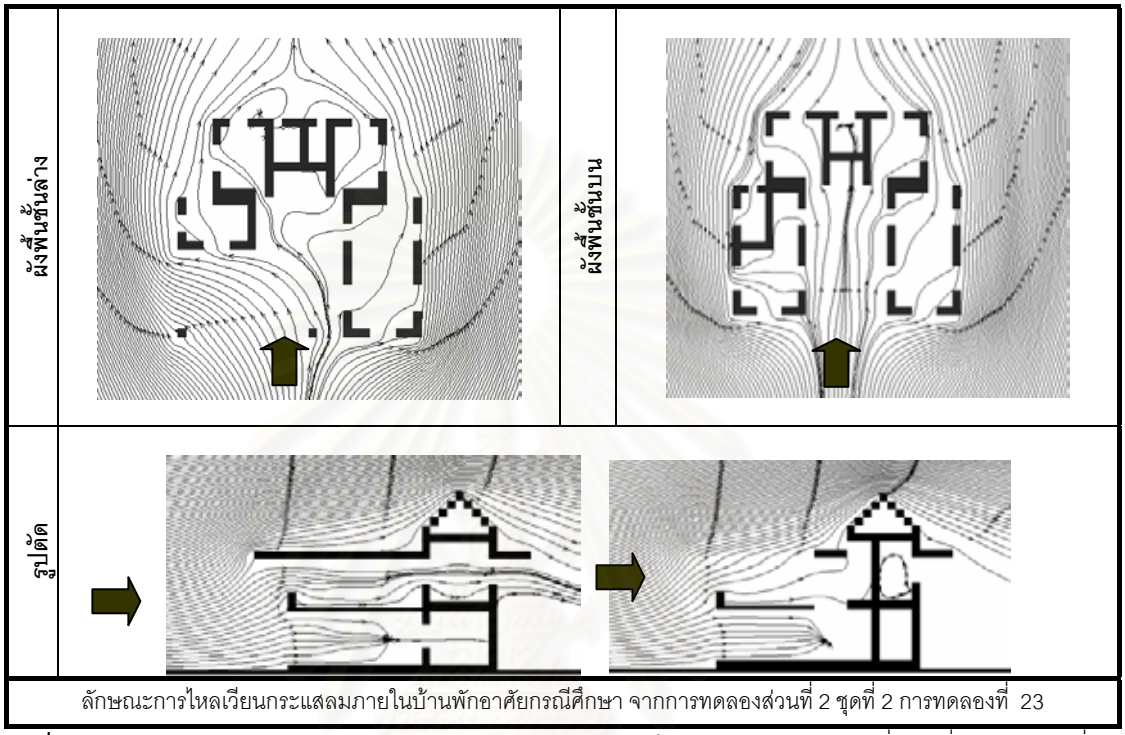


รูปที่ 4-56 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 21

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 22(ชายคายื่น 1.00ม.)**

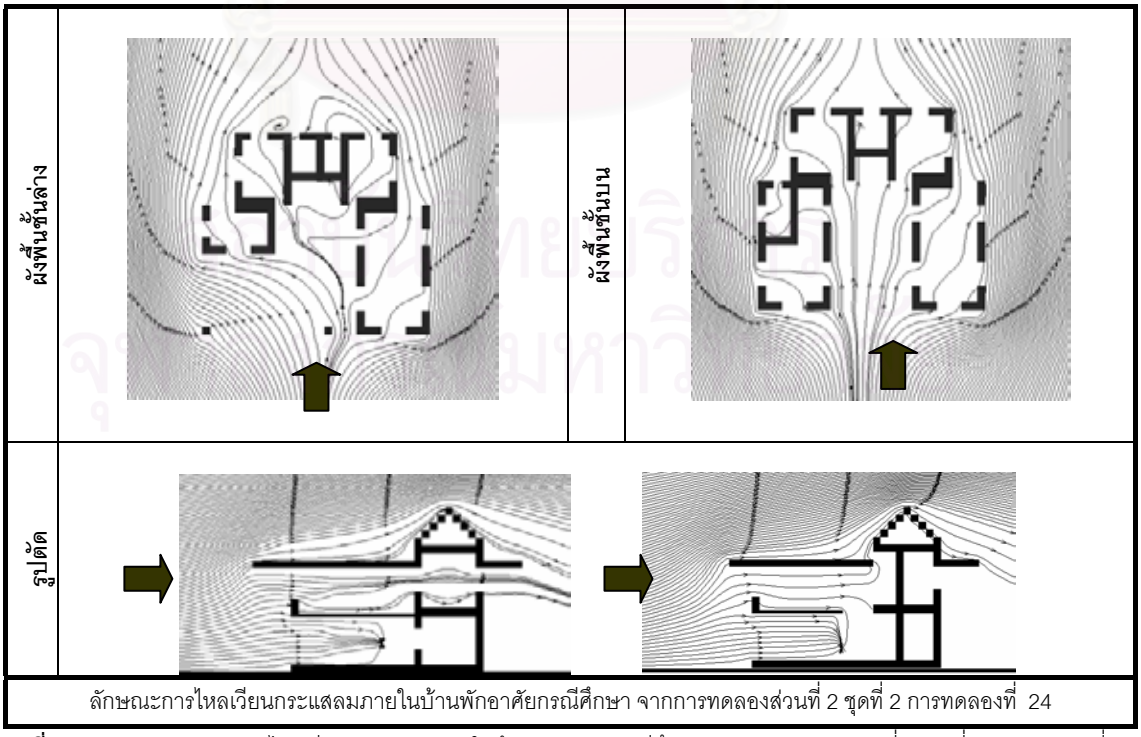
ผลการทดลองที่ 22 อ้างอิงจากผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 20 (รูปที่ 4-55)

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 23(ชายคายื่น 1.50ม.)**



รูปที่ 4-57 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 23

- **ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนของกระแสลมการทดลองที่ 24(ชายคายื่น 2.00ม.)**



รูปที่ 4-58 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองที่ 24

- **เปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่** 19-24

ปัจจัยรูปแบบชายคา ผลจากการทดลอง พบว่า รูปแบบชายคาแบบราบทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด และชายคาเอียงแบบมีช่องเปิดทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชานสูงสุด เนื่องจากเมื่อกระแสลมปะทะชายคาจะทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา โดยชายคาแบบเอียงทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มมากกว่าในกรณีชายคาแบบราบ จึงทำให้กระแสลมผ่านเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าของพื้นที่ห้องได้น้อยและมีทิศเบี่ยงเบนขึ้นเหนือพื้นที่ใช้งาน (ดังรูปที่ 4-54 และรูปที่ 4-55) ความเร็วลมของพื้นที่ห้องชั้นบนในกรณีชายคาแบบเอียงจึงต่ำกว่าในกรณีชายคาแบบราบ นอกจากนี้ในกรณีมีช่องเปิดบริเวณชายคาจะช่วยลดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา กระแสลมจึงสามารถเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าของพื้นที่ห้องได้มากขึ้นและไม่เบี่ยงเบนขึ้นเหนือพื้นที่ใช้งาน (ดังรูปที่ 4-54 และรูปที่ 4-56) ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องจึงใกล้เคียงกับในกรณีชายคาแบบราบ ในขณะเดียวกันก็ทำให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ชานได้มากขึ้น จึงทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด

ปัจจัยระยะยื่นชายคา ผลจากการทดลอง พบว่า ระยะยื่นชายคาที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ชานลดลง ในขณะที่พื้นที่อื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเมื่อกระแสลมปะทะชายคาจะทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา และพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะยื่นชายคาเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ชานมีความดันอากาศเพิ่มสูงขึ้น กระแสลมจึงเข้าสู่พื้นที่ชานได้น้อยลง ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานจึงลดต่ำลง (ดังรูปที่ 4-55 รูปที่ 4-57 และรูปที่ 4-58)

จากเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร ข้างต้น พบว่า ปัจจัยชายคาทำให้เกิดพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา ซึ่งจะแปรผันตามรูปแบบ และระยะยื่น ความดันอากาศเพิ่มนี้จะกำหนดปริมาณกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าและพื้นที่ชาน ซึ่งมีผลต่อความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ นั่นเอง โดยชายคาแบบราบทำให้ความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด ในขณะที่การมีช่องเปิดบริเวณชายคาจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด ส่วนระยะยื่นชายคา 1.00 ม. ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกกรณียังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้มาก

4.2.2.5 สรุปผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2

การทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีการวางกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องซึ่งทำให้การไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาแยกตามปัจจัยต่างๆ ประกอบด้วย ปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่บังลมกัน (ตัวแปรระยะห่าง 1 เท่า, 1.5 เท่า และ 2 เท่าของความสูงห้อง) ปัจจัยปริมาณช่องเปิด (ตัวแปรช่องเปิดลมเข้าและลมออก 30%, 60% และช่องเปิดลมเข้า 30% ร่วมกับช่องเปิดลมออก 60%) ปัจจัยระดับช่องเปิด (ตัวแปรระดับสูงจากพื้นห้อง 0 ม., 0.40 ม.และ 0.80 ม.) ปัจจัยชนิดช่องเปิด (ตัวแปรช่องเปิดกลางผนัง, ช่องเปิดเป็นช่วง, ช่องเปิดที่พื้น, ช่องลมเหนือช่อง

เปิดลมเข้า และยกใต้ถุนโล่ง) ปัจจัยรูปทรงหลังคา (ตัวแปรความชันหลังคา 0 องศา, 30 องศา, 45 องศา และ 60 องศา) ปัจจัยรูปแบบชายคา (ตัวแปรชายคาแบบเอียง, ชายคาแบบราบ และชายคาเอียงแบบมีช่องเปิด) และปัจจัยระยะยื่นชายคา(ตัวแปรชายคายื่น 1.00 ม., 1.50 ม. และ 2.00 ม.) โดยกำหนดให้ทิศทางการพัดพาของกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0องศา ด้วยความเร็วลม 1.35 m/s จากการวิเคราะห์ พบว่า

1. ระยะห่างระหว่างอาคารมีผลต่อพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชาน พื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างอาคารเพิ่มมากขึ้น ทำให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ชานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงขึ้น ดังนั้นในกรณีระยะห่างระหว่างอาคารเท่ากับ 2 เท่าของความสูงอาคารจะทำให้การไหลเวียนกระแสลมของพื้นที่ใต้ถุนและชานของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ช่องเปิดมีผลต่อสัดส่วนการความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและผนังด้านปะทะลม รวมถึงพื้นที่อับลมด้านหลังของผนังด้านปะทะลมด้วย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัว โดยช่องเปิดลมเข้าและลมออก 60% ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานและห้องชั้นบนสูงสุด ช่องเปิดในระดับพื้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นล่างและชั้นบนสูงสุด ช่องเปิดแบบกลางผนังและช่องเปิดที่พื้นทำให้ความเร็วเฉลี่ยบริเวณชานสูงขึ้น ในขณะที่ช่องลมเหนือช่องเปิดลมเข้าและการยกใต้ถุนโล่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่สูงขึ้น

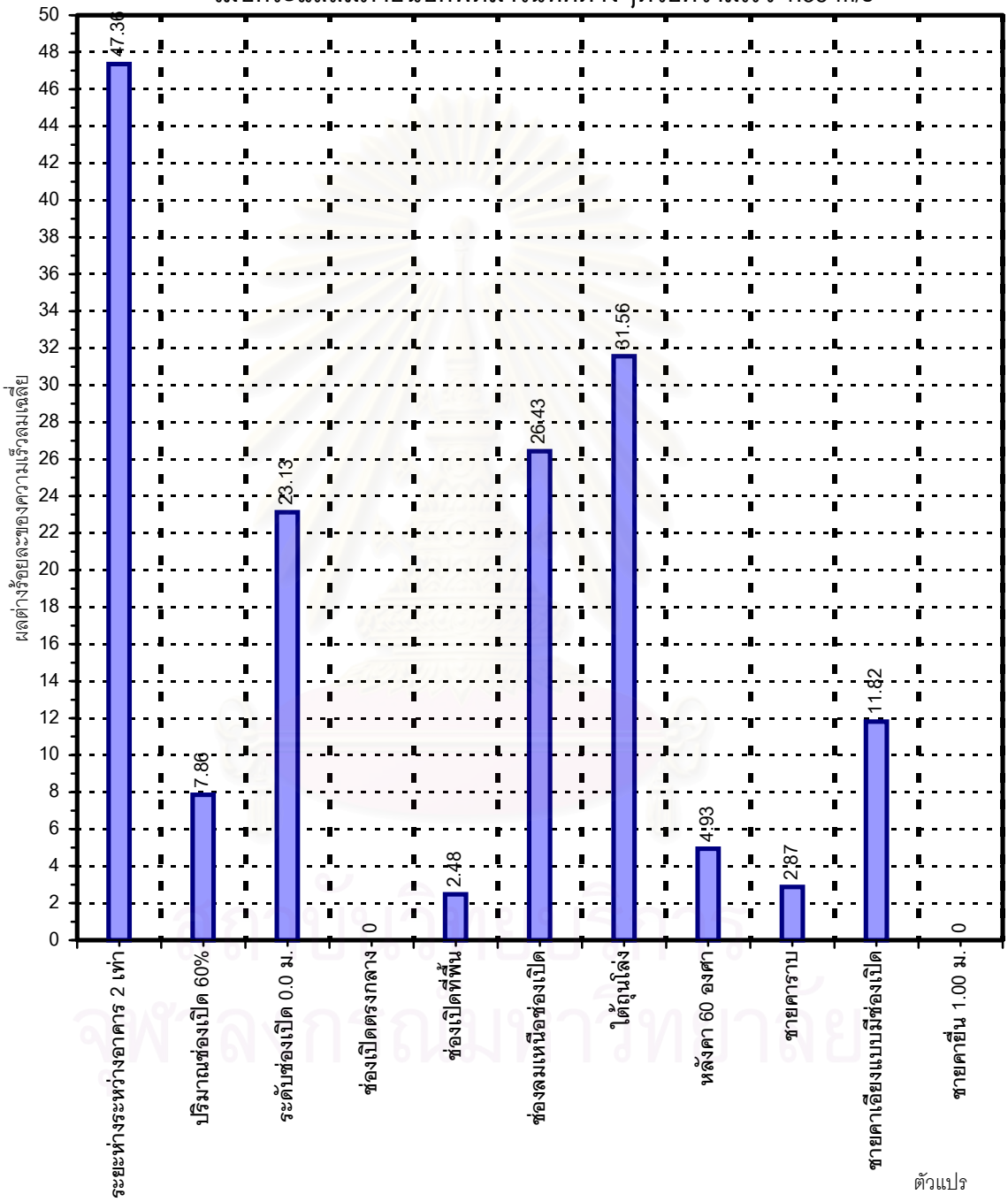
3. รูปทรงหลังคามีผลต่อพื้นที่ความดันอากาศลดด้านหลังอาคาร โดยหลังคาที่มีความชันมากจะทำให้พื้นที่ความดันอากาศลดด้านหลังอาคารมีมาก เกิดแรงดูดมาก ทำให้ลมที่พัดผ่านอาคารเคลื่อนที่เร็วขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ จึงสูงขึ้น ดังนั้นหลังคาที่มีความชัน 60 องศา จึงทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงสุด

4. ชายคาทำให้เกิดพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา ซึ่งจะแปรผันตามรูปแบบ และระยะยื่น ความดันอากาศเพิ่มนี้จะกำหนดปริมาณกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าและพื้นที่ชาน ซึ่งมีผลต่อความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ นั่นเอง โดยชายคาแบบราบทำให้ความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด ในขณะที่การมีช่องเปิดบริเวณชายคาจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด ส่วนระยะยื่นชายคา 1.00 ม. ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด

เมื่อพิจารณาร้อยละของผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาปัจจุบันที่มีการวางกลุ่มอาคารล้อมชานแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่างๆ (เฉพาะตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละปัจจัย) พบว่า ปัจจัยระยะห่างระหว่างอาคารทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มปัจจัยช่องเปิด กลุ่มปัจจัยชายคา และปัจจัยหลังคา ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 4-6

แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น หากพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่ของทุกตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีการวางกลุ่มอาคารล้อมชานแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพสูงสุด พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกกรณียังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้มาก

แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาปัจจุบัน(กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง) เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่าง ๆ (เฉพาะตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละปัจจัย) เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศต่าง ๆด้วยความเร็ว 1.35 m/s



หมายเหตุ ผลต่างร้อยละของความเร็วลมเฉลี่ยคำนวณจากผลต่างระหว่างร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของตัวแปรที่ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดกับร้อยละความเร็วเฉลี่ยทั้งอาคารของตัวแปรของบ้านพักอาศัยปัจจุบัน

แผนภูมิที่ 4-6 แผนภูมิแสดงผลต่างร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารของบ้านพักอาศัยปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่างๆ(เฉพาะตัวแปรที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละปัจจัย)

4.2.3 สรุปผลการทดลองส่วนที่ 2

บ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันมีรูปแบบการวางกลุ่มอาคารล้อมชานที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน ซึ่งการระบายอากาศของอาคารในลักษณะล้อมชานทั้ง 3 ลักษณะ เป็นการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน ที่ทิศทางกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่มากนัก เนื่องจากทุกๆ พื้นที่สามารถเปิดช่องเปิดลมเขาและลมออกได้ โดยมีชานและใต้ถุนทำหน้าที่เป็นช่องกระจายลมสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ทั้งชั้นล่างและชั้นบน แม้ว่าห้องนั้นจะอยู่ในพื้นที่อับลมก็ตาม โดยการวางกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน โดยให้พื้นที่ชานทำมุม 45 องศากับทิศทางกระแสลมภายนอกจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารอยู่ในระดับที่รู้สึกสบายได้ ส่วนกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องซึ่งเป็นรูปแบบที่สอดคล้องกับการใช้สอยในปัจจุบันแต่กลับมีการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารรูปแบบอื่นๆโดยความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารอยู่ในระดับที่ไม่อาจรับรู้ได้

ข้อสรุปจากการศึกษาปัจจัยและตัวแปรที่เป็นส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีรูปแบบกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคาร ประกอบด้วย ปัจจัยทิศทางกระแสลมภายนอก ปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่บังลมกัน ปัจจัยปริมาณช่องเปิด ปัจจัยระดับช่องเปิด ปัจจัยชนิดช่องเปิด ปัจจัยรูปทรงหลังคา ปัจจัยรูปแบบชายคา และปัจจัยระยะยื่นชายคา โดยตัวแปรของแต่ละปัจจัยที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่

1. การวางอาคารให้พื้นชานตั้งฉากกับทิศทางลมเด่น
2. ระยะห่างระหว่างอาคารที่บังลมกันควรเท่ากับ 2 เท่าของความสูงห้อง
3. ปริมาณช่องเปิดลมเข้าและลมออก 60 %
4. ช่องเปิดอยู่ในระดับสูงจากพื้นห้อง 0 ม.
5. ช่องเปิดลมเข้าและลมออกในลักษณะต่อเนื่องโดยอยู่ในตำแหน่งกลางผนัง
6. ช่องลมเหนือช่องเปิดด้านรับลมในลักษณะต่อเนื่องตลอดความยาวผนัง
7. ช่องเปิดที่พื้นทั้งทางด้านข้างและบนพื้น (ระหว่างพื้นชานกับพื้นห้อง)
8. ยกพื้นชั้นล่างให้มีลักษณะเป็นใต้ถุนโล่ง
9. รูปทรงหลังคาความชัน 60 องศา
10. ชายคามีลักษณะราบเหนือหน้าต่างโดยเว้นให้ห่างจากผนัง
11. ระยะยื่นชายคา 1.50 ม.

ทั้งนี้ทั้งนั้น แม้ว่าตัวแปรต่างๆ จะทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยทุกตัวแปรทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ภายในอาคารสูงขึ้น แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรับรู้ได้ โดยการทดลองในส่วนที่ 3 ต่อไปจะเป็นการผสมผสานแนวทางการปรับปรุงต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในรูปแบบนี้ และเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันต่อไป

4.3 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดลองส่วนที่ 3

การทดลองส่วนที่ 3 เป็นการนำตัวแปรที่ได้ศึกษาในการทดลองส่วนที่ 2 มาออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบในปัจจุบัน โดยสร้างแบบจำลองบ้านพักอาศัยต้นแบบ ทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประเมินประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลม เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน แบ่งการทดลองออกเป็น 12 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1-6 เป็นการจำลองสถานการณ์กับบ้านพักอาศัยต้นแบบเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s ใน 6 ทิศทาง การทดลองที่ 7-12 เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2 m/s ใน 6 ทิศทาง เช่นกัน ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย มีดังนี้

4.3.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-12

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่1-6(ความเร็วลม 1.35 m/s)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก													
	0 องศา		45 องศา		90 องศา		180 องศา		225 องศา		270 องศา		ค่าเฉลี่ย	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.30	22.44	0.16	11.65	0.05	3.94	0.15	10.95	0.21	15.85	0.18	13.05	0.18	13.19
ใต้ถุน	0.31	23.29	0.21	15.85	0.18	13.05	0.11	8.14	0.10	7.44	0.12	8.84	0.18	13.19
ห้องชั้นบน	0.21	15.71	0.10	7.51	0.11	8.47	0.13	9.67	0.12	9.13	0.10	7.40	0.13	9.83
ชาน	0.37	27.49	0.19	13.84	0.10	7.09	0.05	3.94	0.08	6.04	0.23	17.40	0.16	11.51
เฉลี่ย	0.28	20.76	0.15	11.36	0.12	8.77	0.11	8.36	0.13	9.99	0.13	9.27	0.16	11.51

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.35 m/s

ตารางที่ 4-18 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 1-6

- **ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารการทดลองที่ 7-12 (ความเร็วลม 2 m/s)**

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในแยกตามทิศทางกระแสลมภายภายนอก													
	0 องศา		45 องศา		90 องศา		180 องศา		225 องศา		270 องศา		ค่าเฉลี่ย	
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%
ห้องชั้นล่าง	0.75	37.30	0.26	13.07	0.11	5.50	0.26	13.07	0.37	18.75	0.40	20.17	0.36	17.97
ใต้ถุน	0.72	36.16	0.44	22.06	0.37	18.27	0.17	8.34	0.19	9.28	0.23	11.65	0.35	17.63
ห้องชั้นบน	0.47	23.67	0.21	10.28	0.22	11.01	0.21	10.52	0.24	12.24	0.19	9.50	0.26	12.87
ชาน	1.08	53.76	0.52	25.84	0.17	8.34	0.11	5.50	0.14	6.92	0.23	11.65	0.37	18.67
เฉลี่ย	0.68	33.89	0.32	15.79	0.24	11.83	0.19	9.42	0.25	12.40	0.26	12.99	0.32	16.05

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.00 m/s

ตารางที่ 4-19 แสดงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคาร จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 7-12

4.3.2 การวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-12

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

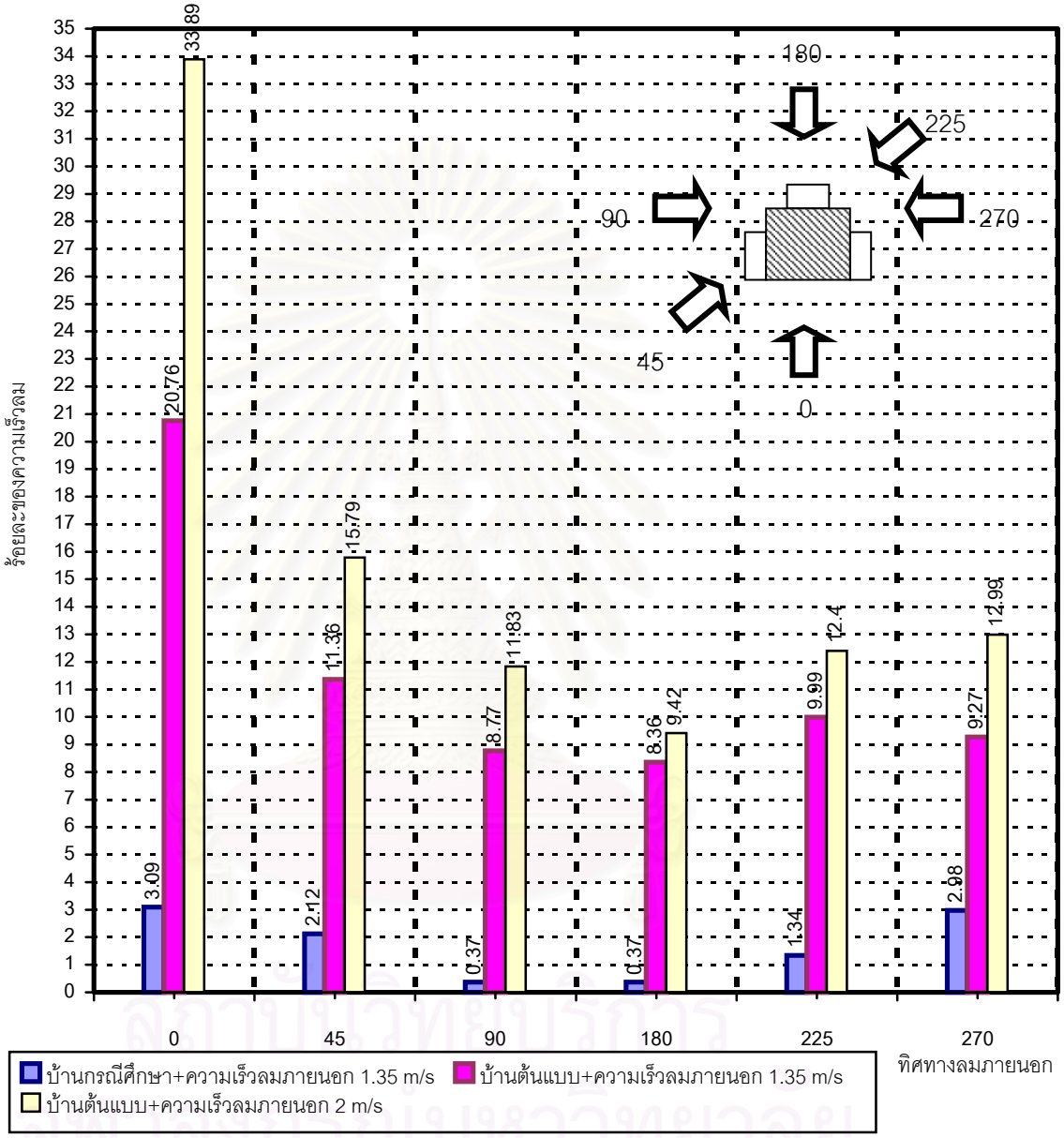
กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s จากผลการทดลองพบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 0.11-0.15 m/s (8.36-11.36%) ยกเว้นในทิศ 0 องศา ซึ่งทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.28 m/s (20.76%) รองลงมาเป็นทิศ 45 องศา 0.15 m/s (11.36%), 225 องศา 0.13 m/s (3.99%), 270 องศา0.13 m/s (9.27%), 90 องศา0.12 m/s (8.77%) และ 180 องศา 0.11 m/s (8.37%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-18

กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s จากผลการทดลองพบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 0.24-0.32 m/s (11.83-15.79%) โดยในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 0.68 m/s (33.89%) รองลงมาเป็นทิศ 45 องศา 0.32 m/s (15.79%), 270 องศา 0.26 m/s (12.99%), 225 องศา 0.25 m/s (12.40%), 90 องศา 0.24 m/s (11.83%) และ 180 องศา 0.19 m/s (9.42%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-19

จากผลการทดลองทั้งกรณี พบว่า โดยส่วนใหญ่ทิศทางกระแสลมภายนอกทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของแต่ละกลุ่มอาคารไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นเมื่อกระแสลมภายนอกในทิศ 0 องศา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุดและแตกต่างจากทิศทางอื่นๆ ค่อนข้างมาก ดังแผนภูมิที่ 4-7 โดยความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในทุกทิศทางกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s อยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s มีเพียงในทิศ 0 องศา เท่านั้นที่ความเร็วลมอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย

เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2 ส่วนที่ 2 การทดลองที่ 7-12 (บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา +กลุ่มอาคารต่อเนื่อง) พบว่า ในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s บ้านพักอาศัยต้นแบบมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 10 เท่า และในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 14 เท่า ดังแผนภูมิที่ 4-7

แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามทิศทางกระแสลมภายนอก เปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ



0	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา)
45	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม45องศากับด้านหน้าอาคาร (45 องศา)
90	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร (90 องศา)
180	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหลังอาคาร (180 องศา)
225	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศทำมุม45องศากับด้านหลังอาคาร (225 องศา)
270	กระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านข้างอาคาร (270 องศา)

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารในแต่ละกรณี

แผนภูมิที่ 4-7 แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามทิศทางกระแสลมภายนอกเปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ในแต่ละกลุ่มอาคาร (ศึกษาเฉพาะทิศทางกระแสลมภายนอก 0 องศา)**

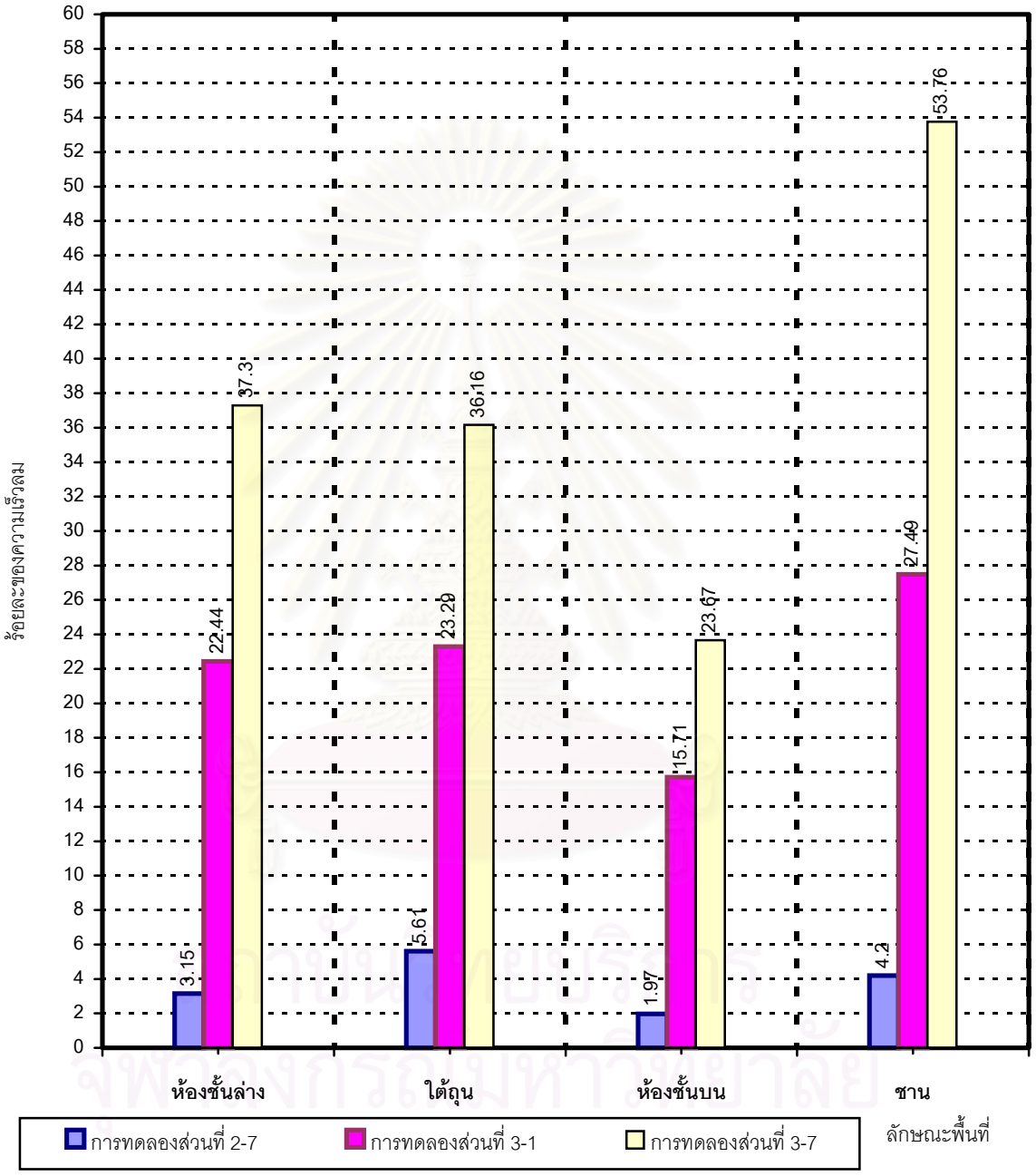
กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก โดยพื้นที่ชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.37 m/s (27.49%) รองลงมาเป็นพื้นที่ใต้ถุน 0.31 m/s (23.29%), พื้นที่ห้องชั้นล่าง 0.30 m/s (22.44%) และพื้นที่ห้องชั้นบน 0.21 m/s (15.71%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-18

กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในพื้นที่ชั้นล่างมีความแตกต่างกันไม่มากนักในขณะที่พื้นที่ชั้นบนมีความแตกต่างกันมาก แต่พื้นที่ภายในห้องยังมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก โดยพื้นที่ชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.08 m/s (53.76%) รองลงมาเป็นพื้นที่ใต้ถุน 0.72 m/s (36.16%), พื้นที่ห้องชั้นล่าง 0.75 m/s (37.30%) และพื้นที่ห้องชั้นบน 0.47 m/s (23.67%) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-19

จากผลการทดลองของทั้งสองกรณี พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ในกรณีเดียวกันมีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่ภายในห้องจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นที่โล่งภายนอก และทั้งสองกรณีพื้นที่ชานจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นใต้ถุน ห้องชั้นล่าง และห้องชั้นบนตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 4-8 โดยความเร็วลมเฉลี่ยเกือบทุกพื้นที่ในทุกกรณีอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นบน กรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยจะต่ำกว่าระดับที่รู้สึกสบายเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารจากการทดลองที่ 2 ส่วนที่ 2 การทดลองที่ 7 (บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา +กลุ่มอาคารต่อเนื่อง) พบว่า ในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s บ้านพักอาศัยต้นแบบมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ 6 เท่า และในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ 10 เท่า ดังแผนภูมิที่ 4-8

แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่
เปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s
ในทิศ 0 องศา ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ



การทดลองที่ 2/7 บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา (กลุ่มอาคารต่อเนื่อง)+ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s

การทดลองที่ 3/1 บ้านต้นแบบ+ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s

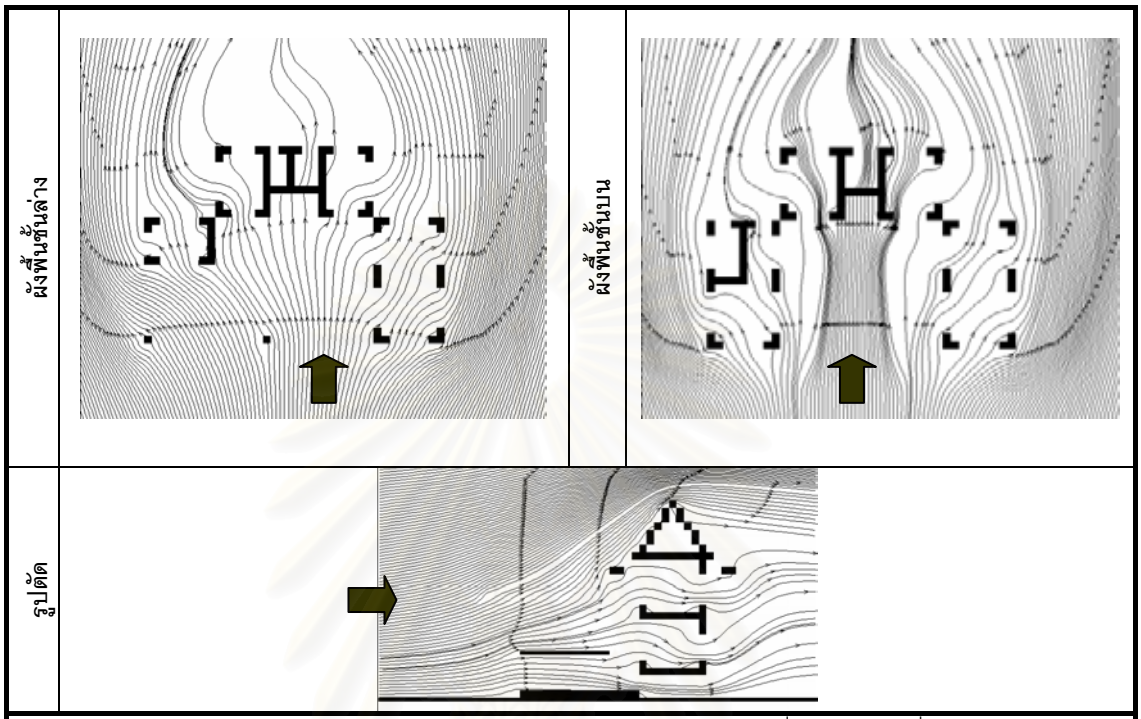
การทดลองที่ 3/7 บ้านต้นแบบ+ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s

หมายเหตุ ร้อยละของความเร็วลมคำนวณจากการเปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกอาคารในแต่ละกรณี

แผนภูมิที่ 4-8 แผนภูมิแสดงร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยแยกตามลักษณะพื้นที่เปรียบเทียบเมื่อความเร็วลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s และ 2 m/s ในทิศ 0 องศา ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบ

4.3.3 ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-18

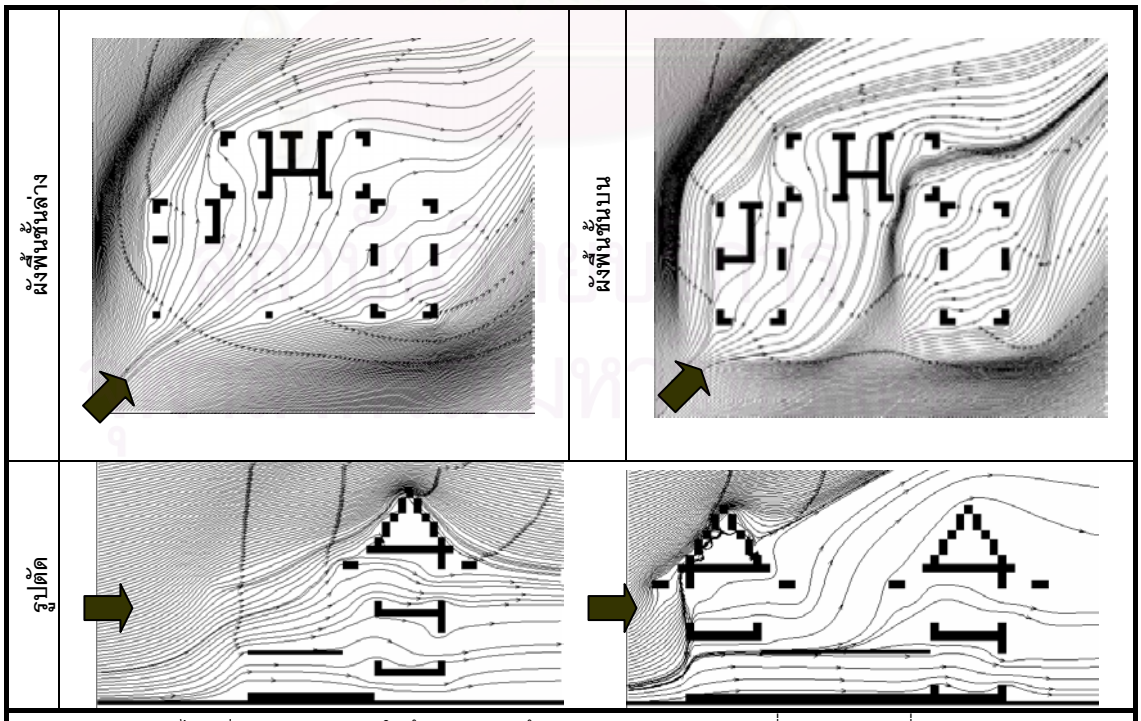
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 1(ความเร็วลม 1.35 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 1(ทิศ 0 องศา)

รูปที่ 4-59 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 1

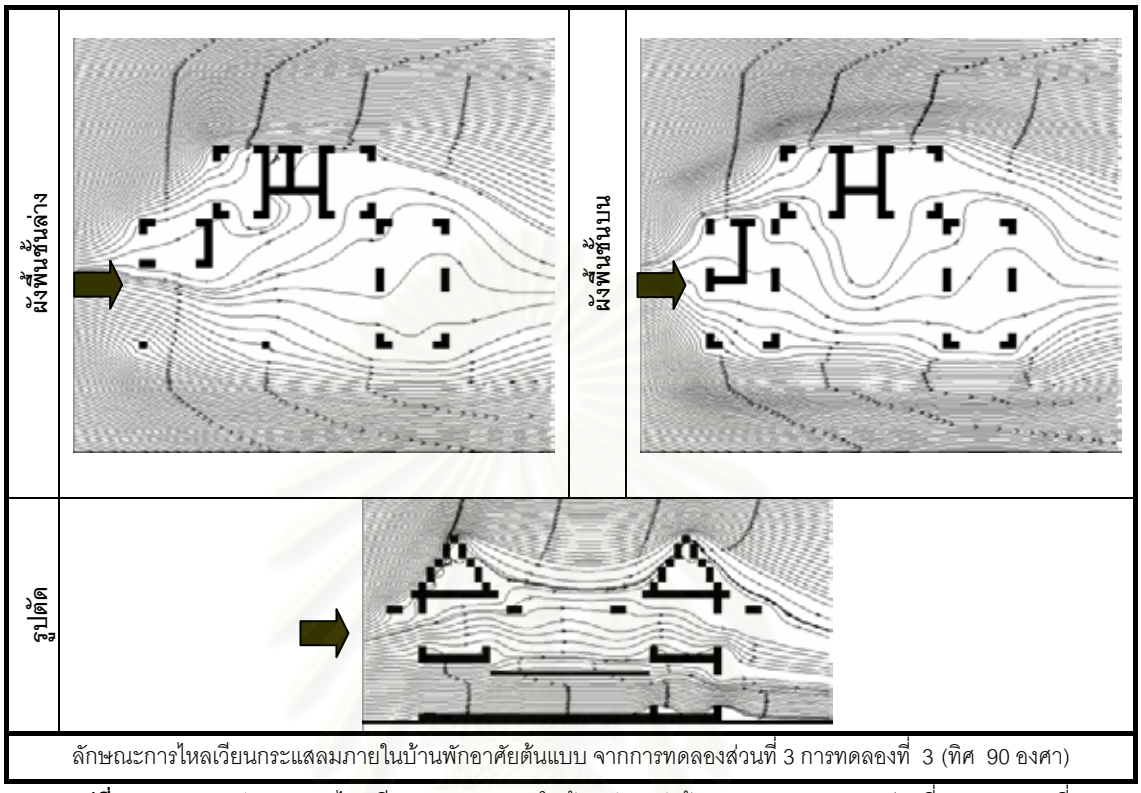
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 2 (ความเร็วลม 1.35 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 2 (ทิศ 45 องศา)

รูปที่ 4-60 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 2

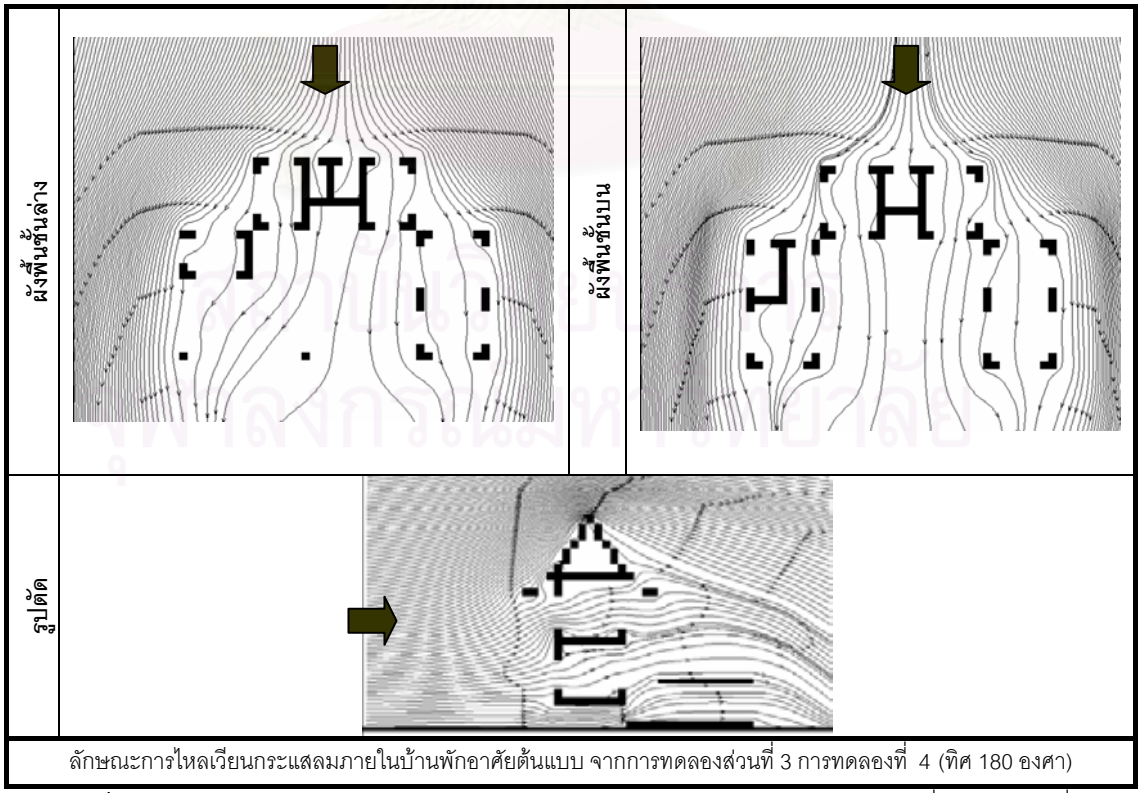
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่** 3 **(ความเร็วลม** 1.35 m/s)



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 3 (ทิศ 90 องศา)

รูปที่ 4-61 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 3

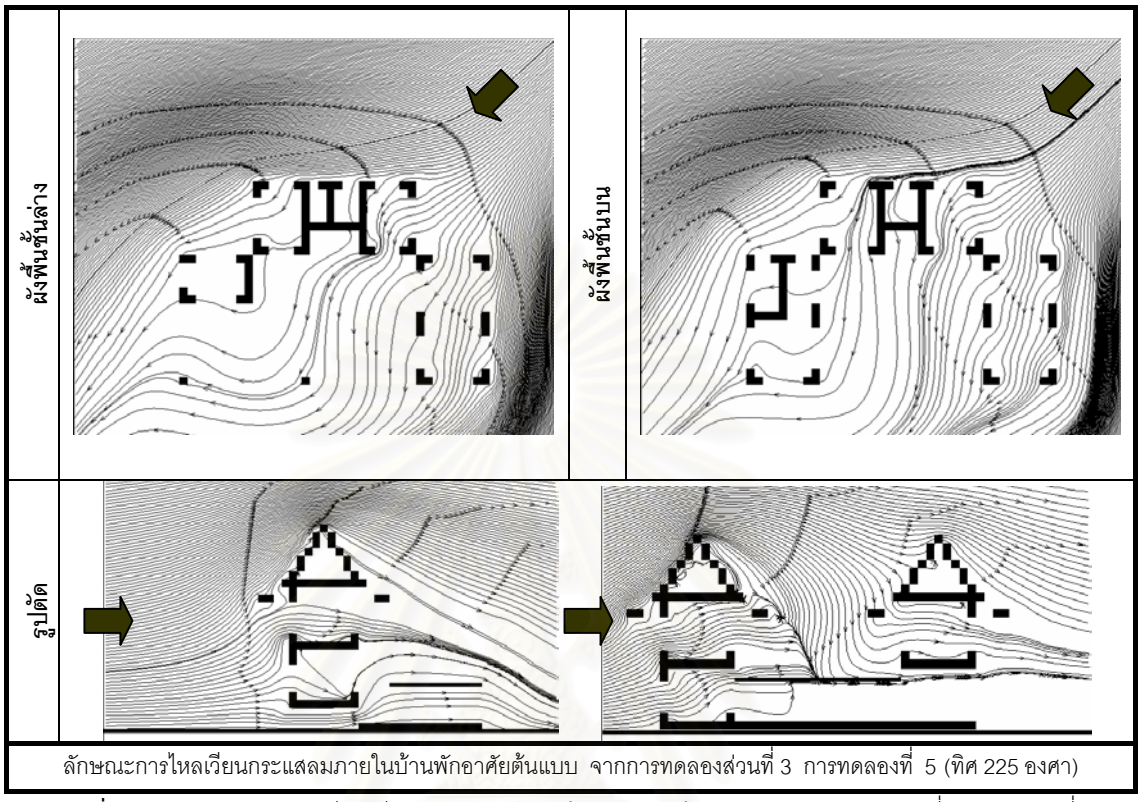
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่** 4 **(ความเร็วลม** 1.35 m/s)



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 4 (ทิศ 180 องศา)

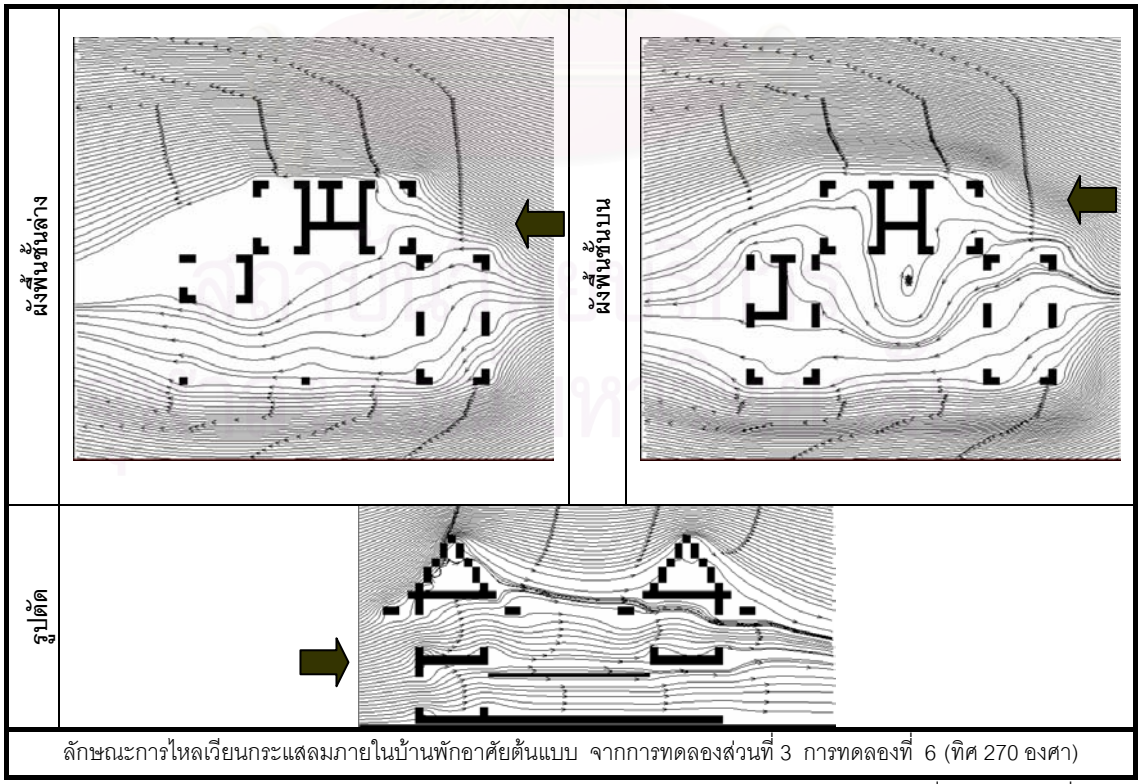
รูปที่ 4-62 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 4

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่** 5 **(ความเร็วลม** 1.35 m/s)



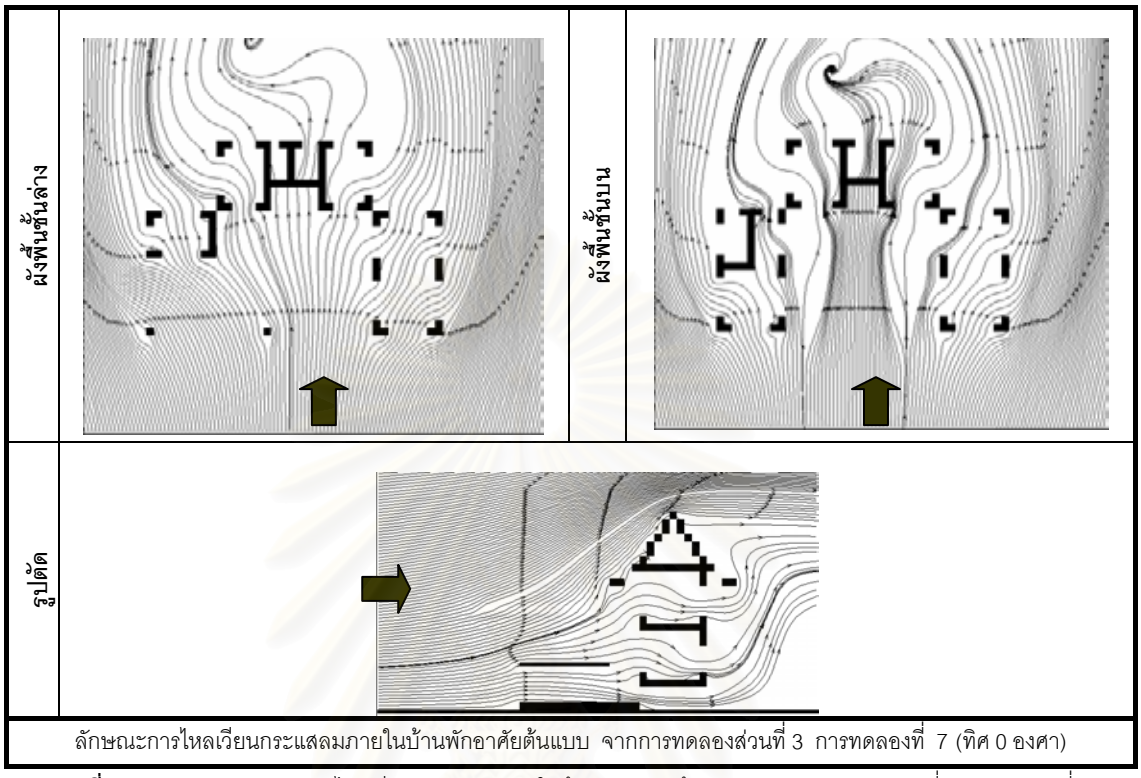
รูปที่ 4-63 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 5

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่** 6**(ความเร็วลม** 1.35 m/s)



รูปที่ 4-64 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 6

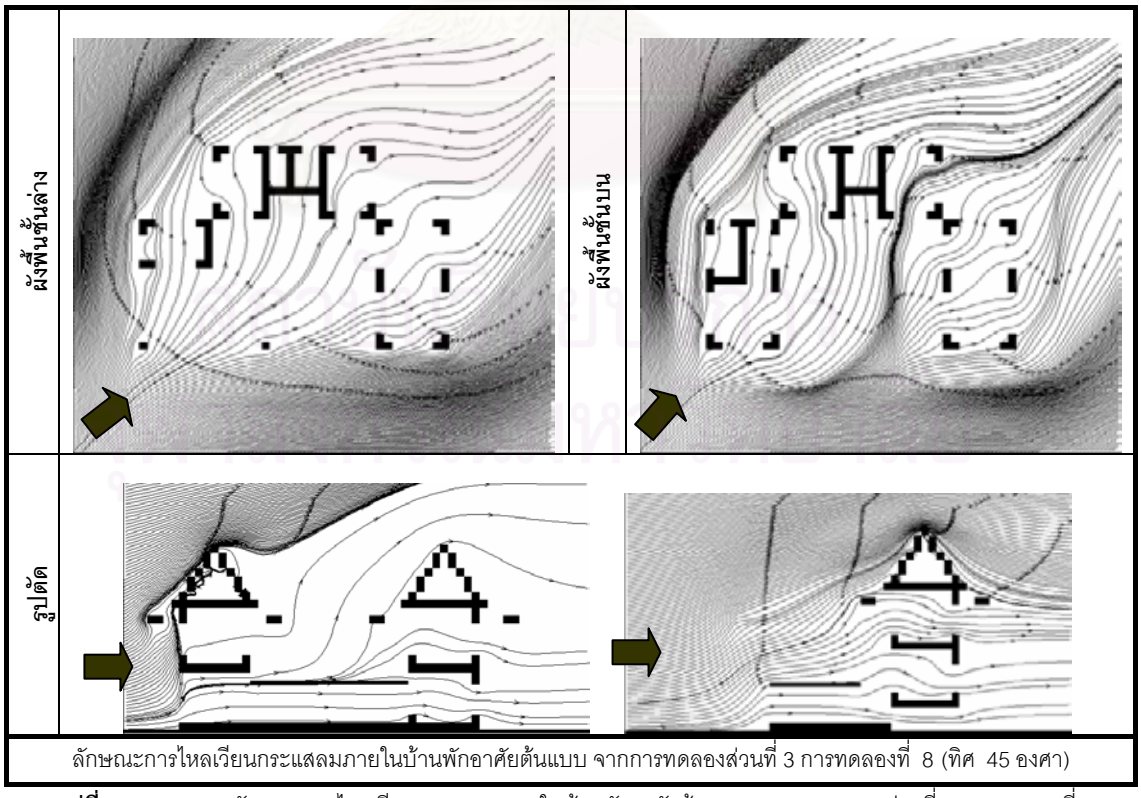
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 7 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 7 (ทิศ 0 องศา)

รูปที่ 4- 65 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 7

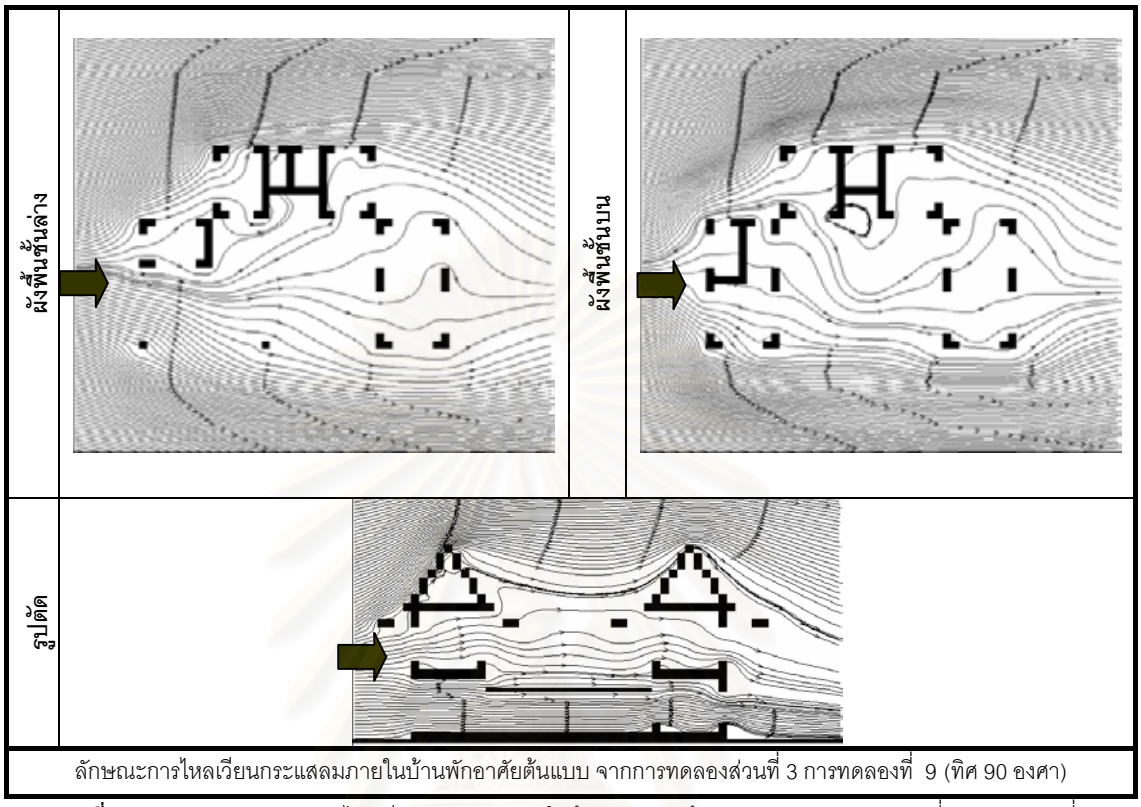
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 8 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 8 (ทิศ 45 องศา)

รูปที่ 4- 66 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 8

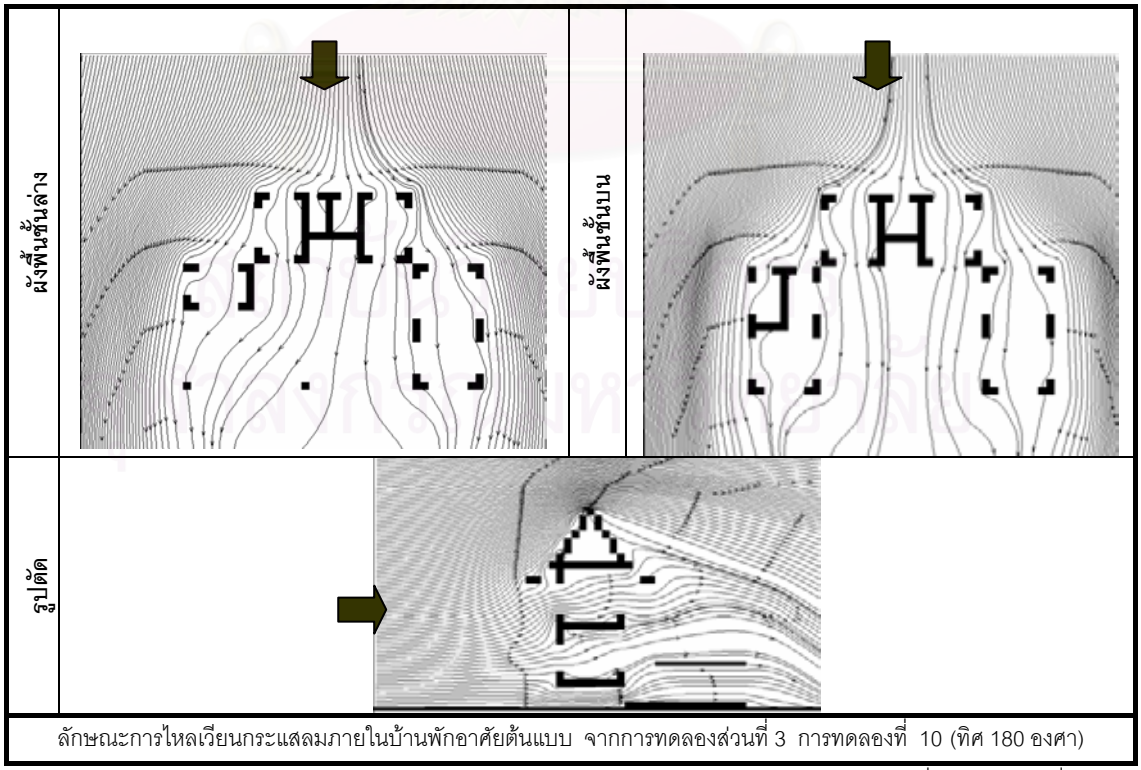
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 9 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 9 (ทิศ 90 องศา)

รูปที่ 4- 67 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 9

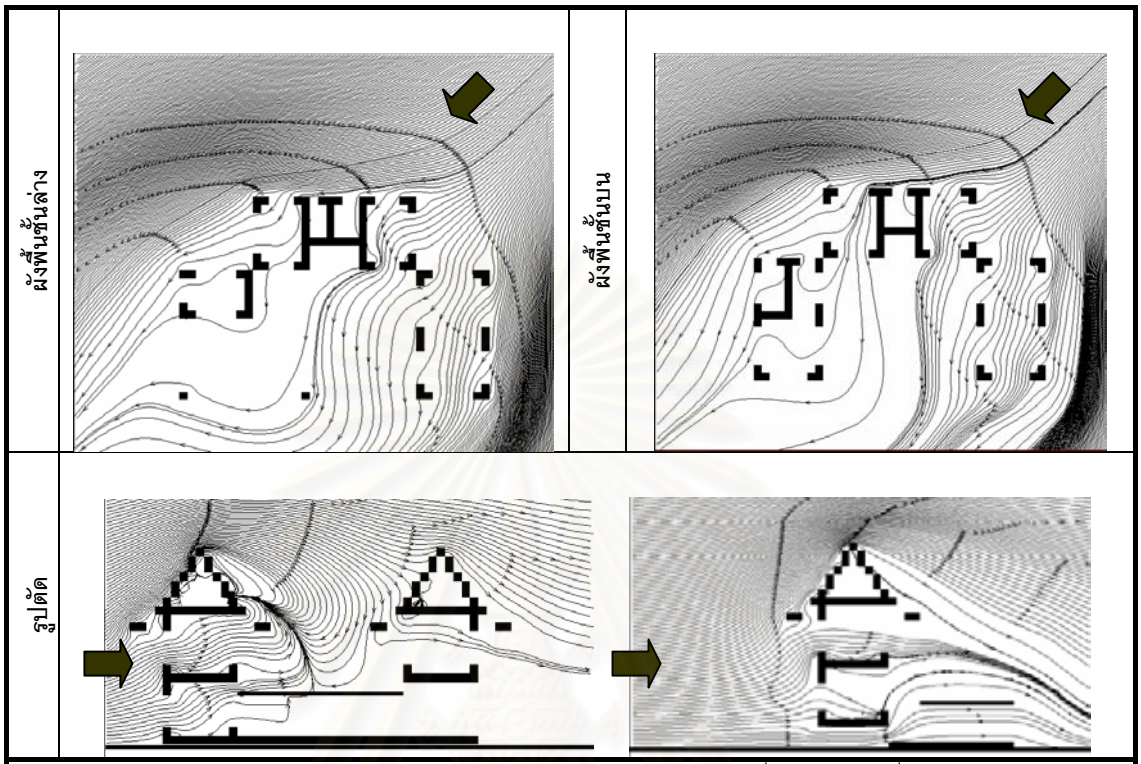
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 10 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 10 (ทิศ 180 องศา)

รูปที่ 4-68 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 10

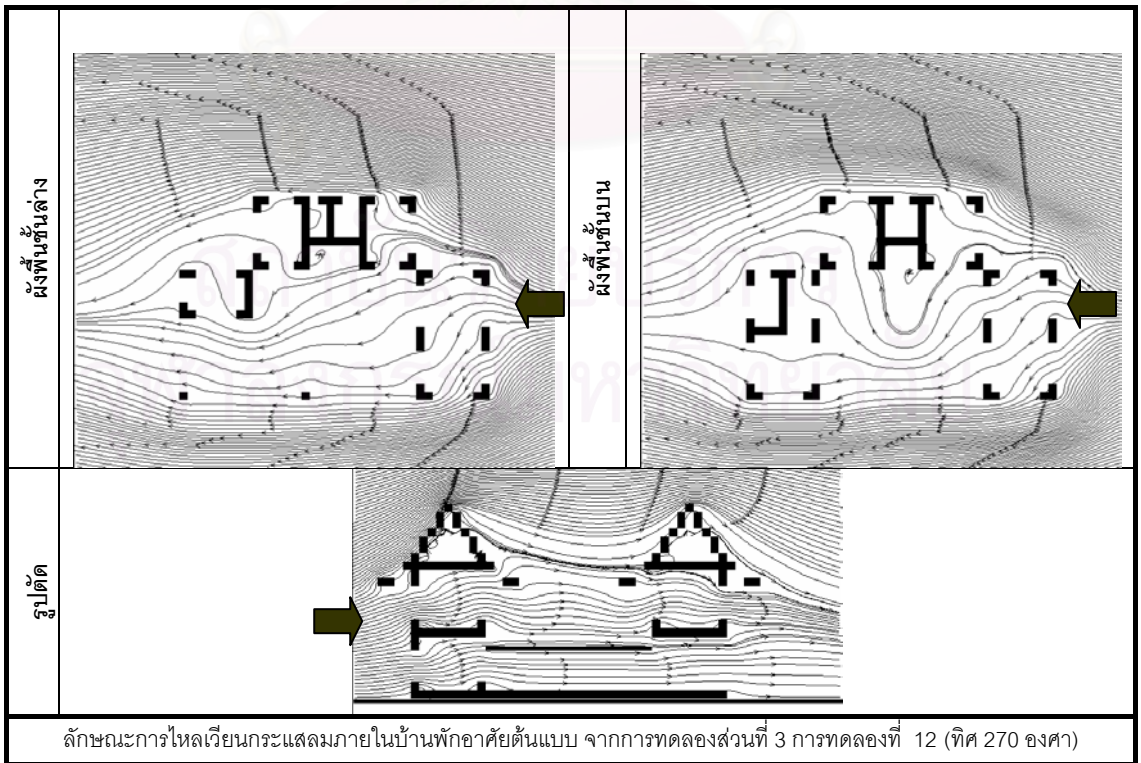
- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 11 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 11 (ทิศ 225 องศา)

รูปที่ 4-69 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 11

- **ข้อมูลการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารการทดลองที่ 12 (ความเร็วลม 2 m/s)**



ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 12 (ทิศ 270 องศา)

รูปที่ 4-70 แสดงลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในบ้านพักอาศัยต้นแบบ จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองที่ 12

4.3.4 เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารจากการทดลองที่ 1-12

- **เปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศทางต่าง ๆ**

จากผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เมื่อทิศทางกระแสลมภายนอกพัดมาตั้งฉากหรือทำมุมกับด้านหน้าเรือน (0,45,90 องศา) และกรณีที่ 2 เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาตั้งฉากหรือทำมุมกับด้านหลังเรือน (180,225,270 องศา) ตามลำดับ ดังนี้

ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมเป็นการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด โดยทิศทางการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารจะสอดคล้องกับทิศทางกระแสลมภายนอกและตำแหน่งช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออก เมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีที่ 1 (ดังรูปที่ 4-59, 4-60, 4-61) ร่วมกับผลการทดลองในส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (ดังรูปที่ 4-28, 4-29, 4-30) พบว่า กลุ่มอาคารในลักษณะนี้ทำให้เกิดความดันอากาศสูงบริเวณชานและใต้ถุนมาก กระแสลมจึงมีการเบี่ยงเบนออกทางด้านข้างอาคาร ไม่เข้าสู่ชานและใต้ถุน แต่เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยใต้ถุนโล่ง การเพิ่มปริมาณช่องเปิดทั้งในระดับใช้งานและในระดับบน การเพิ่มช่องเปิดที่พื้นเพื่อดักลม เหล่านี้ทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง กระแสลมสามารถผ่านไปสู่ด้านหลังอาคารซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันอากาศลดได้สะดวก ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนและชานสูงขึ้น การกระจายของกระแสลมไปยังพื้นที่ห้องต่างๆ โดยอาศัยชานและใต้ถุนเป็นช่องลมจึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ประกอบกับปัจจัยหลังคาทรงสูงที่ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและลดด้านหน้าและด้านหลังอาคาร ปัจจัยช่องเปิดชายคาที่ช่วยให้กระแสลมเข้าสู่ระดับพื้นที่ใช้งาน จึงทำให้ความเร็วลมภายในห้องต่างๆ สูงขึ้นมาก

ส่วนในกรณีที่ 2 (ดังรูปที่ 4-62, 4-63, 4-64) จากผลการทดลองในส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (ดังรูปที่ 4-31, 4-32, 4-33) พบว่า กระแสลมสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่ห้องได้เนื่องจากมีช่องเปิดลมเข้าอยู่ในด้านปะทะลม แต่ชานและใต้ถุนซึ่งอยู่ในด้านอับลมและไม่มีช่องเปิดลมเข้าอยู่ในด้านปะทะลม จึงมีการกระจายของกระแสลมไม่ทั่วถึงนัก ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 ทำให้ไม่สามารถกระจายลมสู่ห้องต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างใดก็ตามอิทธิพลของปัจจัยใต้ถุนโล่ง ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ปัจจัยช่องเปิดในระดับบน และปัจจัยหลังคาทรงสูงและการยกอาคารด้านหลังที่ยกสูงขึ้น ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและลดด้านหน้าและด้านหลังอาคาร (ชานและใต้ถุน) เหล่านี้ทำให้กระแสลมสามารถผ่านเข้าสู่ชานและใต้ถุนได้เพิ่มขึ้น ประกอบกับการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้สามารถเปิดช่องเปิดได้ในทุกๆ ด้าน ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดก็สามารถเคลื่อนที่ผ่านทุกพื้นที่ได้ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมในแต่ละทิศทางที่ทำการศึกษา พบว่า เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา (ดังรูปที่ 4-59) กระแสลมมีการกระจายทั่วถึงทั้งอาคารมากกว่าในทิศทางอื่นๆ จึงมีความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ สูงสุด เนื่องจากเป็นทิศที่อาคารมีการบังลมกันน้อย

ชานและใต้ถุนกระจายลมได้ดี ทำให้กระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดลมเข้าและลมออกได้อย่างสะดวก และกระจายเข้าสู่พื้นที่ต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s (ดังรูปที่ 4-59, 4-60, 4-61, 4-62, 4-63, 4-64) และเท่ากับ 2.0 m/s (ดังรูปที่ 4-65, 4-66, 4-67, 4-68, 4-69, 4-70) พบว่า การไหลเวียนกระแสลมในทุกทิศทางไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละทิศทางยังคงสอดคล้องกัน โดยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นทิศทำมุม 45 องศา, 270 องศา , 225 องศา, 90 องศา และ 180 องศา ตามลำดับ แต่เมื่อความเร็วลมภายนอกเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันเพิ่มและลดในด้านปะทะลมและด้านอับลมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้กระแสลมเข้าสู่อาคารได้เพิ่มมากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในเมื่อกระแสลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s จึงสูงกว่าในกรณีของกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ในทุกทิศทาง

- **เปรียบเทียบการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารแยกตามลักษณะพื้นที่ในแต่ละแบบจำลอง (ศึกษาเฉพาะเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศ 0 องศา)**

จากผลการทดลองเมื่อความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s (ดังรูปที่ 4-59) และ 2.0 m/s (ดังรูปที่ 4-65) พบว่า ทั้งสองกรณีความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ของชั้นล่างมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนชั้นบนจะแตกต่างกันมาก โดยพื้นที่ชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากการวางอาคารในลักษณะกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้สามารถเปิดช่องเปิดได้ในทุกๆ ด้าน กระแสลมสามารถกระจายทั่วถึงทุกพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ชานและใต้ถุนซึ่งมีลักษณะโล่งทำให้ความดันอากาศเพิ่มต่ำและช่องเปิดอยู่ในด้านปะทะลมทำให้รับลมได้เต็มที่ ในขณะที่พื้นที่ภายในห้องซึ่งเกิดพื้นที่อับลมด้านหลังผนังด้านปะทะลมมาก จึงทำให้การกระจายของกระแสลมภายในห้องไม่ทั่วถึง ความเร็วลมเฉลี่ยจึงต่ำกว่า

เมื่อเปรียบกับผลการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองที่ 7 (บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา +กลุ่มอาคารต่อเนื่อง+กระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า) (ดังรูปที่ 4-28) พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะสอดคล้องกัน คือ ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในชั้นเดียวกันพื้นที่โล่งภายนอกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ภายในห้อง โดยพื้นที่ใต้ถุนจากผลการทดลองบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด ส่วนบ้านพักอาศัยต้นแบบพื้นที่ชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด สอดคล้องกับลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาและบ้านพักอาศัยต้นแบบที่มีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่บ้านพักอาศัยต้นแบบจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในทุกพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ โดยเฉพาะปัจจัยใต้ถุนโล่ง ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ปัจจัยช่องลมเหนือช่องเปิด และปัจจัยหลังคาทรงสูงและการยกอาคารด้านหลังที่ยกสูงขึ้น ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและลดด้านหน้าและด้านหลังอาคาร (ชานและใต้ถุน) ซึ่งทำให้กระแสลมสามารถผ่านเข้าสู่ชานและใต้ถุนได้เพิ่มขึ้น จึงกระจายเข้าสู่ห้องด้านหลังเพิ่มมากขึ้น

4.3.5 สรุปผลการทดลองส่วนที่ 3

1. บ้านพักอาศัยต้นแบบมีการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน โดยทิศทางกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของแต่ละกลุ่มอาคารไม่มากนัก ยกเว้นในทิศ 0 องศา ซึ่งทำให้ความเร็วเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุดและแตกต่างจากทิศทางอื่นๆมาก เนื่องจากการวางกลุ่มอาคารล้อมชาน ทำให้สามารถเปิดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกได้ในทุกพื้นที่ ประกอบกับการมีพื้นที่ชานและใต้ถุนเป็นช่องลมจึงกระจายลมเข้าสู่พื้นที่ต่างๆได้เป็นอย่างดี กระแสลมจึงสามารถกระจายได้ทั่วถึงในทุกพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ห้องต่างๆภายในอาคารได้ โดยเฉพาะในทิศ 0 องศา จะทำให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ชานและใต้ถุนได้ดีที่สุด การกระจายของกระแสลมจึงมีประสิทธิภาพมากที่สุด ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงสุด

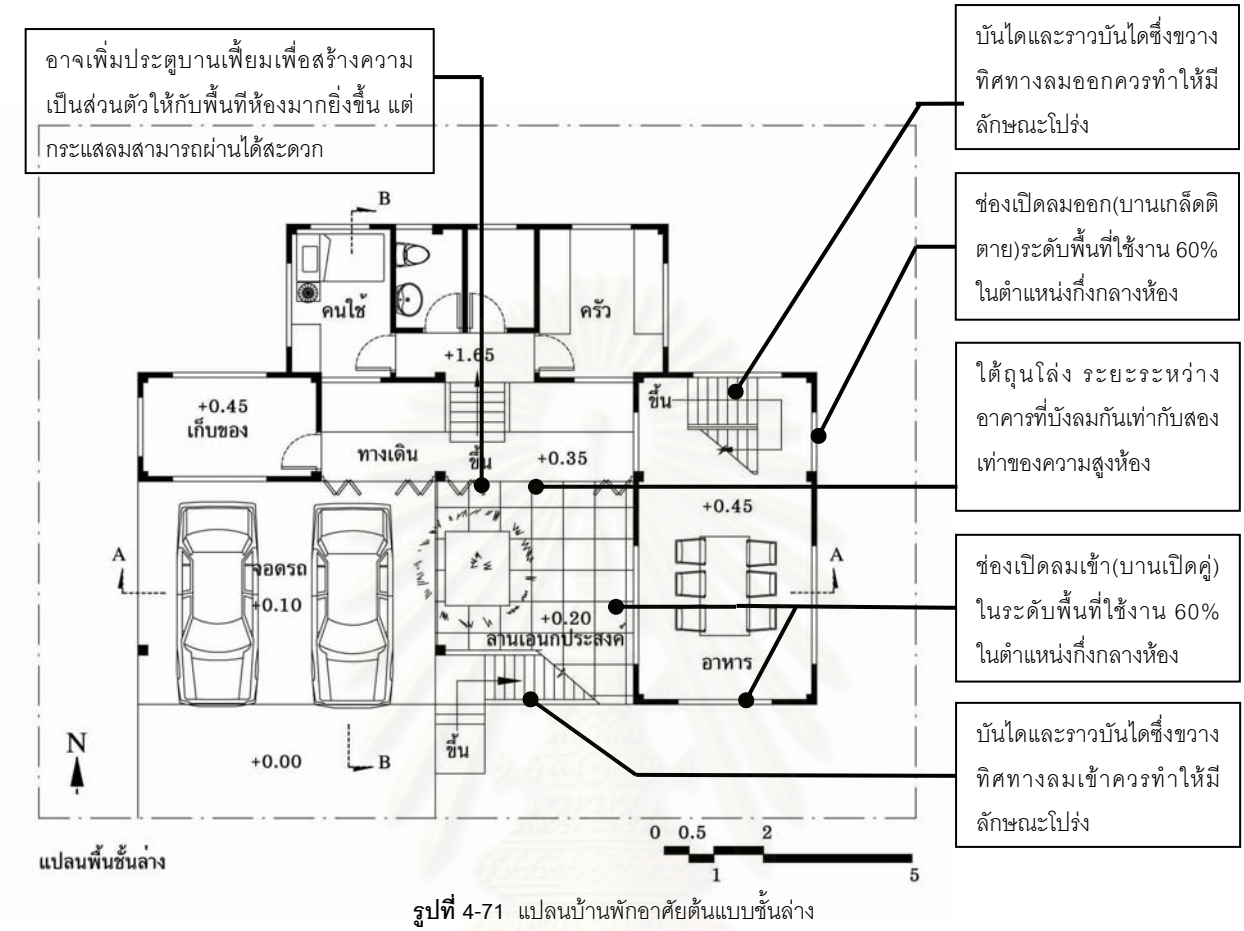
2. อิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยใต้ถุนโล่ง การเพิ่มปริมาณช่องเปิดทั้งในระดับใช้งานและในระดับบน การเพิ่มช่องเปิดที่พื้นเพื่อดักลม ทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง กระแสลมสามารถผ่านไปสู่ด้านหลังอาคารซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันอากาศลดได้สะดวก ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนและชานสูงขึ้น การกระจายของกระแสลมไปยังพื้นที่ห้องต่างๆ โดยอาศัยชานและใต้ถุนเป็นช่องลมจึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ประกอบกับอิทธิพลของปัจจัยหลังคาทรงสูงที่ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและลดด้านหน้าและด้านหลังอาคาร ปัจจัยช่องเปิดชายคาที่ช่วยปรับให้กระแสลมเข้าสู่ระดับพื้นที่ใช้งาน จะทำให้ความเร็วลมภายในห้องต่างๆ สูงขึ้นเช่นกัน

3. เมื่อกระแสลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s จะทำให้ความเร็วเฉลี่ยภายในอาคารสูงกว่ากระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ในทุกทิศทาง โดยความเร็วลมเฉลี่ยในทุกทิศทางกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s อยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s มีเพียงทิศ 0 องศาเท่านั้นที่ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย

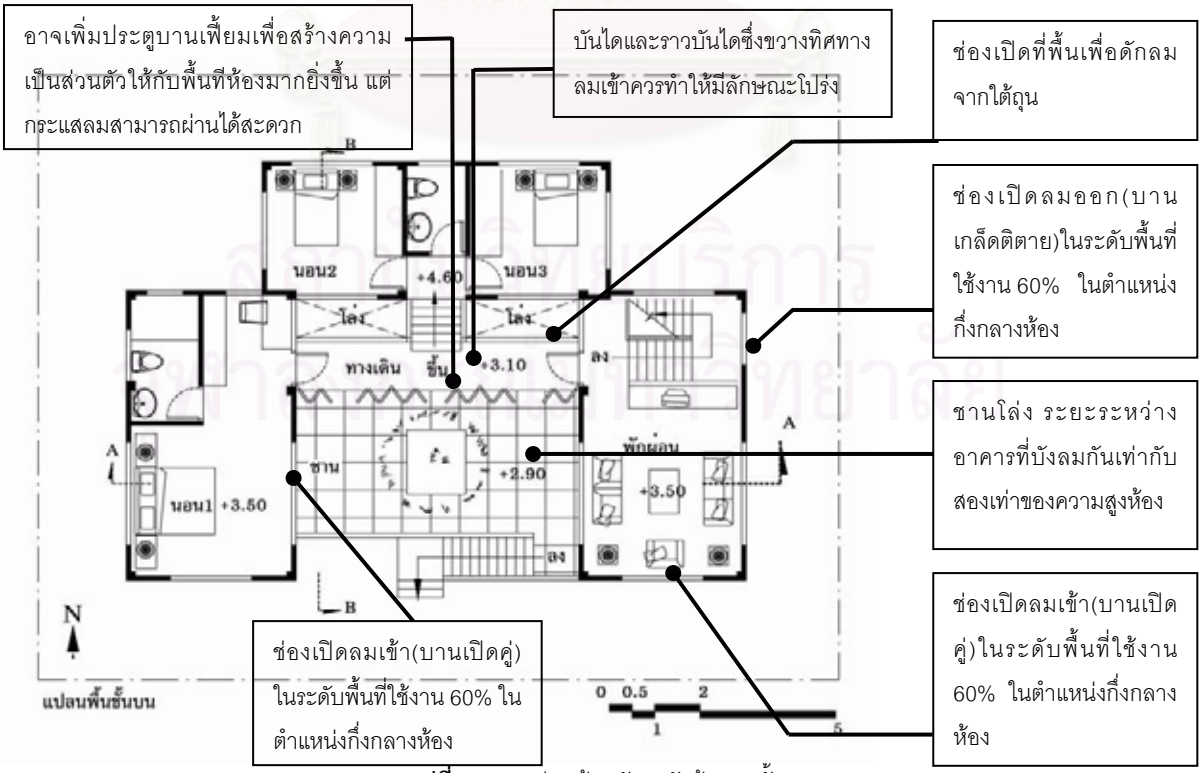
4. เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศ 0 องศา ด้วยความเร็วลม 1.35 m/s และ 2.0 m/s ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยพื้นที่ชานจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นใต้ถุน ห้องชั้นล่าง และห้องชั้นบน ตามลำดับ โดยความเร็วลมเฉลี่ยเกือบทุกพื้นที่ในทุกกรณีอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นบน กรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยจะต่ำกว่าระดับที่รู้สึกสบายเล็กน้อย

5. บ้านพักอาศัยต้นแบบกรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s จะมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 10 เท่า และกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 14 เท่า โดยในทิศ 0 องศา กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น 6 เท่า และในกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น 10 เท่า

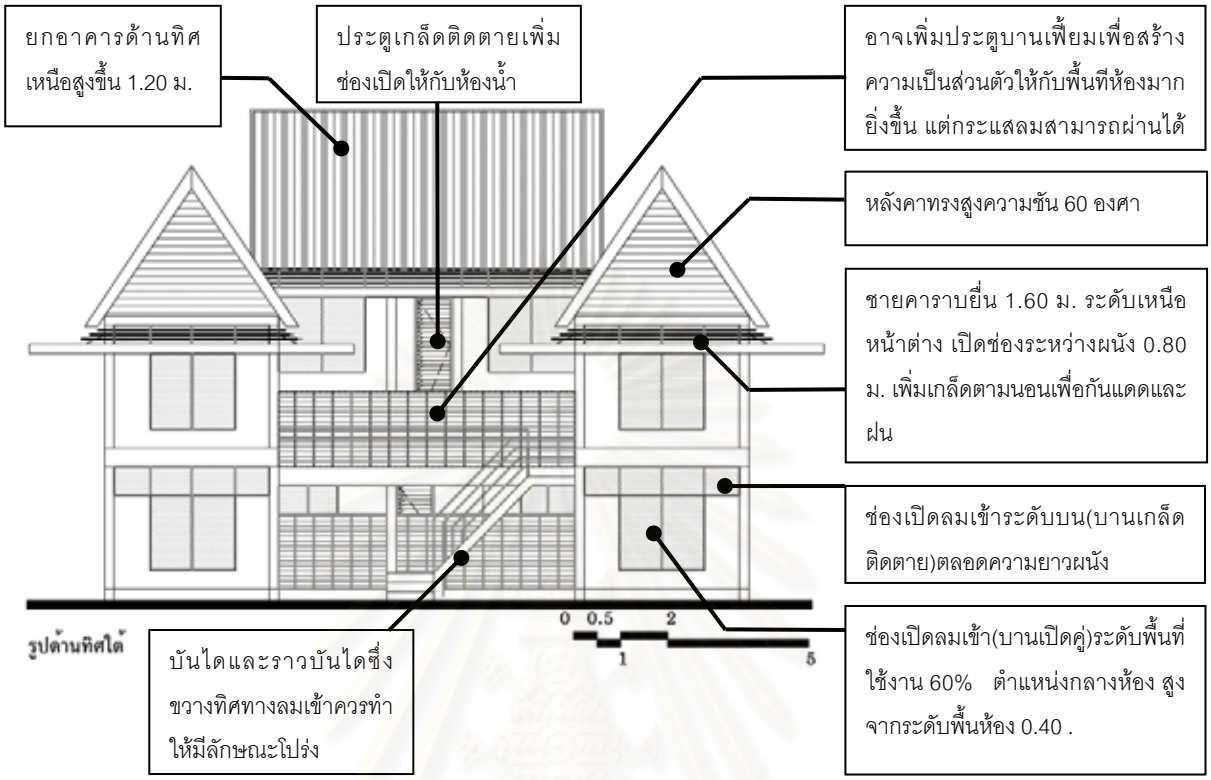
จากบทสรุปของผลการวิจัยในส่วนที่ 3 สามารถนำมาประยุกต์เพื่อออกแบบบ้านพักอาศัยต้นแบบในปัจจุบันได้ดังนี้



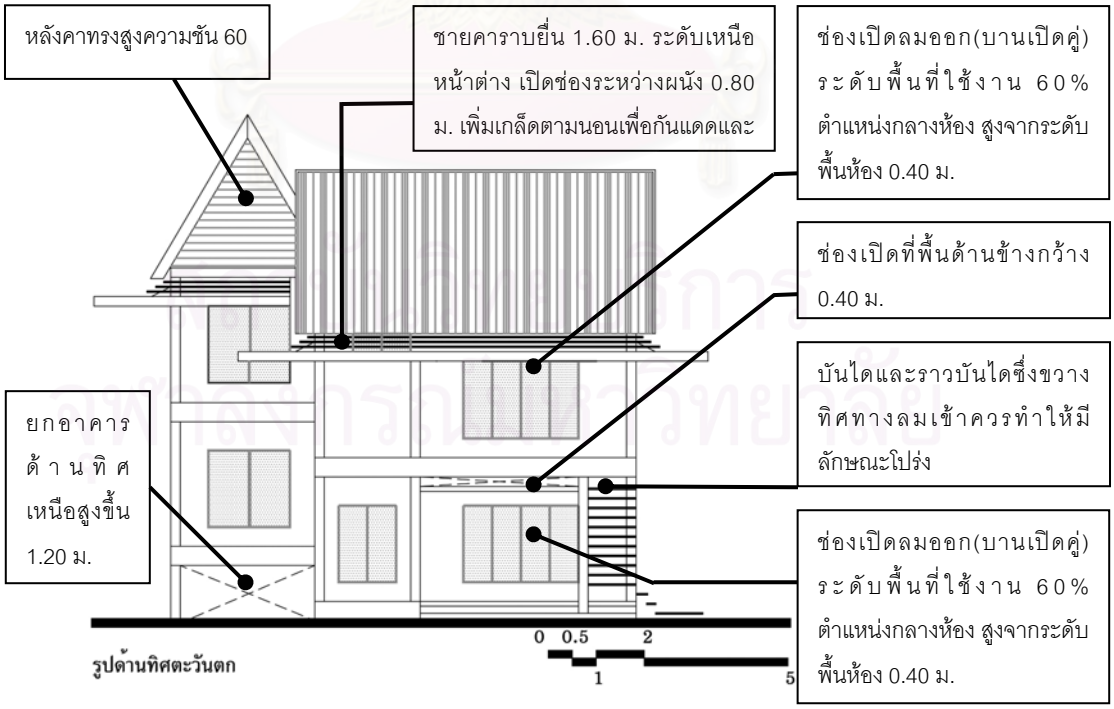
รูปที่ 4-71 แปลนบ้านพักอาศัยต้นแบบชั้นล่าง



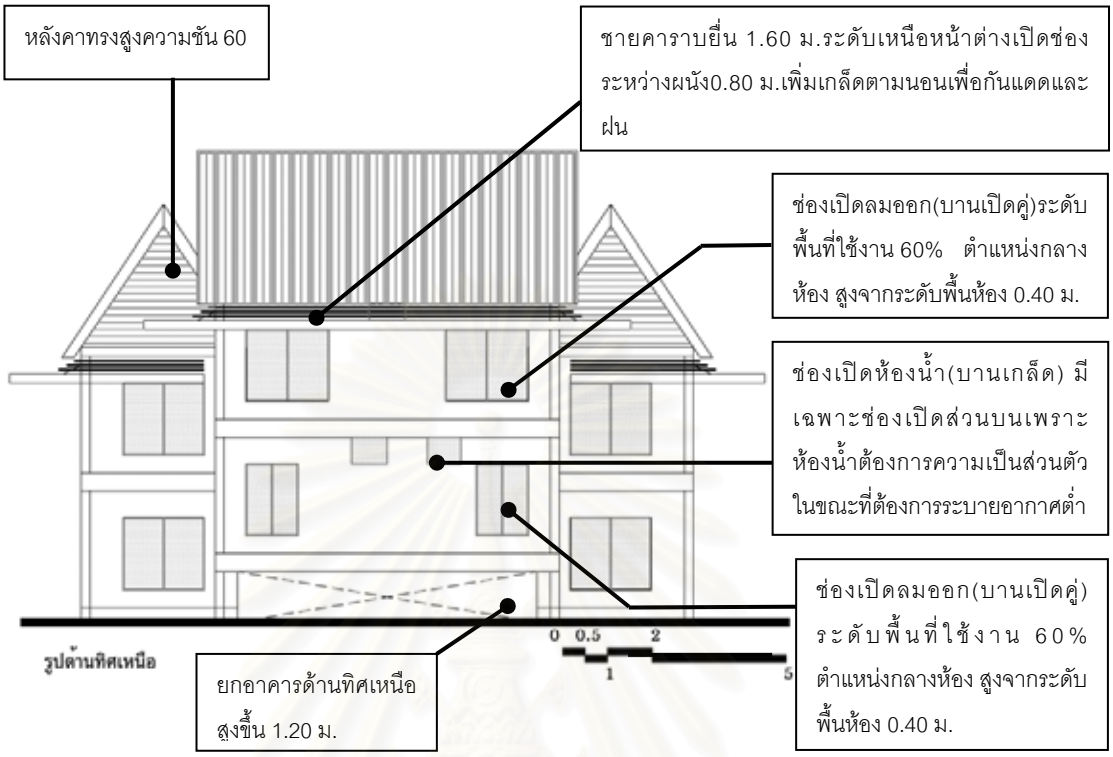
รูปที่ 4-72 แปลนบ้านพักอาศัยต้นแบบชั้นบน



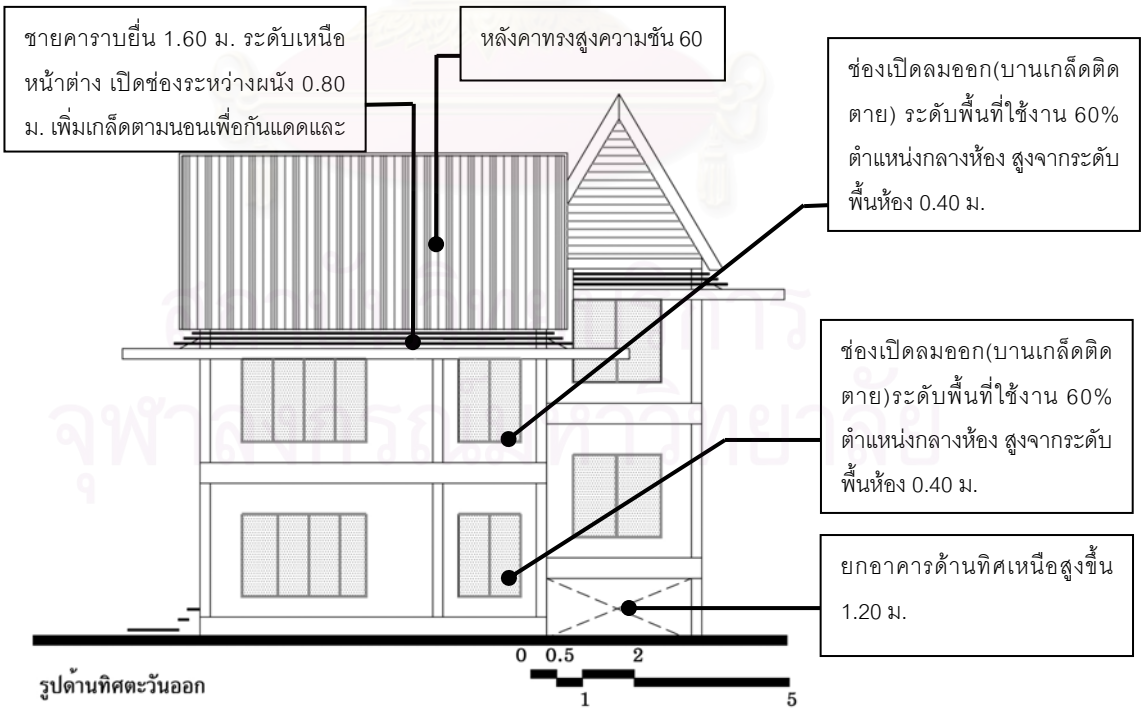
รูปที่ 4-73 รูปด้านทิศใต้บ้านพักอาศัยต้นแบบ



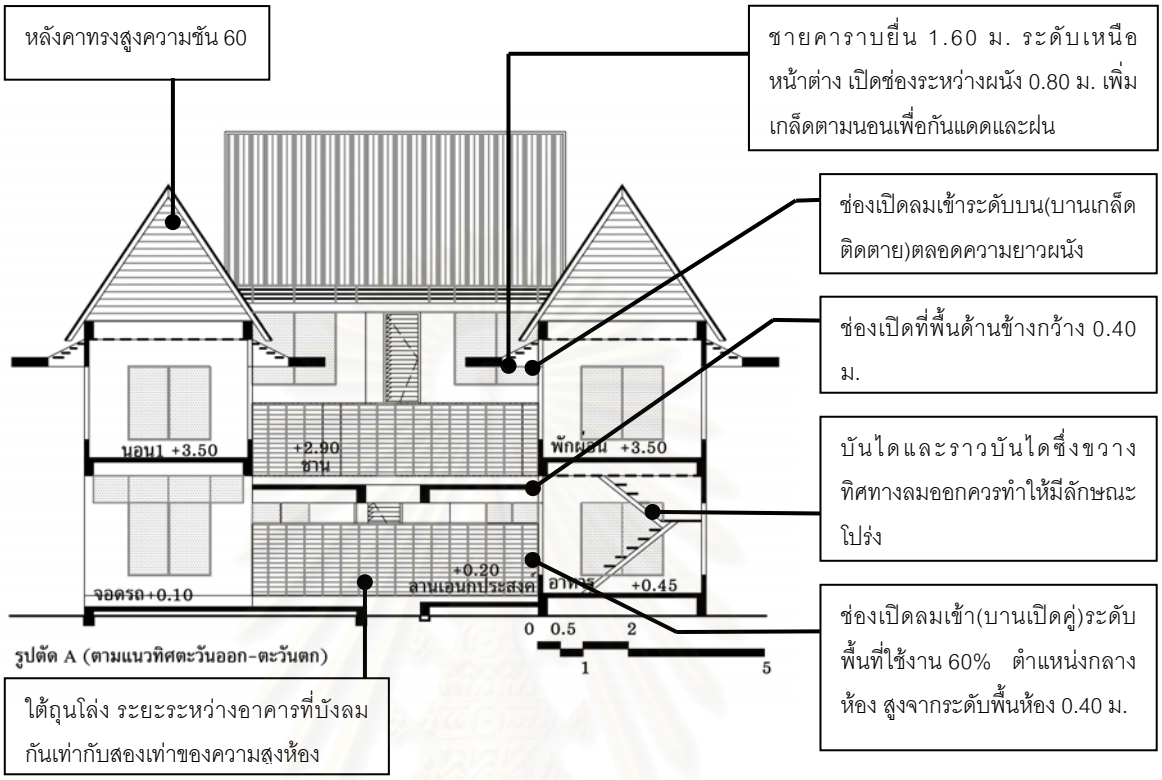
รูปที่ 4-74 รูปด้านทิศตะวันตกบ้านพักอาศัยต้นแบบ



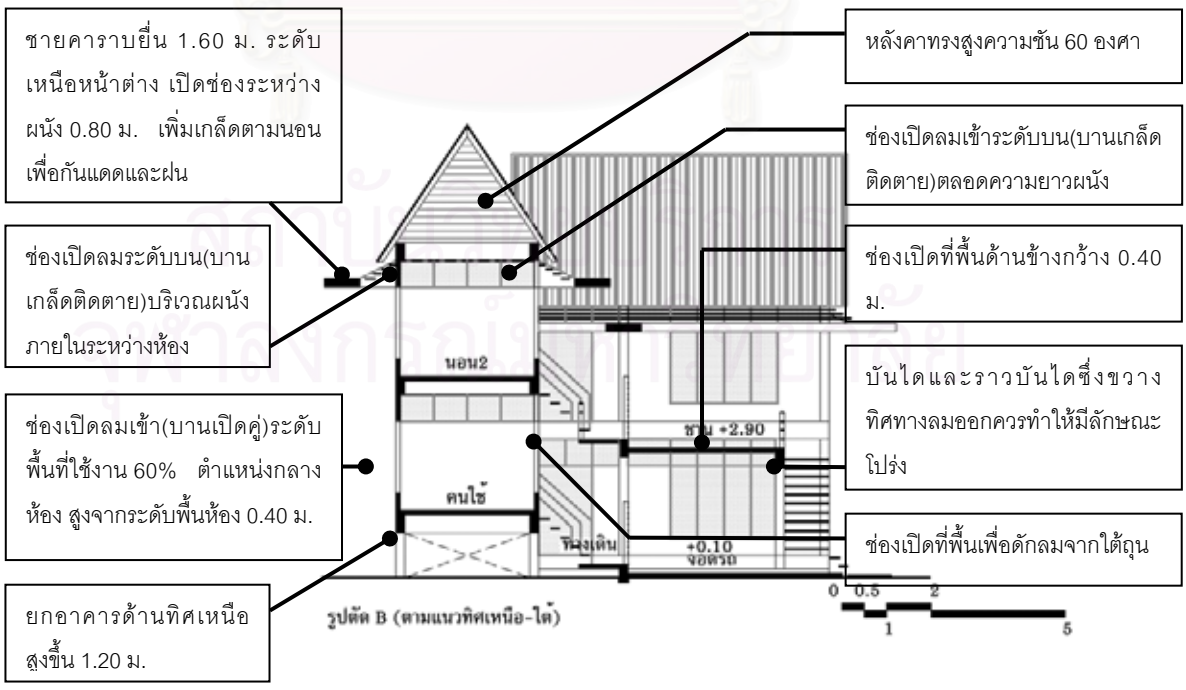
รูปที่ 4-75 รูปด้านทิศเหนือบ้านพักอาศัยต้นแบบ



รูปที่ 4-76 รูปด้านทิศตะวันออกบ้านพักอาศัยต้นแบบ



รูปที่ 4-77 รูปตัดตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกของบ้านพักอาศัยต้นแบบ



รูปที่ 4-78 รูปตัดตามแนวทิศเหนือ-ใต้ของบ้านพักอาศัยต้นแบบ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันที่มีการไหลเวียนกระแสลมที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นที่การออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรม วิธีวิจัยอาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD เพื่อศึกษาการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมภาคกลาง และปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะนั้น อันจะเป็นแนวทางสำหรับการคัดเลือกส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ร่วมกับการศึกษากลุ่มตัวอย่างและเอกสารงานวิจัยที่ผ่านๆ มา เพื่อกำหนดปัจจัยและตัวแปรในแต่ละปัจจัยสำหรับการทดลองการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีการวางอาคารแบบล้อมชานในปัจจุบัน แล้วสรุปตัวแปรในแต่ละปัจจัยที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมสำหรับบ้านพักอาศัยในปัจจุบันต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการวิจัยในบทที่ผ่านมา สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

5.1 การไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมภาคกลาง

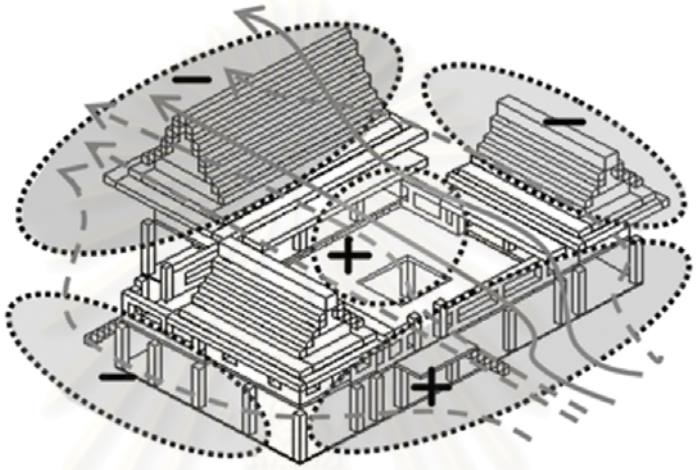
5.1.1 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมภาคกลาง

เรือนไทยมีระบบการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอด การกระจายของกระแสลมภายในอาคารค่อนข้างดี ไม่ว่ากระแสลมภายนอกจะพัดมาในทิศทางใด โดยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าเรือน จะทำให้การไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะโล่ง และมีการเว้นระยะห่างระหว่างเรือนมาก ทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังด้านปะทะลมน้อย โดยในกรณีกระแสลมพัดมาตั้งฉากกับด้านหน้า กลุ่มเรือนมีการบังลมกันน้อย ทำให้เกิดพื้นที่อับลมน้อยที่สุด กระแสลมจึงสามารถพัดผ่านอาคารได้สะดวก โดยเฉพาะบริเวณใต้ถุน ชาน และระเบียง ประกอบกับลักษณะการวางกลุ่มเรือนที่แยกกันเป็นหลังๆ ทำให้ทุกพื้นที่สามารถเปิดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดออกได้ในทุกทิศทาง ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดก็สามารถพัดผ่านพื้นที่ต่างๆ ได้ไม่แตกต่างกัน และกระแสลมที่พัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าเรือนจึงทำให้การไหลเวียนกระแสลมมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังกล่าว ดังรูปที่ 5-1

ผลจากการวิเคราะห์ความเร็วลมเฉลี่ยภายในเรือนไทย พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในเรือนไทยเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าด้วยความเร็วลม 1.35 m/s ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนสูงสุด 0.28 m/s ซึ่งเป็นความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย โดย

ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่อื่นๆ ได้แก่ ชาน ระเบียง หอนั่งและเรือนนอน เท่ากับ 0.21 m/s, 0.06 m/s, 0.05 m/s และ 0.01 m/s ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่จะรู้สึกได้

ข้อสรุปทั้งสองส่วนสอดคล้องกับข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบว่า เรือนไทยสามารถรับลมได้ดีทุกทิศทาง โดยคนไทยในสมัยก่อนนิยมใช้พื้นที่ส่วนใต้ถุน เพื่อการอยู่อาศัยโดยเฉพาะในเวลากลางวัน



รูปที่ 5-1 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยเมื่อกระแสลมพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้า

5.1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมในเรือนไทยเดิมภาคกลาง

เรือนไทยประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศแบบลมพัดผ่านตลอด ได้แก่ ช่องเปิดที่ผนัง(หน้าต่าง,ประตู) ช่องเปิดที่พื้น (ช่องแมวลอด, ช่องเปิดที่ชาน) หลังคาทรงสูง ใต้ถุนโล่งชายคายื่นยาว และชานโล่ง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในทุกทิศทางที่กระแสลมภายนอกพัดมา และมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ในระดับที่แตกต่างกัน เนื่องจากการวางเรือนในลักษณะล้อมชานซึ่งเรือนทุกหลังต่างหันหน้าเข้าหาชาน ทำให้มีปัจจัยต่างๆ อยู่ทุกด้านของเรือนไทย ดังนั้นไม่ว่ากระแสลมจะพัดมาในทิศทางใดต่างก็ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ทั้งสิ้น

ผลจากการศึกษาลักษณะการไหลเวียนกระแสลมและความเร็วลมเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างการมีและไม่มีปัจจัยส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ของเรือนไทย พอจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกทำให้ความเร็วลมภายในเรือนไทยเพิ่มขึ้น ได้แก่ ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง ปัจจัยรูปทรงหลังคา และปัจจัยใต้ถุนโล่ง กลุ่มที่สองทำให้ความเร็วลมภายในเรือนไทยลดลง ได้แก่ ปัจจัยชายคา ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่ทำการศึกษามีอิทธิพลโดยตรงต่อช่องเปิดลมเข้า ช่องเปิดลมออก และความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและความดันอากาศลดในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะปัจจัย ดังนี้

1. ปัจจัยช่องเปิดที่พื้น ซึ่งทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังด้านปะทะลมเหนือชานและบริเวณใต้ถุนลดลง กระแสลมจากใต้ถุนจึงสามารถพัดผ่านใต้ถุนมายังพื้นที่ชานได้ ในขณะเดียวกันก็ทำให้กระแสลมเข้าสู่ใต้ถุนได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งหากปิดช่องเปิดที่พื้นจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณระเบียงลดลงสูงสุด 16.67% รองลงมาเป็นพื้นที่ชานลดลง 14.29% และใต้ถุนลดลง 10.71% ตามลำดับ

2. ปัจจัยช่องเปิดที่ผนัง ซึ่งเป็นช่องเปิดลมเข้าและออกทำให้เกิดการพัดผ่านตลอดได้ ซึ่งหากปิดช่องเปิดที่ผนังจะทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมภายในพื้นที่ห้อง ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องจึงลดลงสูงสุด 100% รองลงมาเป็นพื้นที่หอนั่งลดลง 80% และระเบียงลดลง 66.67% ตามลำดับ

3. ปัจจัยรูปทรงหลังคา ซึ่งทำเกิดความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มบริเวณด้านหน้าเรือนและความดันอากาศลดบริเวณหลังเรือนทำให้เพิ่มแรงดูด กระแสลมจึงพัดผ่านอาคารด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ซึ่งหากปรับความชันหลังคาเท่ากับ 0 องศา จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชานลดลงสูงสุด 9.52% รองลงมาเป็นพื้นที่ใต้ถุนลดลง 7.14% ตามลำดับ

4. ปัจจัยใต้ถุนโล่ง ซึ่งช่วยลดความดันอากาศเพิ่มในด้านปะทะลม ทำให้กระแสลมพัดผ่านอาคารมากขึ้น หากปิดใต้ถุนจะทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนกระแสลมภายในใต้ถุน ความเร็วลมเฉลี่ยภายในใต้ถุนจึงลดลงสูงสุด 100% รองลงมาเป็นพื้นที่ระเบียงลดลง 16.67% และชานลดลง 14.29% ตามลำดับ

5. ปัจจัยชานโล่ง ทำให้ลดความดันอากาศเพิ่มบริเวณชาน กระแสลมจึงผ่านเข้าสู่ชานและกระจายสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้ดีขึ้น กรณีชานมีหลังคาจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในชานจึงลดลงสูงสุด 61.90% รองลงมาเป็นพื้นที่ระเบียงลดลง 33.33% และใต้ถุนลดลง 14.29% ตามลำดับ

6. ปัจจัยชายคา ซึ่งชายคาที่กดต่ำทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา กระแสลมจึงเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าน้อยลง โดยที่บางส่วนเบี่ยงเบนข้ามหลังคาไป หากไม่มีชายคาจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องจึงเพิ่มขึ้นสูงสุด 100% รองลงมาเป็นพื้นที่หอนั่งเพิ่มขึ้น 40% และระเบียงเพิ่มขึ้น 33.33% ตามลำดับ

5.2 แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัยปัจจุบัน

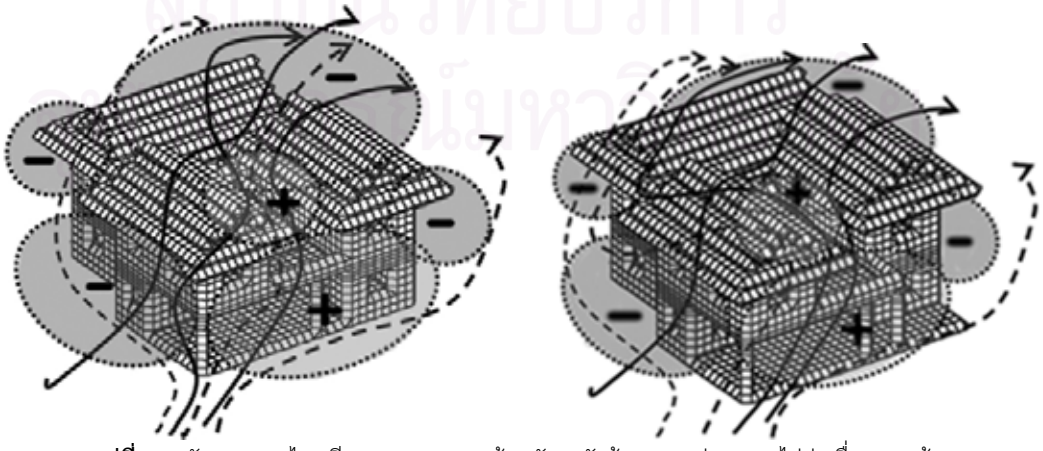
5.2.1 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

บ้านพักอาศัยกรณีศึกษาในปัจจุบันมีรูปแบบการวางกลุ่มอาคารล้อมชานที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ กลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องบางส่วน ซึ่งแม้จะมีการวางกลุ่มอาคารแตกต่างกัน แต่การระบายอากาศของกลุ่มอาคารในลักษณะล้อมชานนี้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เป็นการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน ที่ทิศทางกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่มากนัก ยกเว้นในทิศทางที่ทำให้ความเร็วภายในอาคารสูงสุดในแต่

ละกรณี ทั้งนี้เนื่องจากบ้านอาศัยในลักษณะนี้มีพื้นที่กรอบอาคารมาก ทำให้ทุกพื้นที่สามารถเปิดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกได้ นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ชานและใต้ถุนทำหน้าที่เป็นช่องกระจายลมสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ทั้งชั้นล่างและชั้นบน แม้ว่าห้องนั้นจะอยู่ในพื้นที่อับลมก็ตาม

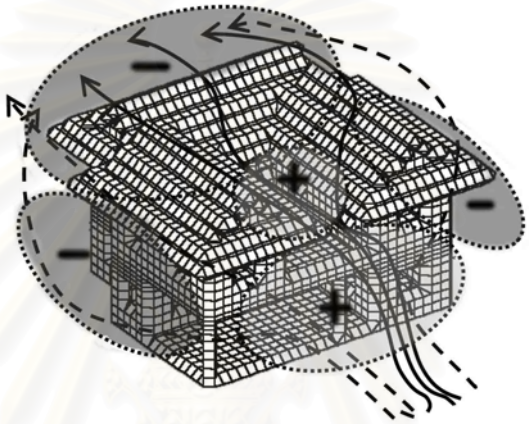
เมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านพักอาศัยทั้งสามกลุ่มอาคาร พบว่า เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกทิศทางของกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องมีค่าสูงสุด 0.10m/s รองลงมาเป็นกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน 0.10 m/s และกลุ่มอาคารต่อเนื่อง 0.02 m/s ตามลำดับ โดยการวางกลุ่มอาคารแบบไม่ต่อเนื่อง และกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน ให้พื้นที่ชานทำมุม 45 องศากับทิศทางกระแสลมภายนอก จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านพักอาศัยของทั้งสองกลุ่มมีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.29m/s และ 0.27 m/s ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย โดยในกรณีของกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนสูงสุด 0.77 m/s รองลงมาเป็นห้องชั้นล่าง 0.21 m/s ชาน 0.19 m/s และห้องชั้นบน 0.12 m/s ตามลำดับ สำหรับกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วนความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนสูงสุด 0.66 m/s รองลงมาเป็นห้องชั้นล่าง 0.27 m/s ชาน 0.14 m/s และห้องชั้นบน 0.09 m/s ตามลำดับ ในขณะที่การวางกลุ่มอาคารต่อเนื่องให้พื้นที่ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในบ้านพักอาศัยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.04 m/s ซึ่งต่ำกว่าสองกลุ่มแรกมากและอยู่ในระดับที่ไม่อาจรับรู้ได้ โดยความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณใต้ถุนจะสูงสุด 0.08 m/s รองลงมาเป็นชาน 0.05 m/s ห้องชั้นล่าง 0.04 m/s และห้องชั้นบน 0.02 m/s ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องจาก ในกรณีกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่องและกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน เมื่อวางกลุ่มอาคารให้พื้นที่ชานทำมุม 45 องศากับทิศทางกระแสลมภายนอก จะทำให้เกิดพื้นที่อับลมบริเวณด้านหลังอาคารเป็นบริเวณกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับทิศทางอื่นๆ ประกอบกับอาคารมีการบังลมกันน้อย และช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกอยู่ในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มและลดมาก กระแสลมที่ไหลผ่านใต้ถุนและชานจึงมีปริมาณมาก จึงกระจายเข้าสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงสุด ดังรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารไม่ต่อเนื่อง(ภาพซ้าย) และกลุ่มอาคารต่อเนื่องบางส่วน(ภาพขวา) เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานทำมุม 45 องศากับทิศทางกระแสลมภายนอก

ส่วนในกรณีกลุ่มอาคารต่อเนื่อง เมื่อวางกลุ่มอาคารให้พื้นที่ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก จะทำให้กระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดลมเข้าและลมออกได้อย่างสะดวก กระแสลมสามารถกระจายสู่พื้นที่ต่างๆ ได้ทั่วถึงมากกว่าในทิศทางอื่นๆ เนื่องจากเป็นทิศที่อาคารมีการบังลมกันน้อย ทำให้เกิดพื้นที่อับลมน้อย ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงสุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารสองกลุ่มแรก พบว่า ความดันอากาศเพิ่มที่เกิดขึ้นบริเวณชานสูงกว่ากลุ่มอาคารอื่นๆ ทำให้กระแสลมเข้าสู่ใต้ถุนและชานได้น้อย การกระจายของกระแสลมไปสู่พื้นที่ห้องต่างๆ จึงไม่ทั่วถึง ความเร็วลมเฉลี่ยของกลุ่มอาคารต่อเนื่องจึงต่ำกว่ากลุ่มอาคารอื่นๆ มาก ดังรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-3 ลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

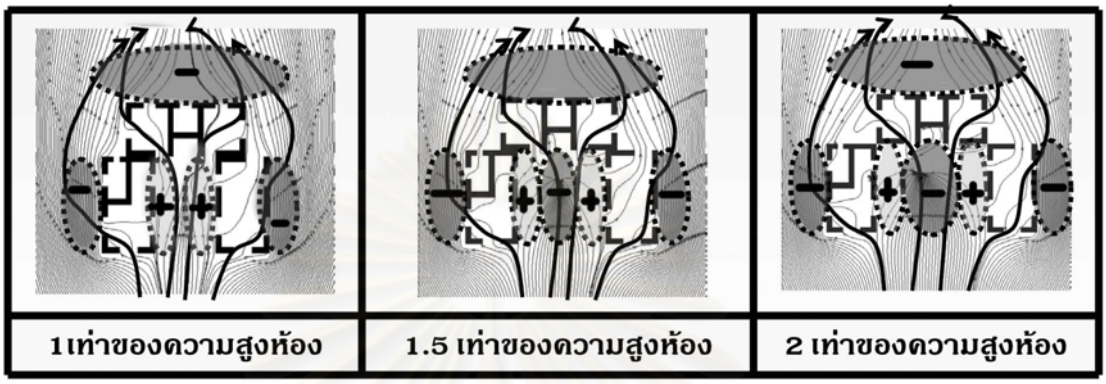
5.2.2 แนวทางการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานที่มีกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องในปัจจุบัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานที่มีกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่อง ได้แก่ ปัจจัยทิศทางลมเด่น ปัจจัยระยะระหว่างอาคารที่บังลมกัน ปัจจัยช่องเปิด ปัจจัยรูปทรงหลังคา และปัจจัยชายคา การใช้ปัจจัยดังกล่าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร จึงต้องอาศัยแนวทางต่างๆ ดังนี้

1. กลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องแม้จะสามารถรับลมได้ดีไม่แตกต่างกันในแต่ละทิศทาง เนื่องจากสามารถเปิดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกได้ในทุกๆพื้นที่ แต่การวางอาคารในลักษณะให้ชานตั้งฉากกับทิศทางลมเด่น จะทำให้กระแสลมสามารถกระจายทั้งถึงและทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงกว่าทิศทางอื่นๆ

2. ระยะห่างระหว่างอาคารมีผลต่อพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชาน พื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างอาคารเพิ่มมากขึ้น ทำให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่ชานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยจึงสูงขึ้น ดังนั้นในกรณีระยะห่างระหว่างอาคารเท่ากับ 2 เท่าของความสูง

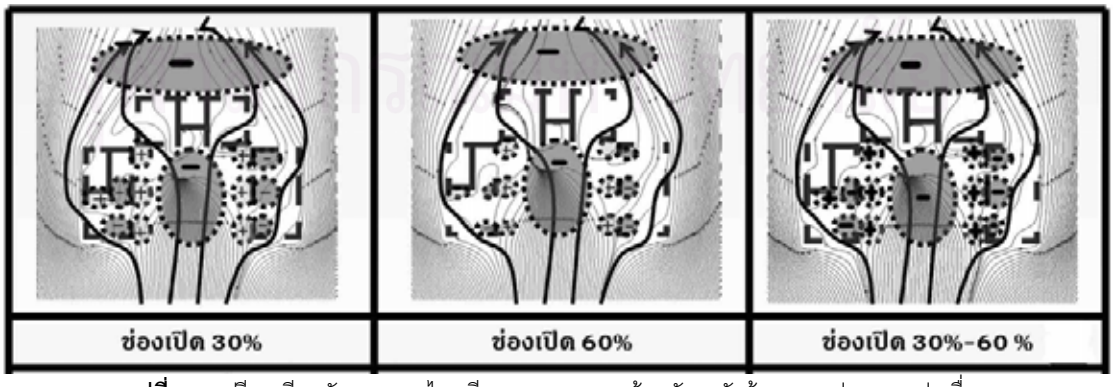
อาคารจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 47.36% โดยพื้นที่ชานมีความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นพื้นที่ใต้ถุน ห้องชั้นล่าง และห้องชั้นบน ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารที่มีระยะห่างระหว่างอาคารเท่ากับ 1 เท่าของความสูงอาคาร ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระยะห่างระหว่างอาคารที่บังลมกันต่างๆ กัน เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

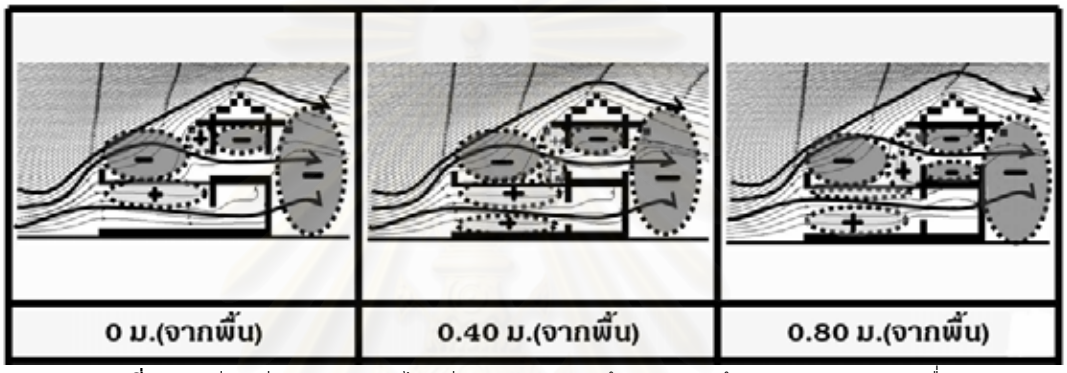
3. ช่องเปิดมีผลต่อสัดส่วนความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและผนังด้านปะทะลม รวมถึงพื้นที่อับลมด้านหลังของผนังด้านปะทะลมด้วย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามปริมาณ ตำแหน่ง และชนิดของช่องเปิด ดังนี้

- ช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออก 60% ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 7.86% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นพื้นที่ชาน ในขณะที่ห้องชั้นล่างและใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารที่มีช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออก 30% ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณช่องเปิด ทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังห้องด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจึงลดลง พื้นที่อับลมด้านหลังผนังที่ปะทะลมก็ลดลง กระแสลมจึงสามารถกระจายเข้าสู่พื้นที่ชานและห้องชั้นบนได้มากและทั่วถึงยิ่งขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ดังกล่าวจึงสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-5



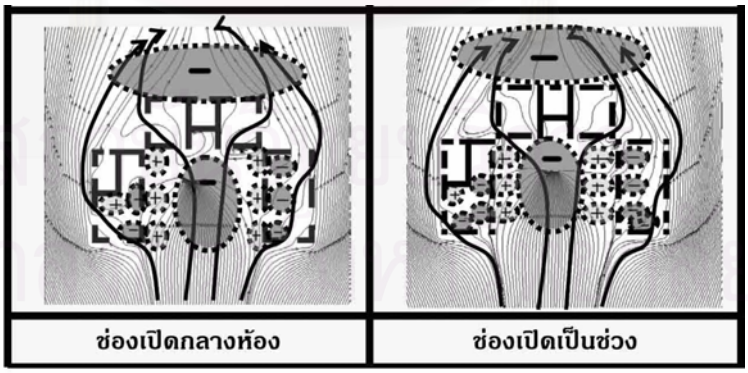
รูปที่ 5-5 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีปริมาณช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

- ช่องเปิดในระดับพื้น จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 23.13% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นห้องชั้นล่าง และพื้นที่ชาน ในขณะที่พื้นที่ใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารที่มีระดับช่องเปิดสูงจากพื้น 0.80 ม. ทั้งนี้เนื่องจากระดับช่องเปิดทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบใต้ช่องเปิดด้านปะทะลมลดลงในขณะที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบเหนือช่องเปิดเพิ่มขึ้น กระแสลมถูกกดต่ำลงสู่ระดับพื้นที่ใช้งานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องจึงสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระดับช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

- ช่องเปิดแบบกลางผนัง จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 14.29% โดยทำให้ความเร็วเฉลี่ยบริเวณชานเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นอื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารที่มีช่องเปิดเป็นช่วง ทั้งนี้เนื่องจากช่องเปิดเป็นช่วงทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานมากขึ้น กระแสลมที่เข้าสู่ชานจึงมีปริมาณน้อย ดังรูปที่ 5-7

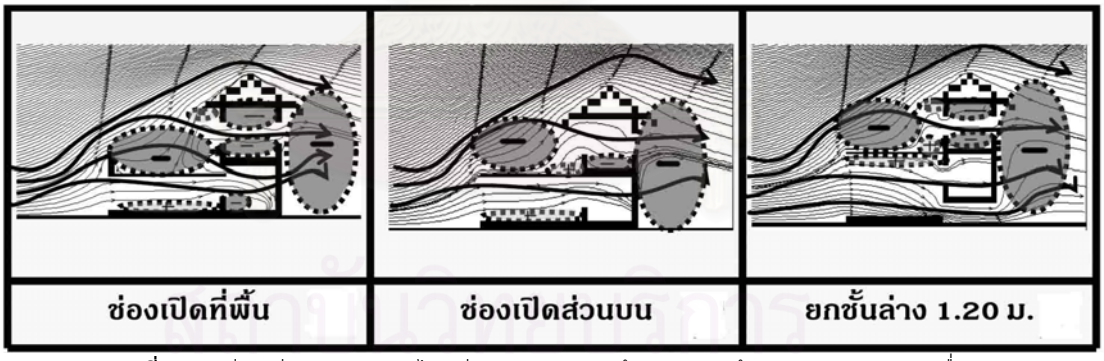


รูปที่ 5-7 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีตำแหน่งช่องเปิดต่างๆ กัน เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

- ช่องเปิดที่พื้น จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 2.48% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานเพิ่มขึ้นสูงสุด ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาคารที่ไม่มีช่องเปิดที่พื้น ทั้งนี้เนื่องจากช่องเปิดที่พื้นทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังส่วนล่างด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานจึง

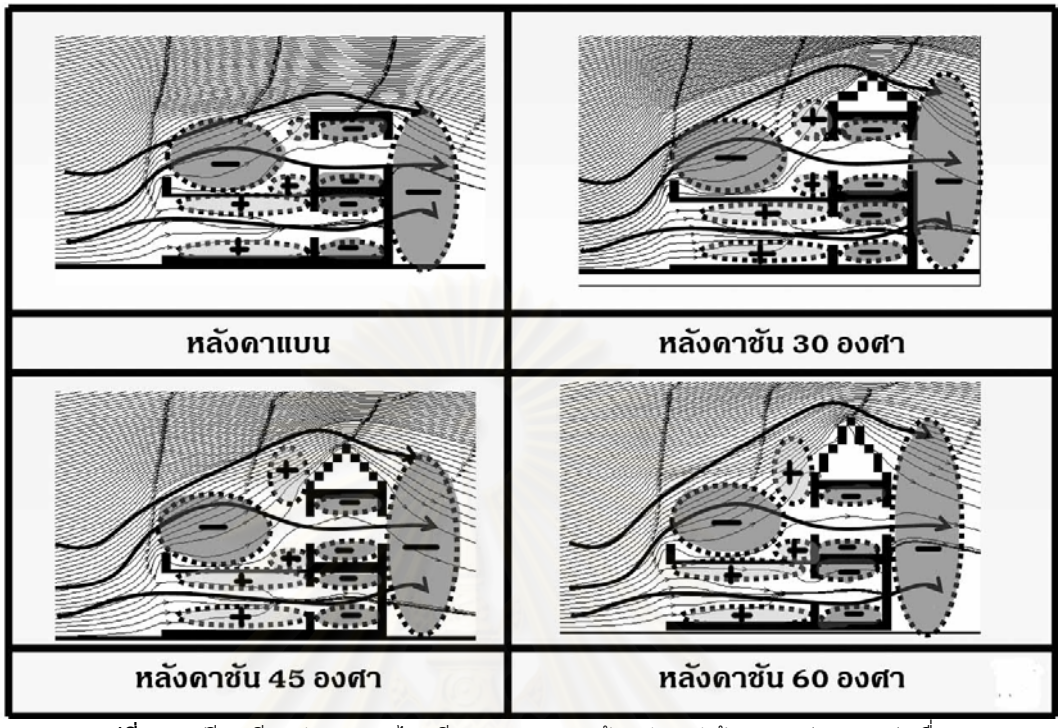
ลดลงด้วย กระแสลมจึงสามารถพัดผ่านชานได้มากขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชานจึงสูงขึ้นตาม ดังรูปที่ 5-8

- ช่องลมเหนือช่องเปิดลมเข้า จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 26.43% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นชานและใต้ถุนตามลำดับ โดยห้องชั้นล่างไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีช่องลมเหนือช่องเปิด ทั้งนี้เนื่องจาก ช่องลมทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังทึบเหนือช่องเปิดด้านปะทะลมลดลง ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง กระแสลมจึงสามารถผ่านเข้าสู่ชาน ใต้ถุน รวมถึงช่องเปิดของพื้นที่ห้องต่างๆ ได้มากขึ้น ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในทุกพื้นที่จึงสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-8
- การยกใต้ถุนโล่ง จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 31.56% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ใต้ถุนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นชานและห้องชั้นบนตามลำดับ โดยห้องชั้นล่างไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ยกใต้ถุน ทั้งนี้เนื่องจาก การยกใต้ถุนทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ถุนลดลงมาก กระแสลมจึงสามารถผ่านใต้ถุนจากด้านหน้าอาคารซึ่งเป็นด้านปะทะลมไปสู่ด้านหลังอาคารซึ่งเป็นด้านอับลมได้มากขึ้น การกระจายกระแสลมจากใต้ถุนสู่พื้นที่ห้องต่างๆ ได้มากขึ้น ความเร็วลมในทุกพื้นที่จึงสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีมีช่องเปิดที่พื้น, มีช่องลมเหนือช่องเปิด และยกใต้ถุนโล่ง เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

4. รูปทรงหลังคาที่มีความชัน 60 องศา จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 4.99% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นใต้ถุน ในขณะที่ห้องชั้นล่างและชานไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีหลังคาแบน ทั้งนี้เนื่องจากหลังคาที่ชันมากทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและความดันอากาศลดบริเวณหลังอาคารมากขึ้น เกิดแรงดูดมาก กระแสลมจึงพัดเข้าสู่อาคารด้วยความเร็วสูงขึ้น จึงทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องชั้นบน โดยเฉพาะห้องด้านหลังอาคารสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-9

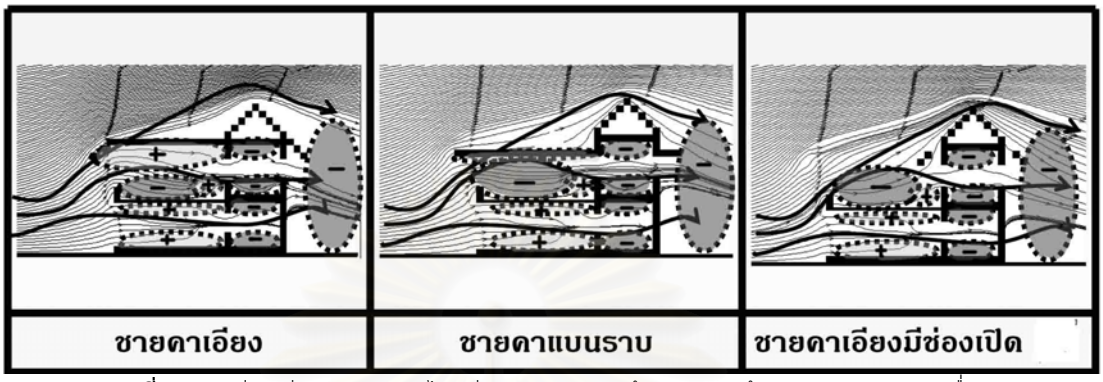


รูปที่ 5-9 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมขานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีรูปทรงหลังคาความชันต่างๆ เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

5. ชายคาทำให้เกิดพื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา ซึ่งจะแปรผันตามรูปแบบและระยะยื่น ความดันอากาศเพิ่มนี้จะกำหนดปริมาณกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าและพื้นที่ชาน ซึ่งมีผลต่อความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

- ชายคาแบบราบทำให้ความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนสูงสุด จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 2.87% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีชายเอียง ทั้งนี้เนื่องจากชายคาแบบเอียงทำให้เกิดความดันอากาศเพิ่มมากกว่าในกรณีชายคาแบบราบ จึงทำให้กระแสลมผ่านเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าของพื้นที่ห้องได้น้อยและมีทิศเบี่ยงเบนขึ้นเหนือพื้นที่ใช้งาน ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนในกรณีชายคาแบบเอียงต่ำกว่าในกรณีชายคาแบบราบ ดังรูปที่ 5-10
- การมีช่องเปิดบริเวณชายคาจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 11.82% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องชั้นบนเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาเป็นชาน ในขณะที่ห้องชั้นล่างและใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีช่องเปิดบริเวณชายคา ทั้งนี้เนื่องจากการมีช่องเปิดบริเวณชายคาจะช่วยลดความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคา กระแสลมจึงสามารถเข้าสู่ชาน

และช่องเปิดลมเข้าของพื้นที่ห้องได้มากขึ้น และไม่เบี่ยงเบนขึ้นเหนือพื้นที่ใช้งาน ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ห้องและชานจึงสูงขึ้น ดังรูปที่ 5-10



รูปที่ 5-10 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีรูปแบบชายคาต่างๆ เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

- ระยะยื่นชายคา 1.00 ม. ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานสูงสุด จะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 30.55% โดยทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีชายคายื่น 2.00 ม. ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อระยะยื่นชายคาเพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นที่ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคาเพิ่มขึ้นด้วย พื้นที่ชานจึงมีความดันอากาศเพิ่มสูงขึ้น กระแสลมจึงเข้าสู่พื้นที่ชานได้น้อยลง ความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ชานจึงลดต่ำลง ดังรูปที่ 5-11

รูปที่ 5-11 เปรียบเทียบลักษณะการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานกลุ่มอาคารต่อเนื่อง กรณีระยะยื่นชายคาต่างๆ เมื่อวางกลุ่มอาคารให้ชานตั้งฉากกับทิศทางกระแสลมภายนอก

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปแนวทางการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานที่มีกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องในปัจจุบัน ได้ดังตารางที่ 5-1

ปัจจัย	ตัวแปรที่ศึกษา	ตัวแปรที่มีประสิทธิภาพสูงสุด	อิทธิพลของตัวแปร
ทิศทางกระแสลมภายนอก	ทิศ 0 องศา, 45 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 225 องศา, 270 องศา	ทิศ 0 องศา	ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารไม่แตกต่างกันในแต่ละทิศทาง โดยกลุ่มลมด้านหน้า (0,45,90) ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มลมด้านหลัง (180,225,270)
ระยะห่างระหว่างอาคารที่บังลมกัน	1 เท่า,1.5 เท่า และ 2 เท่าของความสูงห้อง	2 เท่าของความสูงห้อง	เมื่อระยะห่างระหว่างอาคารเพิ่มขึ้นความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นทุกพื้นที่ โดยเฉพาะชานและใต้ถุน
ปริมาณช่องเปิด	30% ,60% และช่องเปิดลมเข้า 30% +ช่องเปิดลมออก 60%	ช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออก 60%	เมื่อเพิ่มปริมาณช่องเปิดจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องชั้นบนและชานสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ใต้ถุนและห้องชั้นล่างจะไม่เปลี่ยนแปลง
ตำแหน่งช่องเปิด	กลางผนังและแบ่งเป็นช่วงๆ	ตำแหน่งช่องเปิดกลางผนัง	ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในกรณีช่องเปิดในตำแหน่งตรงกลางห้องทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชาน สูงกว่ากรณีช่องเปิดเป็นช่วง ๆ เล็กน้อย
ระดับช่องเปิด	0 ม. , 0.40 ม. และ 0.80 ม.	ระดับช่องเปิด 0 ม.	ช่องเปิดในระดับต่ำจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ห้องทั้งชั้นบน ห้องชั้นล่าง และชานสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง
ช่องเปิดที่พื้น	มีและไม่มีช่องเปิดที่พื้น	มีช่องเปิดที่พื้น	ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยของชานสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่อื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง
ช่องลมเหนือช่องเปิดในลักษณะต่อเนื่อง	มีและไม่มีช่องลมเหนือช่องเปิดในลักษณะต่อเนื่อง	มีช่องลมเหนือช่องเปิดในลักษณะต่อเนื่อง	ช่องลมเหนือช่องเปิดทำให้พื้นที่ห้องชั้นบน ห้องชั้นล่าง และชานมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น โดยพื้นที่ใต้ถุนไม่เปลี่ยนแปลง
ยกพื้นชั้นล่าง	ยกและไม่ยกพื้นชั้นล่าง	ยกพื้นชั้นล่าง	ยกพื้นชั้นล่างทำให้พื้นที่ใต้ถุน ชาน และห้องชั้นบนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น โดยพื้นที่ห้องชั้นล่างไม่เปลี่ยนแปลง
รูปทรงหลังคา	0 องศา, 30 องศา, 45 องศา และ 60 องศา	หลังคามีความชัน 60 องศา	เมื่อหลังคามีความชันเพิ่มขึ้นความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องชั้นบนและใต้ถุนสูงขึ้นในขณะที่พื้นที่ชานและห้องชั้นล่างไม่เปลี่ยนแปลง
รูปแบบชายคา	ราบ,เอียง และเอียง+มีช่องเปิด	ชายคาราบ+มีช่องเปิด	ชายคาแบบราบและการมีช่องเปิดบริเวณชายคา ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในห้องชั้นบนเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่อื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง
ระยะยื่นชายคา	1.00 ม.,1.60 ม. และ2.00 ม.	ระยะยื่นชายคา 1.00 ม	ระยะยื่นชายคาที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ชานลดลง ในขณะที่พื้นที่อื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 5-1 สรุปแนวทางการใช้ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยล้อมชานที่มีกลุ่มอาคารแบบต่อเนื่องในปัจจุบัน

5.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน

การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายๆ ปัจจัยร่วมกัน จึงจะทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารโดยเฉพาะพื้นที่ภายในห้องทั้งสองชั้นมีความเร็วลมเฉลี่ยในระดับที่รู้สึกสบายได้ ซึ่งประกอบด้วย

1. การกำหนดให้วางอาคารโดยให้ชานตั้งฉากกับทิศทางลมเด่น เนื่องจากเป็นทิศที่อาคารมีการบังลมกันน้อย ทำให้พื้นที่อับลมมีน้อย กระแสลมสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ชานและใต้ถุนได้มาก จึงสามารถกระจายลมผ่านเข้าสู่ช่องเปิดลมเข้าและลมออกของพื้นที่ห้องได้มาก

2. การกำหนดให้ใต้ถุนโล่งโดยยกระดับอาคารด้านหลังให้สูงขึ้นจากระดับดินเดิม 1.20 ม. เนื่องจากกลุ่มอาคารล้อมชานจะเกิดความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุน กระแสลมจึงมีทิศทางเบี่ยงออกทางด้านข้าง ทำให้กระแสลมเข้าสู่อาคารด้านหลังได้น้อย การยกอาคารด้านหลังให้สูงกว่ากลุ่มอาคารด้านอื่นๆ นอกจากจะทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลงแล้ว ยังทำให้พื้นที่ความดันอากาศลดด้านหลังอาคารเพิ่มมากขึ้น กระแสลมจึงสามารถเข้าสู่ชานและใต้ถุนมากและแรงขึ้น ซึ่งจะทำให้กระแสลมที่ผ่านเข้าสู่อาคารด้านหลังมากและแรงขึ้น เช่นกัน

3. การกำหนดให้ปริมาณช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออก 60 % ในตำแหน่งกลางผนังและสูงจากระดับพื้นห้อง 0.40 ม.(เนื่องจากเป็นระดับที่มีความสอดคล้องกับการใช้งานและการวางเครื่องเรือนในปัจจุบันมากกว่าระดับพื้น) ร่วมกับการเปิดช่องลมเหนือช่องเปิดในลักษณะต่อเนื่องตลอดความยาวผนังเฉพาะผนังด้านติดกับชาน และผนังภายในกั้นระหว่างห้อง ซึ่งจะทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณผนังด้านปะทะลมลดลง ในขณะเดียวกันก็ทำให้พื้นที่อับลมหลังผนังด้านปะทะลมลดลง เช่นกัน กระแสลมจึงสามารถเข้าสู่พื้นที่ห้องได้เพิ่มมากขึ้น และมีแนวการพัดผ่านในระดับใช้งานมากยิ่งขึ้น

4. การกำหนดให้มีช่องเปิดที่พื้นทั้งด้านข้าง (ระหว่างชานกับห้องชั้นบน) และที่พื้น (ระหว่างชานกับอาคารด้านหลัง) .ในลักษณะยาวต่อเนื่องตลอดความยาวพื้น ซึ่งจะทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานและใต้ถุนลดลง กระแสลมสามารถเข้าสู่ชานและใต้ถุนมากขึ้น การกระจายกระแสลมไปสู่พื้นที่ห้องต่างๆ จึงดีขึ้นด้วย

5. การกำหนดให้หลังคามีความชัน 60 องศา ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันอากาศเพิ่มและลดด้านหน้าและด้านหลังอาคาร กระแสลมจึงเคลื่อนที่ผ่านอาคารด้วยความเร็วลมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอาคารด้านหลัง

6. การกำหนดให้ชายคามีลักษณะราบเหนือช่องเปิดในระดับใช้งาน มีระยะยื่นจากผนัง 1.60 ม.โดยเว้นช่องว่างระหว่างชายคากับผนัง 0.80 ม.ซึ่งจะทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณใต้ชายคาลดลง กระแสลมจึงเข้าสู่ทุกพื้นที่ได้มากยิ่งขึ้น และมีแนวการพัดผ่านในระดับใช้งาน

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ เหล่านี้ จะทำให้ความดันอากาศเพิ่มบริเวณชานใต้ถุน และผนังด้านปะทะลมลดลง ในขณะเดียวกันจะช่วยเพิ่มความดันอากาศลดด้านหลังอาคาร จึงทำให้กระแสลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านอาคารจากด้านหน้าไปสู่ด้านหลังอาคารได้ดีขึ้น การกระจายของกระแสลมไปยังพื้นที่ห้องต่างๆ โดยอาศัยชานและใต้ถุนเป็นช่องลมจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และมีแนวการพัดผ่านในระดับพื้นที่ใช้งานมากยิ่งขึ้น ทำให้ความเร็วลมภายในพื้นที่ต่างๆ สูงขึ้น

ผลจากการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมของบ้านพักอาศัยในปัจจุบันโดยอาศัยส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมดังกล่าวทำให้ได้บ้านพักอาศัยต้นแบบ ที่มีประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลม ดังนี้

1. บ้านพักอาศัยต้นแบบมีการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน โดยทิศทางกระแสลมภายนอกมีอิทธิพลต่อความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารของแต่ละกลุ่มอาคารไม่มากนัก ยกเว้นในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา) เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็วลม 1.35 m/s จะทำให้ความเร็วเฉลี่ยภายในอาคารสูงสุดเท่ากับ 0.28 m/s

2. เมื่อกระแสลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s จะทำให้ความเร็วเฉลี่ยภายในอาคารสูงกว่ากระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ในทุกทิศทาง โดยความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารในทุกทิศทางเมื่อกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s เท่ากับ 0.32 m/s ซึ่งอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ในขณะที่กรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s มีเพียงในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา) เท่านั้นที่ความเร็วลมอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย โดยมีค่าเท่ากับ 0.28 m/s

3. เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0องศา) ด้วยความเร็วลมเท่ากับ 1.35 m/s และ 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแต่ละพื้นที่ในความเร็วลมภายนอกเดียวกันจะไม่แตกต่างกันมากนัก โดยกรณีความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยทุกพื้นที่อยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย โดยพื้นที่ชานจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.08 m/s รองลงมาเป็นใต้ถุนเท่ากับ 0.72 m/s ห้องชั้นล่างเท่ากับ 0.75 m/s และห้องชั้นบนเท่ากับ 0.47 m/s ตามลำดับ ส่วนกรณีความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยเกือบทุกพื้นที่อยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ยกเว้นพื้นที่ห้องชั้นบนที่ความเร็วลมเฉลี่ยจะต่ำกว่าระดับที่รู้สึกสบายเล็กน้อย โดยพื้นที่ชานจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.37 m/s รองลงมาเป็นใต้ถุนเท่ากับ 0.31 m/s ห้องชั้นล่างเท่ากับ 0.30 m/s และห้องชั้นบนเท่ากับ 0.21 m/s ตามลำดับ เช่นกัน

4. เมื่อเปรียบเทียบบ้านพักอาศัยต้นแบบกับบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา พบว่า บ้านพักอาศัยต้นแบบกรณีกระแสลมภายนอกเท่ากับ 1.35 m/s จะมีความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 10 เท่า และกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงขึ้นโดยเฉลี่ยทุกทิศทาง 14 เท่า โดยในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร (0 องศา) กรณีกระแสลมภายนอก

พัดมาด้วยความเร็ว 1.35 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น 6 เท่า และในกรณีกระแสลมภายนอกพัดมาด้วยความเร็ว 2.0 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น 10 เท่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้อาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแม้จะเป็นการจำลองในลักษณะ 3 มิติ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์และระยะเวลาในการประมวลผล ทำให้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดมากๆได้ ดังนั้นหากสามารถสร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดมากกว่านี้ได้ จะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่านี้ได้
2. การวิจัยเป็นการศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยเพียงรูปแบบเดียว ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบบ้านพักอาศัยอีกมากมาย จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับรูปแบบบ้านพักอาศัยอื่นๆต่อไป
3. การจำลองสถานการณ์อาศัยข้อมูลความเร็วลมภายนอกเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วลมทั้งปีของพื้นที่ภาคกลาง ในสถานการณ์จริง ความเร็วลมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา บางครั้งมีค่าสูง และต่ำกว่าค่าที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นเพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องแม่นยำจึงควรมีการจำลองสถานการณ์โดยใช้ค่าความเร็วลมที่สูงและต่ำกว่าค่าเฉลี่ยด้วย
4. งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะปัจจัยที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยมีประสิทธิภาพและปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน จึงไม่ครอบคลุมในบางปัจจัยที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารเช่นกัน ได้แก่ ปัจจัยแผงดักลมและปัจจัยปล่องดักลม (wind scoop) ซึ่งควรได้รับการศึกษาต่อไป
5. เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการระบายอากาศเนื่องจากแรงลม ไม่ได้ครอบคลุมถึงการระบายอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในกรณีที่ใช้การระบายอากาศทั้งสองแบบพร้อมกันต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กีรติ ลีวัจนกุล. **อุทกวิทยา**. กรุงเทพฯ: สยามสเตชั่นเนอร์ซัพพลาย, 2543.

จตุวัฒน์ วโรดม. **การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. เครื่องช่วย(สลาย)ฝันสถาปนิก : การคำนวณพลศาสตร์ของไหล. **ใน สร้างสรรค์อาคารสบาย**, หน้า 8-1-8-10. กรุงเทพฯ: อุดมศึกษา, 2547.

โชติ กัลยาณมิตร. **สถาปัตยกรรมแบบไทยเดิม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2539.

ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรติมั่น และปริมลาภ วสุวัต. **ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน**. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ประเสริฐ วิทยารัฐ. **ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.), 2545.

พัชรินทร์ มณีรัตน์. **แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวเพื่อการประหยัดพลังงานโดยเน้นการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ กรณีศึกษา:โครงการบ้านจัดสรรในเขตกรุงเทพมหานครรอบนอก**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

มาลินี ศรีสุวรรณ. **การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543.

ฤทัย ใจจงรักษ์. **เรือนไทยเดิม**. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2536.

สมสิทธิ์ นิตยะ. การประหยัดพลังงาน: การระบายอากาศด้วยปล่อง. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ประจำปีการศึกษา 2523, หน้า 126-170.

สมสิทธิ์ นิตยะ. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค. **รายงานผลการวิจัย การวิเคราะห์ภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย**. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

สุวิภาดา บุรพกรณ์. **การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศสำหรับอาคารพักอาศัยประเภททาวเฮาส์ (Townhouse)**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมภายใน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.

ภาษาอังกฤษ

Allard, F. **Natural ventilation in building a design handbook**. UK: European Commission Directorate General for Energy Altener Program, 1998.

Brown, G. Z. **Sun, Wind, and Light : Architectural design strategies**. New York: John Wiley & Sons, 2001.

Brown, G.Z. **Insideout: design procedure for passive environmental technologies**. 2nd ed. New York; John Wiley & Sons, 1992.

Givoni, B. **Man Climate and Architecture**. London: Applied Science Publishers Ltd., 1969.

Givoni, B. **Passive and low energy cooling of Building**. New York: Nostrand Reinhold, 1994.

Kindangen,J. Krauss,G. and Depecker,P. Effects of Roof Shapes on Wind-Induced Air Motion Inside Buildings. **Building and Environment Vol 32 No.1(pp.1-11)**. Great Britain: Elsevier Science, 1997.

Kitprasert,S. **Passive Energy Efficiency for High Density Housing in a Tropical Climate**. A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of Tray New York, 1985.

Moore, F. **Environment Control Systems: Heating Cooling Lighting**. New York: McGraw-Hill, 1993.

Olgyay, V. **Design with Climate : Bioclimatic approach to architectural regionalism**. Forth Printing. New Jersey: Printon University Press, 1961.

Stein, B. and Reynolds, J.S. **Mechinical and electrical equipment for building**. 8 th ed. New York: John Wiley&Sons, 1992.

Sutthipong boonyou. **Natural ventilation in office buildings in business district of Bangkok**. Master's thesis, school of architectural studies the university of Sheffield,1999.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Condition Engineering. **ASHRAE Handbook of Fundamentals**. SI Edition. Atlanta: ASHRAE, 2001.

Watson, D; FAIA and Kenneth Labs. **Climatic design**. McGraw, 1983.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก-1 ข้อมูลสรุปของความเร็วลมและข้อมูลสรุปจำแนกความถี่ในแต่ละทิศทางที่เกิดลมรายเดือนแต่ละจังหวัดในเขตพื้นที่ภาคกลาง

จังหวัด	ลม	เดือน												
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	ตค.	ตค.	พย.	ธค.	เฉลี่ย
กรุงเทพมหานคร	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	1.3	2.2	2.6	2.2	1.8	2.1	1.9	1.9	1.2	1.1	1.3	1.3	1.74
	ทิศทางลมเด่น	NE	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	S,SW
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	9.3	15.9	25.7	10.3	9.3	10.3	11.8	13.9	10.3	41.1	9.3	11.3	41.1
กาญจนบุรี	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	0.6	0.9	1.1	1.1	1	1	1.1	1.2	0.8	0.6	0.9	0.9	0.93
	ทิศทางลมเด่น	NE	SE	SE	W	W	W	W	W	W	NE	NE	NE	W
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	7.2	7.7	8.2	14.4	15.4	8.2	9.8	10.3	8.2	9.3	11.3	8.2	15.4
นครสวรรค์	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	0.9	2	2.8	2.5	1.7	1.8	1.5	1.3	0.7	0.7	0.7	0.8	1.45
	ทิศทางลมเด่น	E	S	S	S	S	S	S	S	S	NE	NE	NE	S
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	9.3	12.9	11.8	13.9	11.3	10.3	10.3	10.3	7.7	8.7	7.7	7.2	13.9
ชัยนาท	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	1.3	1.4	1.6	1.4	1.2	1.2	1.4	1.3	1	1	1.4	1.5	1.31
	ทิศทางลมเด่น	E	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	E	E	E	SW
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	16.2	16.2	38.1	16.2	16.2	21.9	14.3	28.6	47.6	21.9	14.3	36.2	47.6
ประจวบคีรีขันธ์	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	1.6	1.9	2.1	2.2	2	2.2	2.3	2.3	1.8	1.4	2.1	2.5	2.03
	ทิศทางลมเด่น	NE	S	S	S	W	W	W	W	W	N,NE	N	N	W
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	10.3	9.3	10.3	10.3	26.2	10.8	11.3	10.8	30.8	10.3	10.3	12.9	30.8
เพชรบุรี	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	1.1	1.2	0.63
	ทิศทางลมเด่น	E	E	S,SW	S	S	W	W	W	W	E	E	E	E
	ความเร็วลมสูงสุด (m/s)	9.3	7.7	9.3	6.7	7.7	25.7	18	30.8	18	10.3	8.2	10.3	30.8

หมายเหตุ N = ทิศเหนือ NE=ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ E=ทิศตะวันออก SE=ทิศตะวันออกเฉียงใต้ S=ทิศใต้ SW=ทิศตะวันตกเฉียงใต้ W=ทิศตะวันตก NW=ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ตารางที่ ก-1 แสดงข้อมูลสรุปของความเร็วลมแต่ละจังหวัดในเขตพื้นที่ภาคกลาง

จังหวัด	เดือน	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	รวม
เพชรบุรี	มค.	3.70	10.80	10.70	3.80	9.20	7.70	2.90	0.90	49.70
	กพ.	1.20	3.20	6.10	3.30	29.60	19.50	6.10	0.50	69.50
	มีค	1.20	1.50	2.40	3.60	37.70	22.60	6.90	0.60	76.50
	เมย	1.00	1.50	2.40	3.60	32.50	20.00	7.60	1.20	69.80
	พค	1.20	1.30	2.30	4.10	21.80	16.10	10.20	1.80	58.80
	มิย	0.40	0.20	0.60	1.60	18.30	20.30	17.70	3.60	62.70
	กค	0.60	0.40	0.70	1.90	15.90	20.50	16.60	3.30	59.90
	สค	0.50	0.30	0.60	1.00	13.20	21.70	18.30	4.20	59.80
	กย	2.10	2.00	2.70	1.70	7.30	11.90	11.30	3.10	42.10
	ตค	7.00	9.50	6.20	2.00	4.20	4.10	3.50	2.70	39.20
	พย	12.80	17.10	10.00	2.00	1.60	1.20	1.50	2.20	48.40
	ธค	14.80	17.10	11.20	2.40	1.60	1.20	0.80	2.90	52.00
ประจวบคีรีขันธ์	มค.	3.50	8.60	5.30	5.10	1.30	2.90	4.00	0.60	31.30
	กพ.	1.40	4.10	8.10	11.80	3.90	6.00	5.60	0.80	41.70
	มีค	0.60	2.70	7.20	14.20	4.40	7.30	8.10	0.80	45.30
	เมย	1.00	1.80	4.90	10.00	4.80	11.20	12.30	2.60	48.60
	พค	0.70	1.10	2.70	5.50	4.20	12.50	15.70	2.20	44.60
	มิย	0.10	0.10	0.50	1.80	4.60	16.20	19.00	1.80	44.10
	กค	0.10	0.20	0.30	1.10	3.10	18.30	22.50	2.40	48.00
	สค	0.10	0.00	0.30	1.30	3.70	17.70	24.20	2.10	49.40
	กย	0.70	1.80	1.30	2.00	2.50	12.40	17.60	2.50	40.80
	ตค	4.60	8.40	3.00	1.90	0.90	4.50	6.50	1.90	31.70
	พย	9.40	16.90	2.50	0.80	0.50	2.10	3.00	1.00	36.20
	ธค	9.60	16.60	2.50	1.00	0.60	1.80	2.60	0.90	35.60
ชุมพร	มค.	2.60	4.90	7.80	5.60	5.70	3.90	1.20	1.10	32.80
	กพ.	1.30	2.60	4.50	5.80	28.00	12.50	2.90	0.90	58.50
	มีค	1.30	1.70	3.20	5.40	41.10	16.10	2.30	1.30	72.40
	เมย	1.60	2.20	3.40	5.30	35.70	15.00	2.90	1.60	67.70
	พค	1.20	2.40	2.60	4.80	26.20	11.10	3.50	1.40	53.20
	มิย	0.50	1.00	0.60	2.50	25.50	18.50	5.10	1.50	55.20
	กค	1.10	1.50	0.90	2.90	21.80	16.20	4.60	2.00	51.00
	สค	0.70	1.30	1.00	2.50	19.00	13.50	4.10	1.40	43.50
	กย	1.70	2.80	3.30	2.90	8.90	6.20	1.90	1.70	29.40
	ตค	2.70	7.20	6.50	2.70	3.70	2.00	0.90	1.90	27.60
	พย	4.70	10.40	7.30	1.40	0.70	0.50	0.40	1.50	26.90
	ธค	4.70	10.70	7.40	1.90	1.00	0.90	0.40	1.70	28.70
ราชบุรี	มค.	2.40	8.00	17.70	2.90	2.90	4.90	8.20	6.70	53.70
	กพ.	0.70	2.60	7.60	2.40	11.20	17.60	12.90	5.00	60.00
	มีค	0.40	1.10	4.80	2.40	18.10	23.00	11.70	3.70	65.20
	เมย	0.70	1.00	4.50	3.00	17.20	18.70	10.10	3.70	58.90
	พค	0.40	0.70	4.30	2.50	13.80	16.20	10.10	3.80	51.80
	มิย	0.10	0.20	1.10	1.00	11.60	25.90	12.20	2.60	54.70
	กค	0.20	0.20	0.60	0.80	10.80	25.00	14.60	4.20	56.40
	สค	0.10	0.20	0.60	0.70	9.60	26.10	15.00	3.80	56.10
	กย	0.80	1.30	2.40	1.50	5.50	15.50	11.80	6.80	45.60
	ตค	2.60	8.50	12.60	3.00	2.60	4.00	5.10	5.60	44.00
	พย	4.80	17.40	24.30	3.40	0.90	0.80	1.90	3.20	56.70
	ธค	4.90	18.20	26.20	2.60	0.40	0.90	2.20	4.40	59.80
กาญจนบุรี	มค.	8.40	13.70	6.60	9.60	8.30	0.50	0.70	4.10	51.90
	กพ.	2.70	3.70	2.40	11.90	24.60	3.00	2.70	1.50	52.50
	มีค	1.60	1.50	1.30	11.40	30.80	4.70	4.20	2.20	57.70
	เมย	0.80	1.40	2.10	14.40	24.20	5.70	7.80	3.20	59.60
	พค	0.70	0.50	1.40	9.60	15.90	8.30	17.60	4.20	58.20
	มิย	0.20	0.00	0.40	3.40	8.10	16.00	35.50	4.50	68.10
	กค	0.30	0.30	0.30	2.90	7.00	14.30	39.00	5.30	69.40
	สค	0.30	0.10	0.40	2.90	5.20	15.90	42.30	5.60	72.70
	กย	1.10	1.50	1.60	6.90	4.60	9.30	30.00	6.00	61.00
	ตค	10.00	9.90	5.00	6.60	3.60	2.80	7.00	4.50	49.40
	พย	26.50	23.00	5.20	3.30	1.00	0.30	0.90	3.90	64.10
	ธค	29.70	26.80	4.40	2.60	1.30	0.00	0.00	3.70	68.50
สุพรรณบุรี	มค.	1.70	5.70	15.50	1.60	0.70	0.40	0.20	0.50	26.30
	กพ.	0.80	2.90	6.90	1.40	3.80	3.60	4.60	0.70	24.70
	มีค	0.60	1.90	3.40	2.60	5.80	5.60	4.70	1.10	25.70
	เมย	0.70	1.20	3.40	2.20	6.40	2.90	3.00	1.30	21.10
	พค	1.00	1.30	3.60	1.90	4.70	1.90	3.60	1.90	19.90
	มิย	0.40	0.50	1.00	0.90	4.00	2.80	6.20	1.50	17.30
	กค	0.40	0.30	0.80	1.00	2.60	3.20	6.90	2.90	18.10
	สค	0.50	0.30	0.30	0.70	3.30	3.80	7.40	2.90	19.20
	กย	0.80	0.90	2.40	1.50	2.50	1.80	5.30	2.90	18.10
	ตค	2.20	6.20	12.00	2.60	1.90	0.60	2.00	1.40	28.90
	พย	3.70	12.80	18.70	2.50	0.50	0.20	0.50	0.60	39.50
	ธค	3.00	12.60	22.10	1.40	0.10	0.00	0.10	0.30	39.60

ตารางที่ ก-2 แสดงการจำแนกความถี่ในแต่ละทิศทางที่เกิดลมรายเดือนแต่ละจังหวัดในเขตพื้นที่ภาคกลาง

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-1 ข้อมูลความเร็วของกระแสลมที่วัดได้จากเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometer) กับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick)ในตำแหน่งเดียวกัน ในช่วงความเร็วลม ตั้งแต่ 0-5 m/s จำนวน 100 ครั้ง

ลำดับ	ความเร็วลม (m/s)		ลำดับ	ความเร็วลม (m/s)		ลำดับ	ความเร็วลม (m/s)		ลำดับ	ความเร็วลม (m/s)	
	Testo	Anemometer		Testo	Anemometer		Testo	Anemometer		Testo	Anemometer
1	0.43	0.21	26	1.51	0.82	51	2.53	2.63	76	3.72	3.86
2	0.45	0.53	27	1.51	0.95	52	2.56	2.77	77	3.83	4.54
3	0.46	0.32	28	1.53	1.47	53	2.63	2.64	78	3.83	3.98
4	0.48	0.37	29	1.63	1.24	54	2.66	3.01	79	3.93	4.38
5	0.50	0.35	30	1.76	1.94	55	2.81	3.50	80	3.96	4.85
6	0.51	0.30	31	1.82	1.73	56	2.82	3.38	81	4.03	4.03
7	0.57	0.22	32	1.86	1.78	57	2.86	2.78	82	4.08	4.97
8	0.63	0.45	33	1.88	1.81	58	3.11	3.27	83	4.08	4.98
9	0.63	0.32	34	1.89	2.07	59	3.15	3.22	84	4.13	4.48
10	0.69	0.76	35	1.91	1.82	60	3.25	3.25	85	4.20	4.89
11	0.70	0.43	36	1.92	1.98	61	3.30	3.88	86	4.45	4.28
12	0.70	0.29	37	1.92	2.06	62	3.37	3.27	87	4.53	4.61
13	0.74	0.16	38	1.98	2.02	63	3.38	3.56	88	4.58	4.46
14	0.75	0.30	39	2.01	2.32	64	3.42	3.39	89	4.63	4.80
15	0.76	0.44	40	2.05	2.09	65	3.44	4.03	90	4.66	4.22
16	0.77	0.72	41	2.15	1.91	66	3.45	3.42	91	4.66	4.20
17	0.78	0.28	42	2.15	2.03	67	3.45	3.07	92	4.69	4.33
18	0.86	1.19	43	2.19	2.72	68	3.45	3.63	92	4.76	5.03
19	0.88	0.51	44	2.20	2.81	69	3.47	3.44	94	4.89	5.06
20	0.88	0.31	45	2.27	2.39	70	3.49	3.13	95	4.89	5.09
21	0.89	0.31	46	2.33	2.00	71	3.59	3.35	96	4.95	5.24
22	0.91	0.30	47	2.36	2.34	72	3.65	3.52	97	5.03	5.33
23	1.08	0.60	48	2.40	2.09	73	3.66	3.69	98	5.07	5.37
24	1.16	1.33	49	2.40	2.12	74	3.71	3.85	99	5.12	5.48
25	1.42	1.11	50	2.49	2.66	75	3.71	4.04	100	5.52	5.78

ตารางที่ ข-1 แสดงข้อมูลความเร็วของกระแสลมที่วัดได้จากเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometer) กับ เครื่องวัดความเร็วลมแบบแท่ง ยี่ห้อ Testo (Testo 405-V1 velocity stick)ในตำแหน่งเดียวกัน ในช่วงความเร็วลม ตั้งแต่ 0-5 m/s จำนวน 100 ครั้ง

ข-2 ข้อมูลกระแสลมภายในและภายนอกของเรือนไทยกรณีศึกษาจากสถานที่จริง

ตำแหน่ง	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		ความเร็วลม (m/s)	ทิศทาง	ความเร็วลม(m/s)	ทิศทาง
1C	10:27:00	1.71	217.52	0.42	
1C	10:28:00	2.01	213.69	0.75	
1C	10:29:00	2.24	225.51	0.60	
1C	10:30:00	2.53	233.73	0.58	
1C	10:31:00	3.06	230.21	0.78	
1B	10:32:00	2.91	234.34	0.91	
1B	10:33:00	3.59	220.20	1.23	
1B	10:34:00	2.70	238.63	0.79	
1B	10:35:00	2.92	245.96	0.92	
1A	10:36:00	2.02	240.69	0.50	
1A	10:37:00	2.05	222.38	0.94	
1A	10:39:00	3.12	231.75	1.14	
1A	10:40:00	1.83	233.42	0.49	
1A	10:41:00	2.51	226.76	0.29	
1D	10:42:00	0.48	211.97	0.18	
1D	10:43:00	0.93	228.02	0.13	
1D	10:44:00	2.14	220.17	0.30	
1D	10:45:00	1.50	223.11	0.44	
1D	10:46:00	0.27	209.87	0.11	
1E	10:47:00	0.32	114.34	0.27	
1E	10:48:00	1.11	160.32	0.16	
1E	10:49:00	1.06	203.38	0.15	
1E	10:51:00	0.51	206.31	0.14	
1E	10:52:00	1.13	222.39	0.14	
1F	10:54:00	1.27	237.26	0.15	
1F	10:55:00	1.19	201.51	0.13	
1F	10:56:00	0.60	196.02	0.07	
1F	10:57:00	1.29	256.67	0.70	
1F	10:58:00	1.92	220.08	0.40	
1G	10:59:00	1.17	226.72	0.19	
1G	11:00:00	1.70	223.26	0.21	
1G	11:01:00	3.18	234.38	0.45	
1G	11:02:00	1.72	246.23	0.41	
1G	11:03:00	1.91	227.01	0.29	
1J	11:04:00	2.88	232.38	0.39	
1J	11:05:00	2.49	237.09	0.25	
1J	11:06:00	1.98	236.70	0.10	
1J	11:07:00	0.73	240.13	0.21	
1J	11:08:00	0.43	174.07	0.32	
1K	11:09:00	1.00	200.29	0.96	
1K	11:10:00	1.02	164.32	0.15	
1K	11:11:00	0.72	189.21	0.24	
1K	11:12:00	1.01	150.76	0.08	
1K	11:13:00	0.76	197.24	0.30	
1H	11:14:00	1.16	220.00	0.29	
1H	11:15:00	1.55	213.17	0.58	
1H	11:16:00	1.62	242.86	0.16	
1H	11:17:00	3.31	238.65	2.25	
1H	11:18:00	3.38	239.49	1.92	
1I	11:19:00	2.74	246.43	1.17	
1I	11:20:00	1.43	182.13	0.17	
1I	11:21:00	2.01	208.64	0.74	
1I	11:22:00	2.75	228.09	0.89	
1I	11:23:00	1.96	219.48	1.36	
1L	11:25:00	0.27	181.57	0.17	
1L	11:26:00	0.19	164.58	0.16	
1L	11:27:00	0.49	227.22	0.29	
1L	11:28:00	1.45	177.67	0.12	
1L	11:29:00	0.45	221.47	0.16	
1M	11:30:00	1.37	229.92	1.29	
1M	11:31:00	1.48	213.92	1.28	
1M	11:32:00	2.10	240.96	0.70	
1M	11:33:00	1.43	229.95	0.83	
1M	11:34:00	1.37	220.38	0.53	

ตารางที่ ข-2 แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก ทิศทางกระแสลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษา โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		(m/s)	ทิศทาง	(m/s)	ทิศทาง
1C	11:38:00	0.75	237.76	0.11	
1C	11:39:00	2.48	245.84	0.48	
1C	11:40:00	2.75	238.25	1.37	
1C	11:41:00	1.87	233.76	0.37	
1C	11:42:00	1.95	222.43	0.26	
1B	11:43:00	1.61	232.17	0.61	
1B	11:44:00	2.01	223.74	1.17	
1B	11:45:00	1.73	228.99	0.88	
1B	11:46:00	2.18	241.82	0.69	
1B	11:47:00	1.77	229.68	1.06	
1A	11:52:00	0.46	213.76	1.53	
1A	11:53:00	1.64	215.20	0.55	
1A	11:54:00	1.77	235.25	0.74	
1A	11:55:00	2.03	221.82	1.48	
1A	11:56:00	0.49	217.01	0.08	
1D	11:58:00	1.51	226.59	0.87	
1D	11:59:00	2.72	224.48	1.04	
1D	12:00:00	2.94	226.01	0.94	
1D	12:01:00	2.04	225.27	0.66	
1D	12:02:00	2.32	244.16	0.44	
1E	12:03:00	2.29	244.47	1.14	
1E	12:04:00	1.80	233.65	0.31	
1E	12:05:00	1.76	214.69	0.29	
1E	12:06:00	1.11	239.19	0.21	
1E	12:07:00	1.19	255.54	0.16	
1F	12:08:00	2.46	251.76	0.74	
1F	12:09:00	1.93	226.47	0.17	
1F	12:10:00	1.80	263.26	0.42	
1F	12:11:00	2.15	258.92	0.69	
1F	12:12:00	2.12	258.95	0.07	
1G	12:13:00	1.14	221.91	0.20	
1G	12:14:00	0.87	225.91	0.17	
1G	12:15:00	2.60	225.30	0.62	
1G	12:16:00	2.67	225.47	0.51	
1G	12:17:00	2.41	214.65	0.76	
1J	12:18:00	2.85	233.54	0.29	
1J	12:19:00	1.23	237.98	0.15	
1J	12:20:00	1.34	251.11	0.36	
1J	12:21:00	1.45	227.42	0.27	
1J	12:22:00	1.36	211.05	0.16	
1K	12:23:00	0.84	219.50	0.14	
1K	12:24:00	1.07	215.97	0.34	
1K	12:25:00	2.33	222.36	0.29	
1K	12:26:00	1.43	224.65	0.26	
1K	12:27:00	1.71	234.34	0.21	
1L	12:28:00	2.22	221.92	0.64	
1L	12:29:00	3.57	220.65	0.69	
1L	12:30:00	1.81	214.23	0.45	
1L	12:31:00	2.91	218.35	0.60	
1L	12:32:00	2.12	209.63	0.26	
1M	12:33:00	2.76	224.84	1.06	
1M	12:34:00	3.26	239.77	1.10	
1M	12:35:00	1.29	254.47	1.88	
1M	12:36:00	1.09	213.23	0.24	
1M	12:37:00	3.02	215.51	2.76	
1I	12:39:00	2.61	226.47	0.80	
1I	12:40:00	1.66	242.43	0.29	
1I	12:41:00	2.59	227.36	1.41	
1I	12:42:00	2.18	225.52	0.44	
1I	12:43:00	1.99	227.91	1.66	
1H	12:44:00	2.57	222.31	0.70	
1H	12:45:00	1.74	213.47	0.36	
1H	12:46:00	1.53	236.97	0.19	
1H	12:47:00	0.97	256.31	0.31	
1H	12:48:00	2.63	205.75	1.15	

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก ทิศทางกระแสลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษา โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		(m/s)	ทิศทาง	(m/s)	ทิศทาง
2B	13:38:00	1.24	164.37	0.04	
2B	13:40:00	3.05	229.51	0.14	
2B	13:41:00	2.78	210.16	0.11	
2B	13:42:00	1.63	203.36	0.05	
2A	13:43:00	3.52	216.67	0.33	
2A	13:44:00	2.01	220.73	0.08	
2A	13:45:00	2.61	230.55	0.11	
2A	13:46:00	3.14	218.75	0.28	
2A	13:47:00	3.24	219.97	0.12	
2C	13:48:00	2.42	230.67	0.04	
2C	13:49:00	2.06	232.18	0.22	
2C	13:50:00	2.15	229.40	0.07	
2C	13:51:00	2.85	217.82	0.10	
2C	13:52:00	2.62	217.45	0.09	
2J	13:53:00	2.57	232.18	0.05	
2J	13:54:00	3.34	233.68	0.05	
2J	13:55:00	3.91	216.81	0.09	
2J	13:56:00	3.83	222.49	0.08	
2J	13:57:00	2.63	219.39	0.07	
2I	13:58:00	3.98	221.53	0.41	
2I	13:59:00	2.89	222.36	0.23	
2I	14:00:00	1.82	238.03	0.36	
2I	14:01:00	2.01	214.27	0.97	
2I	14:02:00	3.10	226.68	0.26	
2H	14:03:00	3.35	225.65	0.56	
2H	14:04:00	1.51	236.01	0.04	
2H	14:06:00	2.52	224.82	0.09	
2H	14:07:00	2.90	206.95	0.14	
2H	14:08:00	3.01	203.88	0.04	
2G	14:09:00	1.29	213.72	1.14	
2G	14:10:00	2.19	232.45	0.87	
2G	14:11:00	1.42	208.39	0.10	
2G	14:12:00	1.26	230.43	0.14	
2G	14:13:00	2.64	216.32	0.41	

	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		(m/s)	ทิศทาง	(m/s)	ทิศทาง
2F	14:14:00	1.35	208.43	0.16	
2F	14:15:00	1.55	170.69	0.49	
2F	14:17:00	0.95	189.16	0.13	
2F	14:18:00	1.55	210.27	0.70	
2F	14:19:00	1.15	221.26	1.15	
2E	14:21:00	2.29	213.93	1.22	
2E	14:22:00	2.90	223.81	0.30	
2E	14:23:00	2.04	222.53	0.24	
2E	14:24:00	2.21	240.33	0.88	
2E	14:25:00	2.59	252.58	0.31	
2D	14:26:00	2.19	247.15	0.26	
2D	14:27:00	1.92	228.44	0.16	
2D	14:28:00	2.74	254.99	0.28	
2D	14:29:00	3.63	228.14	0.28	
2D	14:30:00	4.46	239.82	0.40	
2K	14:31:00	2.64	233.27	0.28	
2K	14:32:00	2.68	242.19	0.15	
2K	14:33:00	2.43	247.38	0.23	
2K	14:34:00	2.94	231.08	0.27	
2K	14:35:00	3.04	219.48	0.61	
2L	14:36:00	3.28	222.63	0.66	
2L	14:37:00	2.52	226.26	0.19	
2L	14:38:00	1.94	223.26	0.62	
2L	14:39:00	2.50	220.29	1.41	
2L	14:40:00	4.79	218.69	0.43	
2M	14:41:00	3.93	220.01	0.11	
2M	14:42:00	3.73	212.94	0.09	
2M	14:43:00	3.29	217.65	0.11	
2M	14:44:00	3.18	223.46	0.00	
2M	14:45:00	2.43	217.80	0.01	
2N	14:46:00	2.61	228.24	0.24	
2N	14:47:00	3.98	221.03	0.32	
2N	14:48:00	3.89	230.24	0.28	
2N	14:49:00	3.28	226.68	0.23	
2N	14:51:00	2.69	227.29	0.18	

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก ทิศทางกระแสลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษา โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		(m/s)	ทิศทาง	(m/s)	ทิศทาง
2B	14:55:00	3.64	223.04	0.22	
2B	14:56:00	1.65	204.27	0.61	
2B	14:57:00	2.37	229.77	0.13	
2B	14:58:00	3.21	223.09	0.31	
2B	14:59:00	3.34	224.61	0.32	
2A	15:00:00	3.87	210.63	0.46	
2A	15:01:00	3.35	207.32	0.14	
2A	15:02:00	3.24	218.27	0.16	
2A	15:03:00	3.20	232.65	0.13	
2A	15:04:00	3.25	220.15	0.24	
2C	15:05:00	3.08	213.71	0.28	
2C	15:06:00	1.40	214.02	0.72	
2C	15:07:00	0.73	221.99	0.01	
2C	15:08:00	1.74	212.65	0.48	
2C	15:09:00	3.49	217.47	0.06	
2K	15:12:00	5.27	208.65	0.17	
2K	15:14:00	4.49	215.76	0.39	
2K	15:15:00	4.27	222.68	0.80	
2K	15:16:00	3.28	212.47	0.32	
2K	15:17:00	3.78	213.83	0.91	
2L	15:18:00	2.68	223.60	0.20	
2L	15:19:00	3.60	220.09	0.19	
2L	15:20:00	3.81	222.92	0.29	
2L	15:21:00	3.41	216.59	0.95	
2L	15:22:00	3.11	228.91	0.25	
2M	15:23:00	2.59	229.47	0.07	
2M	15:25:00	2.80	248.73	0.01	
2M	15:26:00	2.19	225.95	0.02	
2M	15:27:00	2.13	243.77	0.00	
2M	15:28:00	2.41	238.89	0.13	
2J	15:30:00	1.65	238.47	0.05	
2J	15:31:00	1.61	243.93	0.01	
2J	15:32:00	1.89	228.21	0.16	
2J	15:33:00	2.94	223.19	0.15	
2J	15:34:00	2.87	221.30	0.06	

	เวลา	กระแสลมภายนอก		กระแสลมภายใน	
		(m/s)	ทิศทาง	(m/s)	ทิศทาง
2I	15:36:00	4.35	217.49	0.37	
2I	15:37:00	3.67	220.23	0.31	
2I	15:38:00	2.76	217.05	0.23	
2I	15:39:00	2.46	219.31	0.70	
2I	15:40:00	3.07	214.30	1.88	
2H	15:41:00	3.79	210.01	0.28	
2H	15:42:00	3.53	221.71	0.28	
2H	15:43:00	1.41	228.88	0.42	
2H	15:44:00	2.37	231.69	0.22	
2H	15:45:00	2.89	219.01	0.18	
2G	15:46:00	3.19	213.80	0.45	
2G	15:47:00	3.58	214.49	0.45	
2G	15:48:00	3.35	211.10	0.37	
2G	15:49:00	4.20	217.19	0.18	
2G	15:50:00	2.05	226.16	0.61	
2N	15:51:00	2.30	220.96	0.61	
2N	15:52:00	3.52	226.34	0.63	
2N	15:53:00	2.14	234.97	0.52	
2N	15:54:00	2.75	227.13	0.56	
2N	15:55:00	2.50	239.08	0.11	
2F	15:56:00	2.11	225.95	0.18	
2F	15:57:00	2.76	229.98	0.17	
2F	15:58:00	1.91	224.20	0.15	
2F	15:59:00	3.05	222.50	0.41	
2F	16:00:00	4.54	222.25	0.45	
2D	16:01:00	3.62	211.19	0.04	
2D	16:02:00	2.82	225.45	0.17	
2D	16:03:00	2.19	226.38	0.53	
2D	16:04:00	2.69	229.31	0.81	
2D	16:05:00	1.92	230.77	0.18	
2E	16:06:00	3.53	217.92	0.39	
2E	16:07:00	2.59	227.16	0.27	
2E	16:09:00	3.87	215.70	0.15	
2E	16:10:00	3.15	209.60	0.33	
2E	16:11:00	3.10	219.36	0.28	

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก ทิศทางกระแสลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษา โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

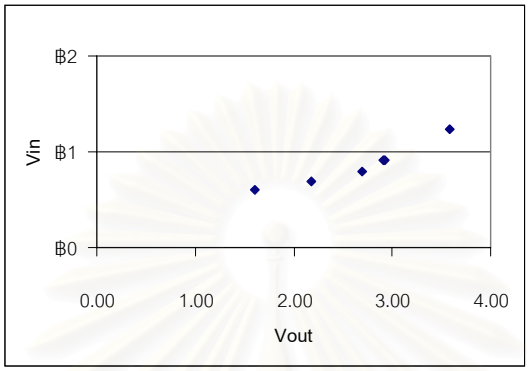
ตำแหน่ง	ชุดข้อมูลความเร็วลม (m/s)																			
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}
1A	2.02	0.50	2.05	0.94	3.12	1.14	1.83	0.49	2.51	0.29	0.46	1.53	1.64	0.55	1.77	0.74	2.03	2.48	0.49	1.08
1B	2.91	0.91	3.59	1.23	2.70	0.79	2.92	0.92	-	-	1.61	0.61	2.01	1.17	0.73	0.88	2.18	0.69	1.69	1.06
1C	1.71	0.42	2.01	0.75	2.24	0.60	2.53	0.58	3.06	0.78	0.75	0.11	2.48	0.48	2.75	0.37	1.87	0.37	1.95	0.26
1D	0.48	0.18	0.93	0.13	2.14	0.30	1.50	0.44	0.27	0.11	1.51	0.87	2.72	1.04	2.94	0.94	1.04	0.66	2.32	0.44
1E	-	-	-	-	1.06	0.15	0.51	0.14	1.13	0.14	2.29	1.14	1.80	0.31	1.76	0.29	1.11	0.21	-	-
1F	1.27	0.15	-	-	-	-	-	-	1.92	0.40	-	-	1.93	0.17	-	-	-	-	-	-
1G	1.17	0.19	1.70	0.21	3.18	0.45	1.72	0.41	1.91	0.29	1.14	0.20	0.87	0.17	2.60	0.62	2.67	0.51	2.41	0.76
1H	1.00	0.29	1.44	0.37	1.52	0.16	3.40	2.25	3.48	0.69	2.58	0.70	1.65	0.36	1.42	0.19	0.79	0.31	2.64	1.15
1I	2.77	1.17	-	-	1.95	0.74	2.78	0.89	1.90	1.36	2.61	0.80	1.66	0.29	2.59	1.41	2.18	.044	1.99	1.66
1J	2.88	0.39	2.49	0.25	1.98	0.10	0.73	0.12	-	-	2.85	0.29	1.23	0.15	1.34	0.36	1.45	0.27	1.36	0.16
1K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	0.14	1.07	0.34	2.33	0.29	1.43	0.26	1.71	0.21
1L	-	-	-	-	0.49	0.29	-	-	0.45	0.14	2.22	0.51	3.57	0.96	1.81	0.45	2.91	1.90	2.12	1.06
1M	1.37	1.29	-	-	2.10	0.70	1.43	0.83	1.37	0.53	2.79	1.06	3.26	1.10	1.29	1.88	1.09	0.24	3.02	2.76

ตารางที่ ข-3 แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษาที่ระดับความสูง 1.20 ม. เฉพาะเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

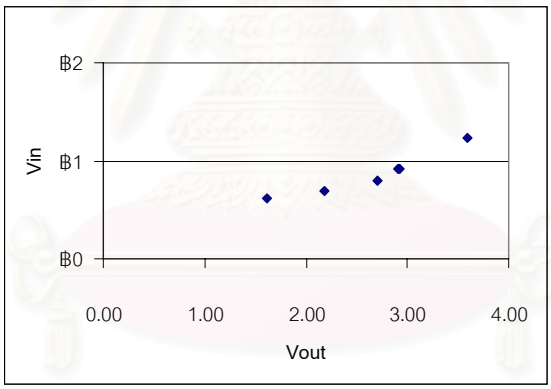
ตำแหน่ง	ชุดข้อมูลความเร็วลม (m/s)																			
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}	V_{out}	V_{in}
2A	3.52	0.33	2.01	0.08	2.61	0.11	3.14	0.28	3.24	0.12	3.87	0.46	3.35	0.14	3.24	0.16	3.20	0.13	3.25	0.24
2B	-	-	1.24	0.04	3.05	0.14	2.78	0.11	1.63	0.05	3.64	0.22	1.65	0.61	2.37	0.13	3.21	0.31	3.34	0.32
2C	2.42	0.04	2.06	0.22	2.15	0.07	2.85	0.10	2.62	0.09	3.08	0.28	1.40	0.72	0.73	0.01	1.74	0.48	3.49	0.10
2D	2.19	0.26	1.92	0.16	-	-	3.63	0.28	4.46	0.40	3.62	0.04	2.82	0.17	2.19	0.53	2.69	0.81	1.92	0.18
2E	2.29	1.22	2.90	0.30	2.04	0.24	2.21	0.88	-	-	3.53	0.39	2.59	0.27	3.87	0.15	3.15	0.33	3.10	0.28
2F	1.35	0.16	-	-	-	-	1.55	0.70	3.59	1.15	2.11	0.18	2.76	0.17	1.91	0.15	3.05	0.41	4.54	0.45
2G	1.29	1.14	2.19	0.87	1.42	0.10	1.26	0.14	2.64	0.41	3.19	0.45	3.58	0.45	3.35	0.37	4.20	0.18	2.05	0.61
2H	3.35	0.56	1.51	0.04	2.52	0.09	2.90	0.14	3.01	0.04	3.79	0.28	3.53	0.28	1.41	0.42	2.37	0.22	2.89	0.18
2I	3.98	0.41	2.89	0.23	1.82	0.36	2.01	0.97	3.10	0.26	4.35	0.28	3.67	0.31	2.76	0.23	2.46	0.70	3.14	1.88
2J	2.57	0.05	3.34	0.05	3.91	0.09	3.83	0.08	2.63	0.07	1.65	0.05	1.61	0.01	1.89	0.16	2.94	0.15	2.87	0.06
2K	2.64	0.28	2.68	0.15	2.43	0.23	2.94	0.27	3.04	0.61	5.27	0.17	4.49	0.39	4.27	0.80	3.28	0.32	3.78	0.91
2L	3.28	0.66	2.52	0.19	1.94	0.62	2.50	1.41	4.79	0.43	2.68	0.20	3.60	0.19	3.81	0.29	3.41	0.95	3.11	0.25
2M	3.93	0.11	3.73	0.09	3.29	0.11	3.18	0.00	2.43	0.01	2.59	0.07	-	-	2.19	0.02	2.13	0.00	2.41	0.07
2N	2.61	0.24	3.98	0.32	3.89	0.28	3.28	0.23	2.69	0.18	2.30	0.61	3.52	0.63	2.14	0.52	2.75	0.56	2.50	0.11

ตารางที่ ข-4 แสดงข้อมูลความเร็วลมภายนอก และความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนไทยกรณีกรณีศึกษาที่ระดับความสูง 3.80 ม. เฉพาะเมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง

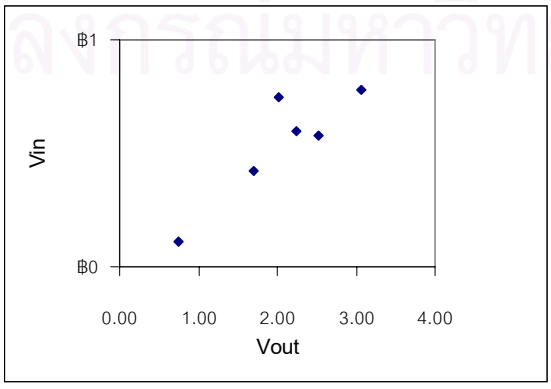
ข-3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทย กรณีศึกษาจากการวัดจริง ณ ตำแหน่งต่างๆ ด้วยวิธีการ Regression

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1A			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1A ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.7974258
7	1.64	0.55		R Square	0.635888
4	1.83	0.49		Adjusted R Square	0.54486
1	2.02	0.5		Standard Error	0.1797973
3	3.12	1.14		Observations	6
8	1.77	0.74		Intercept	-0.094335
2	2.05	0.94		X Variable 1	0.3963001
				Significance F	0.057398
				Vin=0.305156Vout+0.047495	

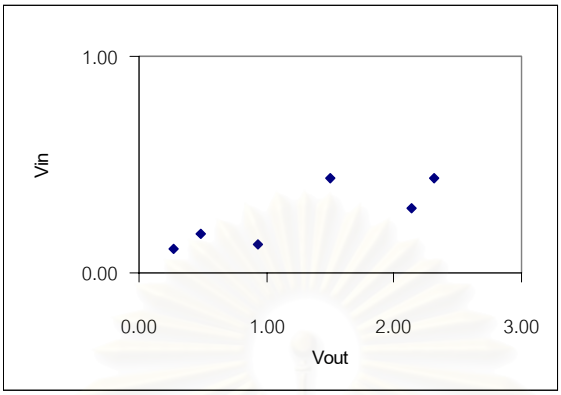
ตารางที่ ข-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1A

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1B			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1B ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.9543421
6	1.61	0.61		R Square	0.9107688
9	2.18	0.69		Adjusted R Square	0.888461
3	2.70	0.79		Standard Error	0.072885
1	2.91	0.91		Observations	6
4	2.92	0.91		Intercept	0.0474952
2	3.59	1.23		X Variable 1	0.3051558
				Significance F	0.0030794
				Vin=0.305156Vout+0.047495	

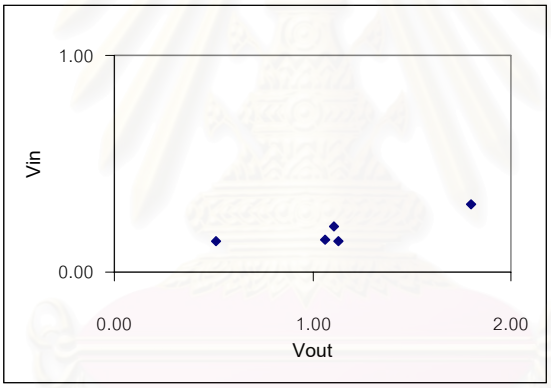
ตารางที่ ข-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1B

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1C			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1C ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8881085
6	0.75	0.11		R Square	0.7887368
1	1.71	0.42		Adjusted R Square	0.735921
2	2.01	0.75		Standard Error	0.12717
3	2.24	0.60		Observations	6
5	3.06	0.78		Intercept	-0.032765
4	2.53	0.58		X Variable 1	0.2793975
				Significance F	0.0180791
				Vin=0.279398Vout-0.032765	

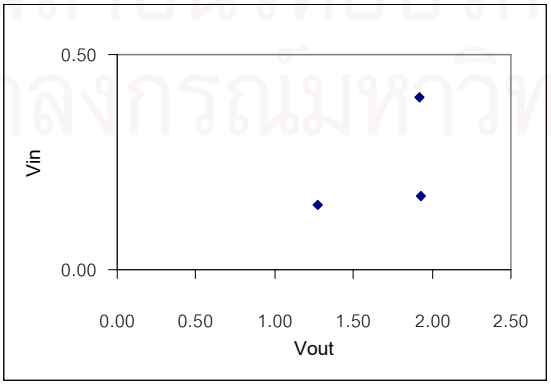
ตารางที่ ข-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1C

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1D			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1D ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8171795
5	0.27	0.11		R Square	0.6677823
1	0.48	0.18		Adjusted R Square	0.5847279
2	0.93	0.13		Standard Error	0.0964187
4	1.50	0.44		Observations	6
3	2.14	0.30		Intercept	0.0844962
10	2.32	0.44		X Variable 1	0.1430658
				Significance F	0.0470798
				Vin=0.143066Vout+0.084496	

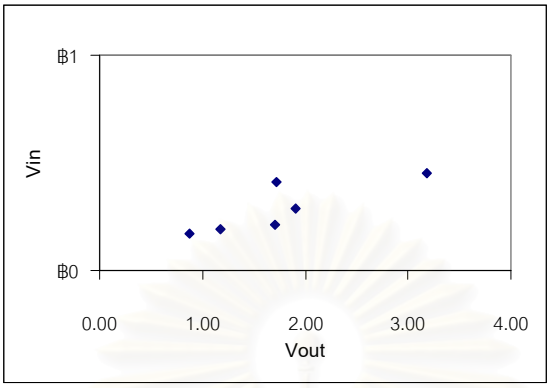
ตารางที่ ข-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1D

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1E			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1E ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8496515
4	0.51	0.14		R Square	0.7219077
3	1.06	0.15		Adjusted R Square	0.6292102
9	1.11	0.21		Standard Error	0.044539
5	1.13	0.14		Observations	5
7	1.80	0.31		Intercept	0.0376838
				X Variable 1	0.1357542
				Significance F	0.0683813
				Vin=0.135754Vout+0.037684	

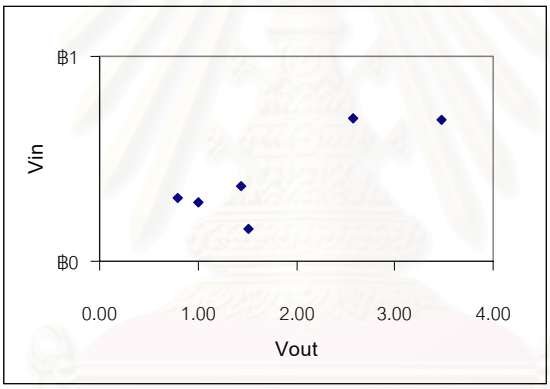
ตารางที่ ข-9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1E

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1F			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1F ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.550048
1	1.27	0.15		R Square	0.3025528
5	1.92	0.40		Adjusted R Square	-0.394894
7	1.93	0.17		Standard Error	0.1640776
				Observations	3
				Intercept	-0.104833
				X Variable 1	0.2020508
				Significance F	0.6292189
				Vin=0.202051Vout-0.104833	

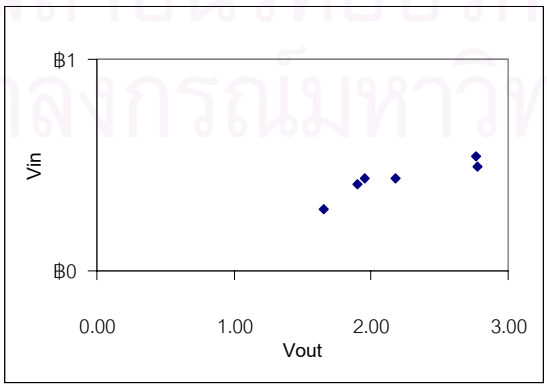
ตารางที่ ข-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1F

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1G			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1G ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8280142
7	0.87	0.17		R Square	0.6856076
1	1.17	0.19		Adjusted R Square	0.6070094
2	1.70	0.21		Standard Error	0.0745621
4	1.72	0.41		Observations	6
5	1.91	0.29		Intercept	0.0696739
3	3.18	0.45		X Variable 1	0.1234082
				Significance F	0.0418251
				Vin=0.123408Vout+0.069674	

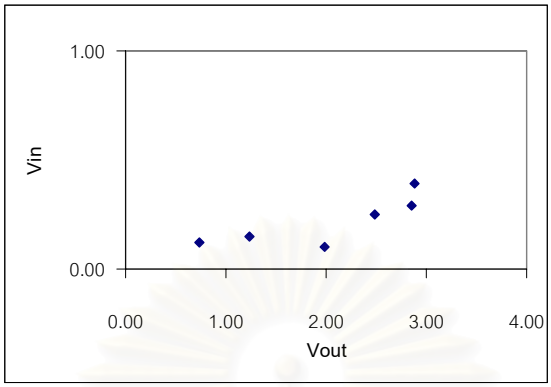
ตารางที่ ข-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1G

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1H			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1H ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8489558
9	0.79	0.31		R Square	0.720726
1	1.00	0.29		Adjusted R Square	0.6509075
2	1.44	0.37		Standard Error	0.1322216
3	1.52	0.16		Observations	6
6	2.58	0.70		Intercept	0.0875054
5	3.48	0.69		X Variable 1	0.1845483
				Significance F	0.0324985
				Vin=0.184548Vout+0.087505	

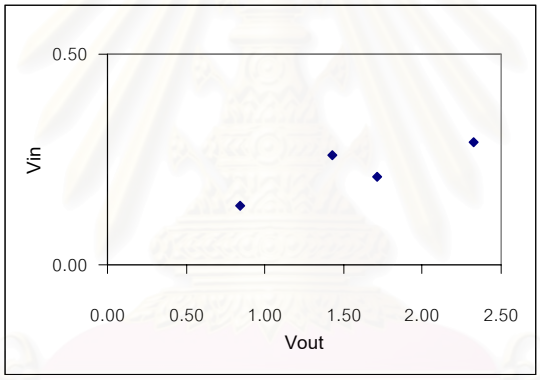
ตารางที่ ข-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1H

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1I			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1I ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8863025
7	1.66	0.29		R Square	0.7855321
5	1.90	0.41		Adjusted R Square	0.7319151
3	1.95	0.44		Standard Error	0.0437814
9	2.18	0.44		Observations	6
1	2.77	0.54		Intercept	0.0833013
4	2.78	0.49		X Variable 1	0.1593801
				Significance F	0.0186558
				Vin=0.15938Vout+0.083301	

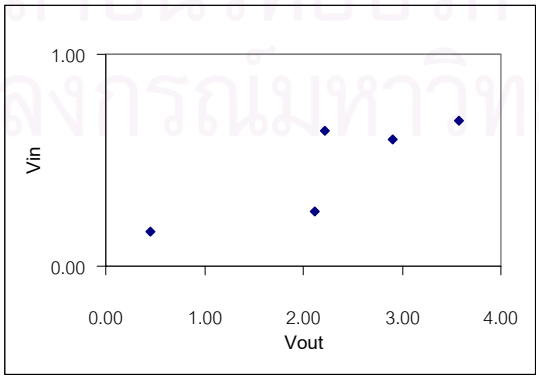
ตารางที่ ข-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1I

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1J			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1J ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8123005
4	0.73	0.12		R Square	0.659832
7	1.23	0.15		Adjusted R Square	0.5747901
3	1.98	0.10		Standard Error	0.0737361
2	2.49	0.25		Observations	6
6	2.85	0.29		Intercept	0.0069305
1	2.88	0.39		X Variable 1	0.1034883
				Significance F	0.0495402
				Vin=0.103488Vout+0.00693	

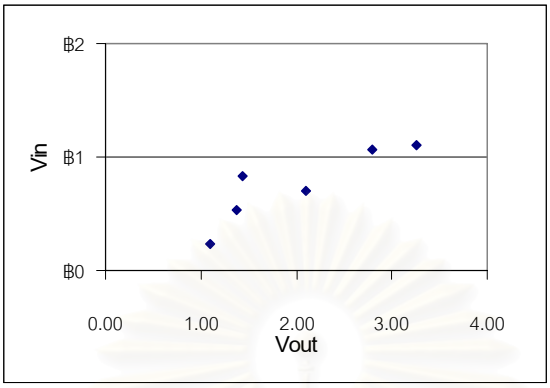
ตารางที่ ข-14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1J

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1K			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1K ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8577561
6	0.84	0.14		R Square	0.7357456
9	1.43	0.26		Adjusted R Square	0.6036183
10	1.71	0.21		Standard Error	0.0412849
8	2.33	0.29		Observations	4
				Intercept	0.0816564
				X Variable 1	0.0908676
				Significance F	0.1422439
				Vin=0.090868Vout+0.081656	

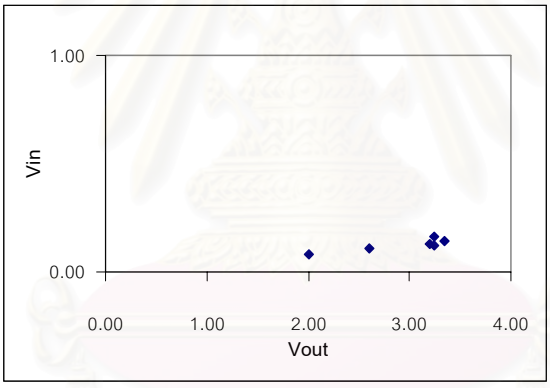
ตารางที่ ข-15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1K

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1L			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1L ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8472903
5	0.45	0.16		R Square	0.7179008
10	2.12	0.26		Adjusted R Square	0.6238678
6	2.22	0.64		Standard Error	0.1484633
9	2.91	0.60		Observations	5
7	3.57	0.69		Intercept	0.0734149
				X Variable 1	0.1759473
				Significance F	0.0699724
				Vin=0.1759476Vout+0.073415	

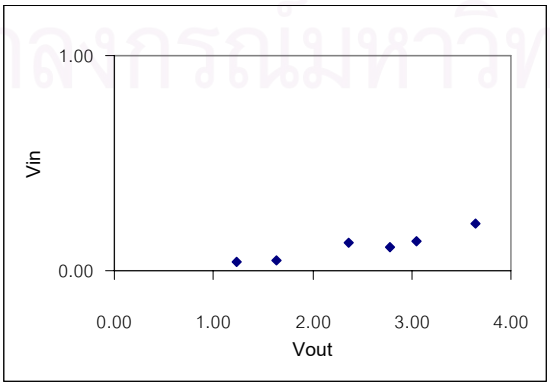
ตารางที่ ข-16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1L

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 1M			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 1M ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.8711489
9	1.09	0.24		R Square	0.7589004
5	1.37	0.53		Adjusted R Square	0.6986255
4	1.43	0.83		Standard Error	0.1796977
3	2.10	0.70		Observations	6
6	2.79	1.06		Intercept	0.0844713
7	3.26	1.10		X Variable 1	0.3283366
				Significance F	0.0238343
				Vin=0.328337Vout+0.084471	

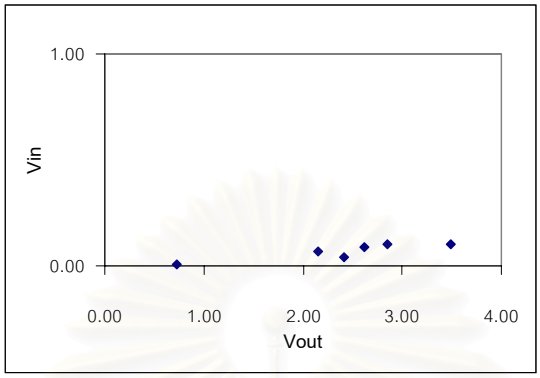
ตารางที่ ข-17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 1M

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2A			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2A ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.878415
2	2.01	0.08		R Square	0.771613
3	2.61	0.11		Adjusted R Square	0.714517
9	3.20	0.13		Standard Error	0.0146
5	3.24	0.12		Observations	6
8	3.24	0.16		Intercept	-0.01061
7	3.35	0.14		X Variable 1	0.045533
				Significance F	0.021276
				Vin=0.045533Vout-0.010608	

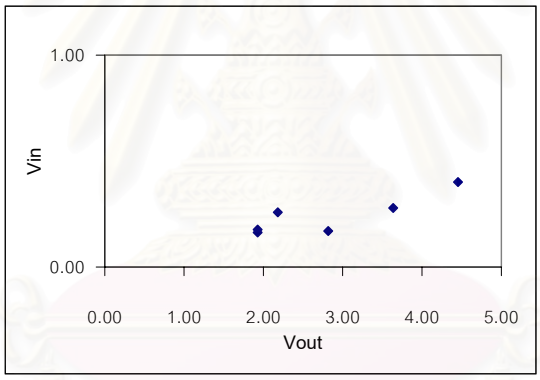
ตารางที่ ข-18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2A

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2B			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2B ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.949883
2	1.24	0.04		R Square	0.902277
5	1.63	0.05		Adjusted R Square	0.877847
8	2.37	0.13		Standard Error	0.023051
4	2.78	0.11		Observations	6
3	3.05	0.14		Intercept	-0.05613
6	3.64	0.22		X Variable 1	0.069801
				Significance F	0.003705
				Vin=0.069801Vout-0.056129	

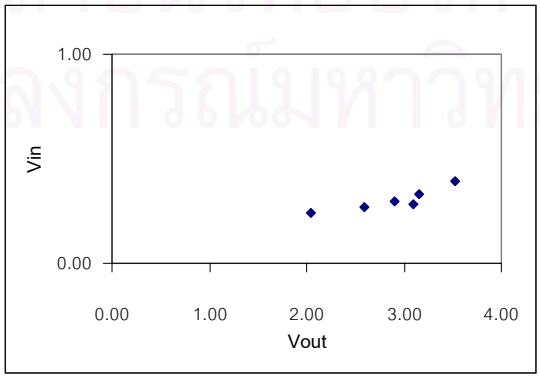
ตารางที่ ข-19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2B

ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2C			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2C ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.88592
8	0.73	0.01		R Square	0.784854
3	2.15	0.07		Adjusted R Square	0.731067
1	2.42	0.04		Standard Error	0.01896
5	2.62	0.09		Observations	6
4	2.85	0.10		Intercept	-0.0148
10	3.49	0.10		X Variable 1	0.034977
				Significance F	0.018779
				Vin=0.034977Vout+0.014796	

ตารางที่ ข-20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2C

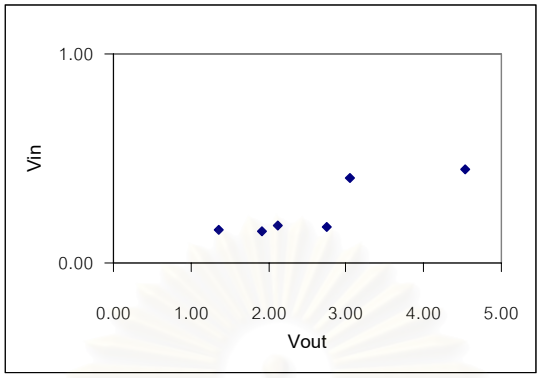
ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2D			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2D ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.855152
10	1.92	0.18		R Square	0.731285
1	2.19	0.26		Adjusted R Square	0.664106
7	2.82	0.17		Standard Error	0.053423
4	3.63	0.28		Observations	6
5	4.46	0.40		Intercept	0.02677
2	1.92	0.16		X Variable 1	0.076115
				Significance F	0.029952
				Vin=0.076115Vout+0.02677	

ตารางที่ ข-21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2D

ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2E			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2E ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.891041
3	2.04	0.24		R Square	0.793954
2	2.90	0.30		Adjusted R Square	0.742442
10	3.10	0.28		Standard Error	0.026742
9	3.15	0.33		Observations	6
6	3.53	0.39		Intercept	0.039394
7	2.59	0.27		X Variable 1	0.090909
				Significance F	0.017161
				Vin=0.090909Vout+0.039394	

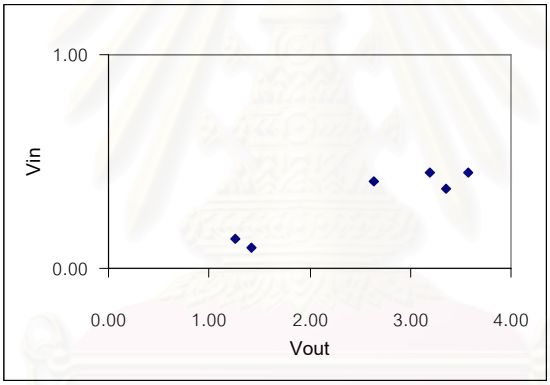
ตารางที่ ข-22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2E

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2F			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2F ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.858969
1	1.35	0.16		R Square	0.737828
8	1.91	0.15		Adjusted R Square	0.672285
6	2.11	0.18		Standard Error	0.078881
7	2.76	0.17		Observations	6
9	3.05	0.41		Intercept	-0.02363
10	4.54	0.45		X Variable 1	0.105712
				Significance F	0.028432
				Vin=0.105712Vout-0.023631	



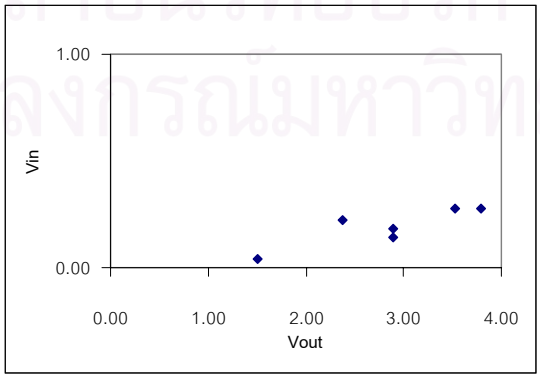
ตารางที่ ข-23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2F

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2G			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2G ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.937603
4	1.26	0.14		R Square	0.879099
3	1.42	0.10		Adjusted R Square	0.848873
5	2.64	0.41		Standard Error	0.061516
6	3.19	0.45		Observations	6
7	3.58	0.45		Intercept	-0.05966
8	3.35	0.37		X Variable 1	0.147538
				Significance F	0.005719
				Vin=0.147538Vout-0.059664	

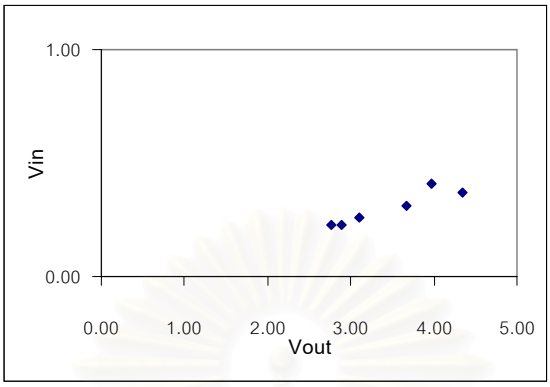


ตารางที่ ข-24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2G

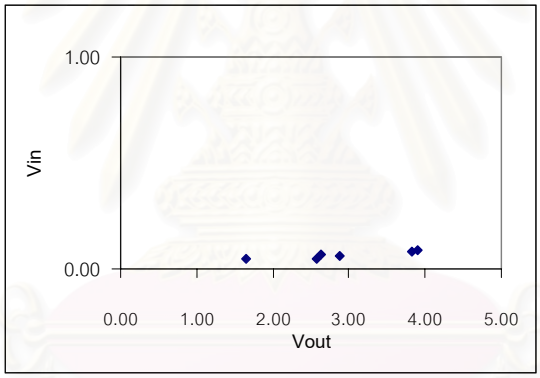
ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2H			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2H ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.873215
9	2.37	0.22		R Square	0.762505
10	2.89	0.18		Adjusted R Square	0.703131
4	2.90	0.14		Standard Error	0.050056
7	3.53	0.28		Observations	6
6	3.79	0.28		Intercept	-0.08653
2	1.51	0.04		X Variable 1	0.097656
				Significance F	0.023093
				Vin=0.097656Vout-0.08653	



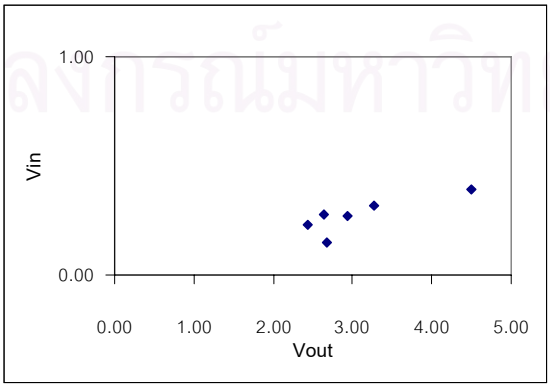
ตารางที่ ข-25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2H

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2I			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2I ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.930539
2	2.89	0.23		R Square	0.865903
5	3.10	0.26		Adjusted R Square	0.832379
7	3.67	0.31		Standard Error	0.030901
1	3.98	0.41		Observations	6
6	4.35	0.37		Intercept	-0.07757
8	2.76	0.23		X Variable 1	0.109657
				Significance F	0.00707
				Vin=0.109657Vout-0.077566	

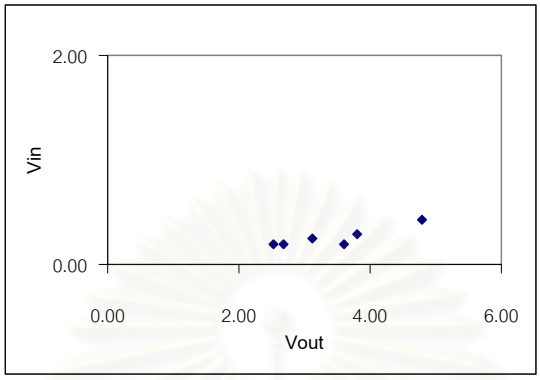
ตารางที่ ข-26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2I

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2J			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2J ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.885487
6	1.65	0.05		R Square	0.784086
1	2.57	0.05		Adjusted R Square	0.730108
5	2.63	0.07		Standard Error	0.008484
10	2.87	0.06		Observations	6
4	3.83	0.08		Intercept	0.017279
3	3.91	0.09		X Variable 1	0.016972
				Significance F	0.018919
				Vin=0.016972Vout+0.017279	

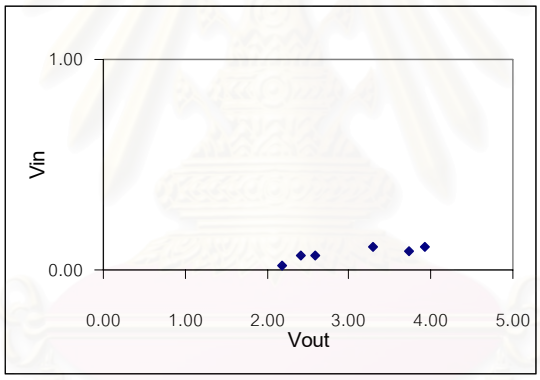
ตารางที่ ข-27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2J

ข้อมูลความเร็วลมตำแหน่ง 2K			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2K ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.816088
3	2.43	0.23		R Square	0.666
1	2.64	0.28		Adjusted R Square	0.5825
2	2.68	0.15		Standard Error	0.05244
4	2.94	0.27		Observations	6
9	3.28	0.32		Intercept	0.002175
7	4.49	0.39		X Variable 1	0.088134
				Significance F	0.047625
				Vin=0.088134Vout+0.002175	

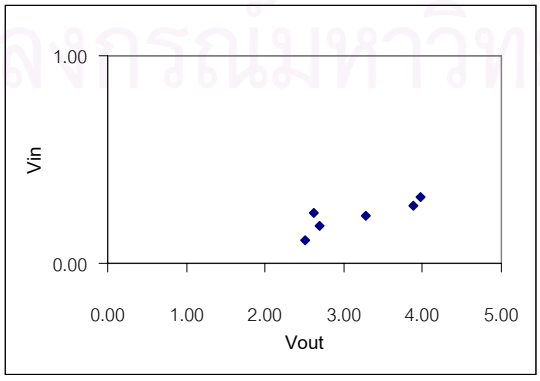
ตารางที่ ข-28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2K

ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2L			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2L ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.878034
2	2.52	0.19		R Square	0.770944
6	2.68	0.20		Adjusted R Square	0.713679
10	3.11	0.25		Standard Error	0.049785
7	3.60	0.19		Observations	6
8	3.81	0.29		Intercept	-0.07472
5	4.79	0.43		X Variable 1	0.097432
				Significance F	0.021406
				Vin=0.097432Vout-0.074723	

ตารางที่ ข-29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2L

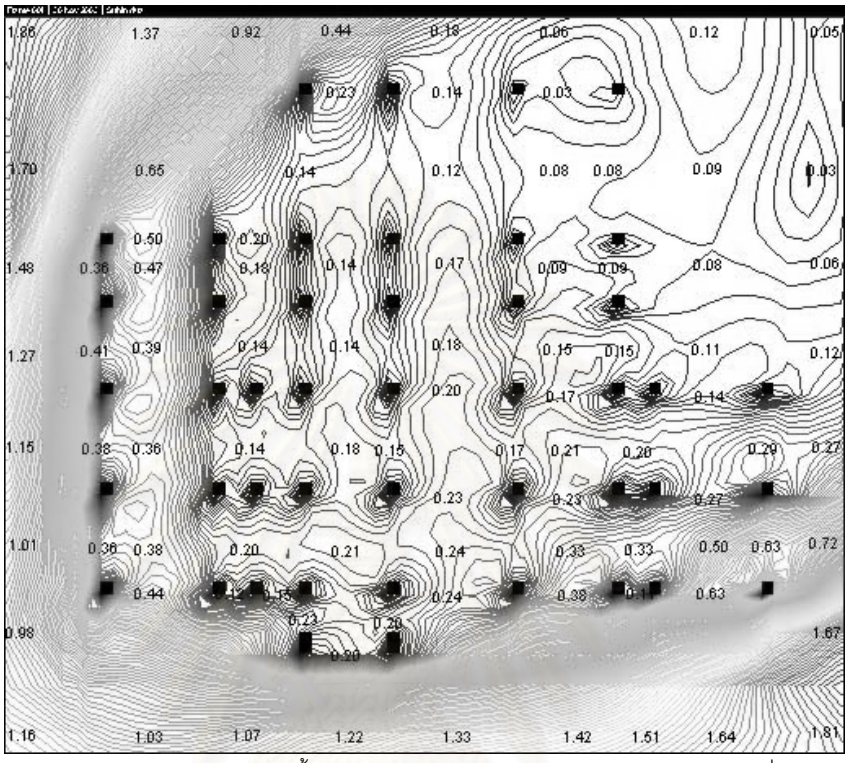
ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2M			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2M ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.836971
10	2.41	0.07		R Square	0.70052
6	2.59	0.07		Adjusted R Square	0.625651
3	3.29	0.11		Standard Error	0.020628
2	3.73	0.09		Observations	6
1	3.93	0.11		Intercept	-0.03883
				X Variable 1	0.038754
				Significance F	0.037701
				Vin=0.038754Vout+0.038832	

ตารางที่ ข-30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2M

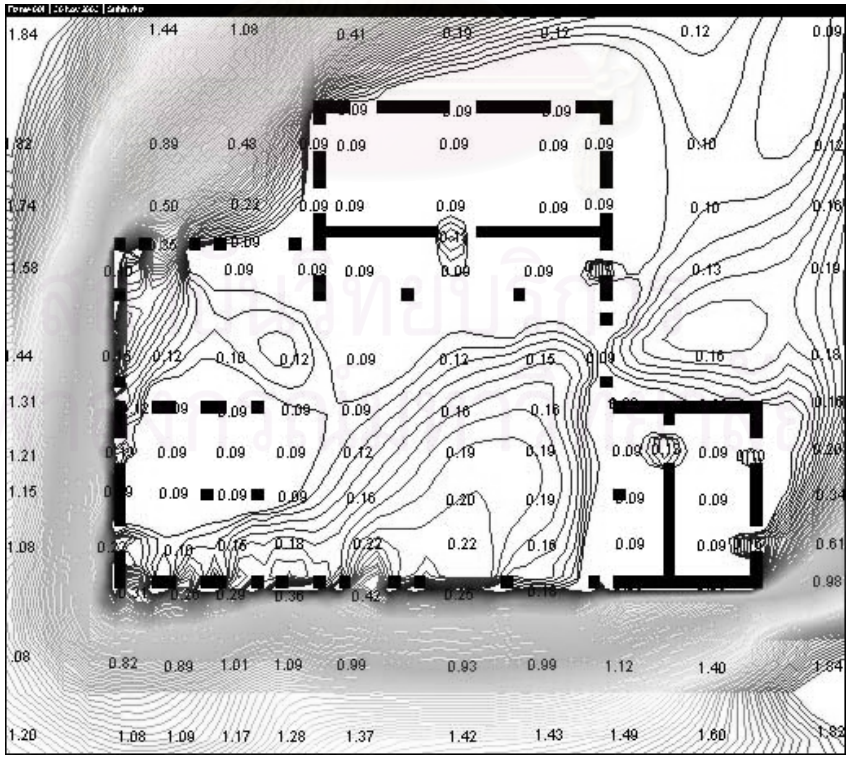
ข้อมูลความเร็วลม ตำแหน่ง 2N			กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายใน ณ ตำแหน่ง 2N ในแต่ละชุดข้อมูล	Regression Statistics	
	vout	vin		Multiple R	0.847075
10	2.50	0.11		R Square	0.717536
1	2.61	0.24		Adjusted R Square	0.64692
5	2.69	0.18		Standard Error	0.044094
4	3.28	0.23		Observations	6
3	3.89	0.28		Intercept	-0.07409
2	3.98	0.32		X Variable 1	0.095226
				Significance F	0.033291
				Vin=0.095226Vout-0.074088	

ตารางที่ ข-31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับความเร็วภายในของเรือนไทยกรณีศึกษา ณ ตำแหน่ง 2N

ข-4 ข้อมูลกระแสลมภายในและภายนอกของเรือนไทยกรณีศึกษาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ ข-1 ข้อมูลกระแสลมของเรือนไทยกรณีศึกษาชั้นใต้ถุนจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (ที่ระดับความสูง 1.20 ม.)



รูปที่ ข-2 ข้อมูลกระแสลมของเรือนไทยกรณีศึกษาชั้นบนจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (ที่ระดับความสูง 3.80 ม.)

ข-5 เปรียบเทียบข้อมูลกระแสลมภายในของเรือนไทยกรณีศึกษาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการคำนวณจากสมการ regression เมื่อความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.42 m/s

ตำแหน่ง	สมการ Regression	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน		
			สมการ	จำลองสถานการณ์	ERROR
1A	Vin=0.3963Vout-0.094335	1.42	0.468411	0.47	0.001589
1B	Vin=0.305156Vout+0.047495	1.42	0.4808165	0.39	0.09081652
1C	Vin=0.279398Vout-0.032765	1.42	0.3639802	0.38	0.01601984
1D	Vin=0.143066Vout+0.084496	1.42	0.2876497	0.18	0.10764972
1E	Vin=0.135754Vout+0.037684	1.42	0.2304547	0.14	0.09045468
1F	Vin=0.202051Vout-0.104833	1.42	0.1820794	0.12	0.06207942
1G	Vin=0.123408Vout+0.069674	1.42	0.2449134	0.17	0.07491336
1H	Vin=0.184548Vout+0.087505	1.42	0.3495632	0.23	0.11956316
1I	Vin=0.15938Vout+0.083301	1.42	0.3096206	0.24	0.0696206
1J	Vin=0.103488Vout+0.00693	1.42	0.153883	0.08	0.07388296
1K	Vin=0.090868Vout+0.081656	1.42	0.2106886	0.15	0.06068856
1L	Vin=0.1759476Vout+0.073415	1.42	0.3232606	0.23	0.093260592
1M	Vin=0.328337Vout+0.084471	1.42	0.5507095	0.5	0.05070954
2A	Vin=0.045533Vout-0.010608	1.42	0.0540489	0.09	0.03595114
2B	Vin=0.069801Vout-0.056129	1.42	0.0429884	0.1	0.05701158
2C	Vin=0.034977Vout-0.014796	1.42	0.0348713	0.09	0.05512866
2D	Vin=0.076115Vout+0.02677	1.42	0.1348533	0.12	0.0148533
2E	Vin=0.090909Vout+0.039394	1.42	0.1684848	0.12	0.04848478
2F	Vin=0.105712Vout-0.023631	1.42	0.12648	0.19	0.06351996
2G	Vin=0.147538Vout-0.059664	1.42	0.14984	0.19	0.04016004
2H	Vin=0.097656Vout-0.08653	1.42	0.0521415	0.09	0.03785848
2I	Vin=0.109657Vout-0.077566	1.42	0.0781469	0.09	0.01185306
2J	Vin=0.016972Vout+0.017279	1.42	0.0413792	0.09	0.04862076
2K	Vin=0.088134Vout+0.002175	1.42	0.1273253	0.09	0.03732528
2L	Vin=0.097432Vout-0.074723	1.42	0.0636304	0.09	0.02636956
2M	Vin=0.038754Vout-0.038832	1.42	0.0161987	0.06	0.04380132
2N	Vin=0.095226Vout-0.074088	1.42	0.0611329	0.07	0.00886708

ตารางที่ ข-32 เปรียบเทียบข้อมูลกระแสลมภายในของเรือนไทยกรณีศึกษาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการคำนวณจากสมการ Regression เมื่อความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 1.42 m/s

ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **กรณีศึกษา :** **บ้านพักอาศัยคุณชัยประณิน-จุฑาพร วิสุทธิผล**

เจ้าของ : คุณชัยประณิน-จุฑาพร วิสุทธิผล

ที่ตั้ง: 57 สุขุมวิท 11 พระโขนง กรุงเทพฯ

พื้นที่ตั้ง: 70 ตารางวา

พื้นที่ใช้สอย: 540 ตารางเมตร

สถาปนิก: ผศ.ธนิต จิณดาวณิค

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2537

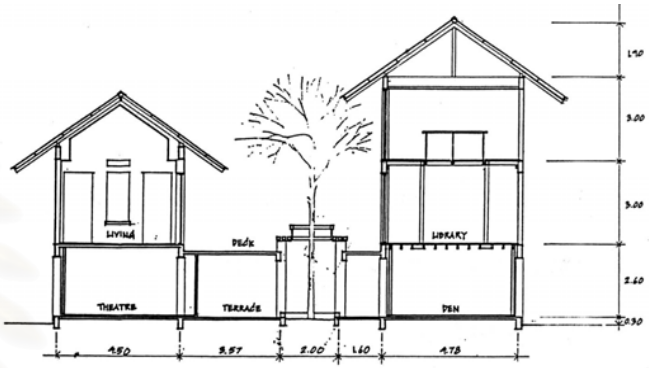
พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 3 ชั้น ลักษณะรูปตัวยูโอบล้อมชาน ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนจอดรถ ส่วนพักผ่อน ส่วนดูหนัง และส่วนบริการได้แก่ ส่วนแม่บ้าน ซักรีดและเก็บของ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัยประกอบด้วย ส่วนพักผ่อน ส่วนอาหาร ส่วนครัว ห้องสมุด และส่วนนอนของพ่อ-แม่ ส่วนชั้นสามเป็นส่วนนอนของลูก และห้องสมุด

โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างอลูมิเนียม กระจกใส หลังคาแผ่นเหล็กเคลือบ ผนังระบบป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อนชนิดหายใจได้ (Vented wall with radiant barrier system)

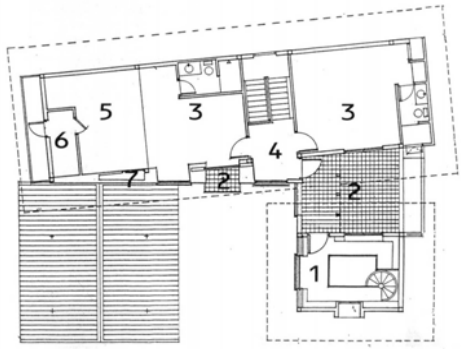
รูปที่ ค-1 แสดงลักษณะภายนอก(ภาพซ้าย)และลักษณะภายใน(ภาพขวา)บ้านพักอาศัยคุณชัยประณิน-จุฑาพร วิสุทธิผล

แปลนพื้นชั้นล่าง

แปลนพื้นชั้นสอง



รูปตัดแนว



แปลนพื้นชั้นสาม

รูปด้าน

รปด้านทิศ

รูปที่ ค-2 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณชัยประณิน-จุฑาพร วิสุทธิผล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **กรณีศึกษา : บ้านพักอาศัยหมู่บ้านนิชาดาธานี**

เจ้าของ : -

ที่ตั้ง: หมู่บ้านนิชาดาธานี จ.นนทบุรี

พื้นที่ตั้ง: -

พื้นที่ใช้สอย: 850 ตารางเมตร

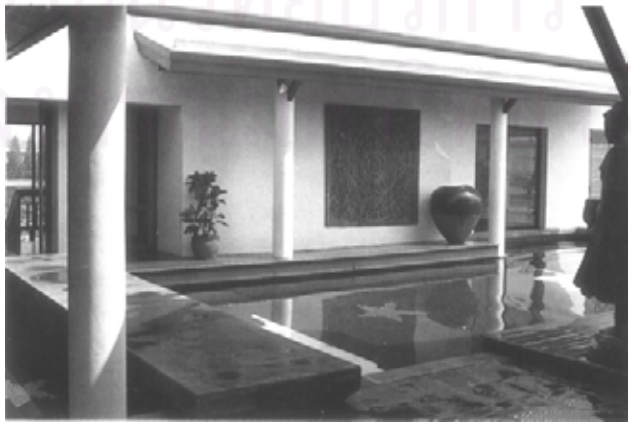
สถาปนิก: A49

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2535

พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ลักษณะรูปตัวยูโอบล้อมชาน ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนพักผ่อน ส่วนนอนลูกและส่วนบริการได้แก่ ส่วนแม่บ้าน ซักรีดและเก็บของ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัยประกอบด้วย ส่วนพักผ่อน ส่วนอาหาร ส่วนครัว และส่วนนอนของพ่อ-แม่

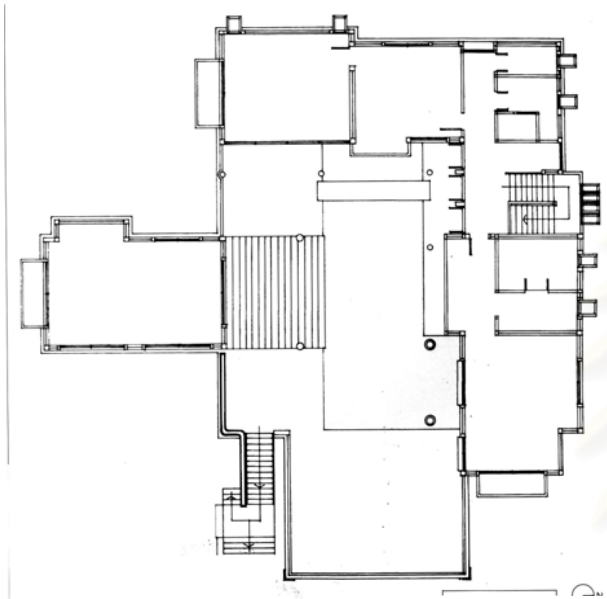
โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและไม้ ลูกฟักกระจกใส หลังคาแผ่นเหล็กเคลือบ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ

ทัศนียภาพภายนอก

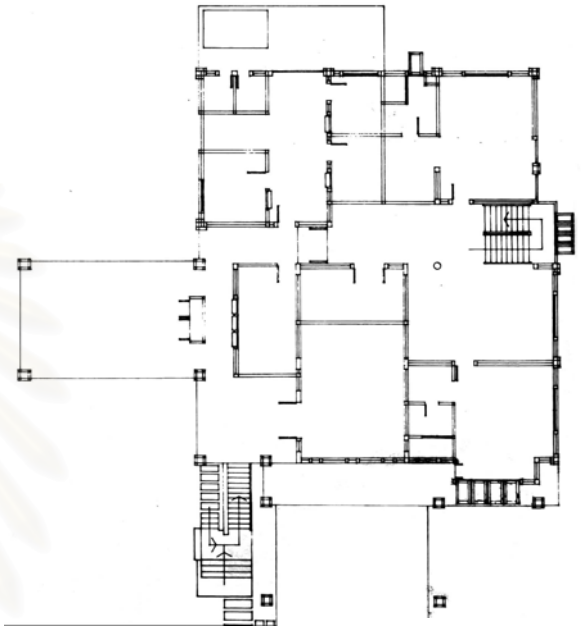


ทัศนียภาพภายใน

รูปที่ ค-3 แสดงแบบบ้านพักอาศัยหมู่บ้านนิชาดาธานี

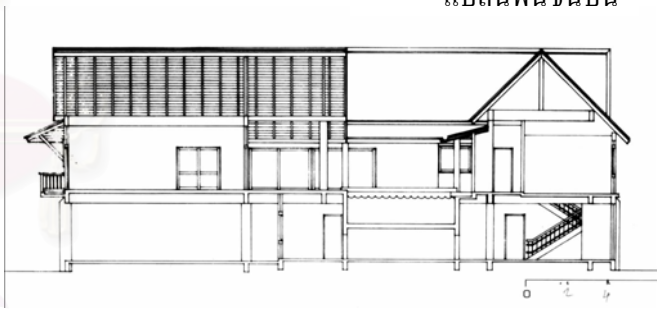


แปลนพื้นชั้นล่าง



แปลนพื้นชั้นบน

รูปด้านทิศ



รูปตัดแนว

รูปที่ ค-4 แสดงแบบบ้านพักอาศัยหมู่บ้านนิชาดาธานี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **กรณีศึกษา : บ้านพักอาศัยคุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร**

เจ้าของ : คุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร

ที่ตั้ง: อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี

พื้นที่ตั้ง: 9 ไร่เศษ

พื้นที่ใช้สอย: - ตารางเมตร

สถาปนิก: รศ. ดร ภิญโญ สุวรรณคีรี

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2535

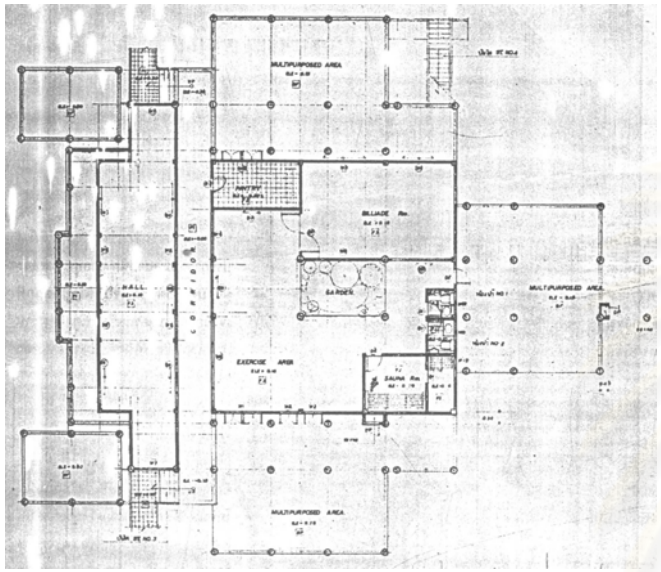
พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ประกอบด้วยกลุ่มเรือน 6 หลัง ทรงพระตามทำเนียบช่างหลวง แบ่งพื้นที่สอยภายในออกเป็น 3 ส่วน ชั้นนอกสุดเป็นนอกชานโปราณและว่าหอนก 2 หลัง สำหรับรับรองแขกนั่งพักผ่อน ถัดเข้ามาเป็นที่รับรองแขกเป็นส่วนตัว หรือไว้เพื่อจัดเลี้ยง และชั้นในสุดเป็นห้องส่วนตัว ชั้นล่างประกอบด้วยห้องประชุม ห้องออกกำลังกาย ซาวนา และบิลเลียด

โครงสร้าง: โครงสร้างชั้นล่างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ชั้นบนเป็นโครงสร้างไม้ตามแบบเรือนไทยเดิม หลังคากระเบื้องเคลือบ

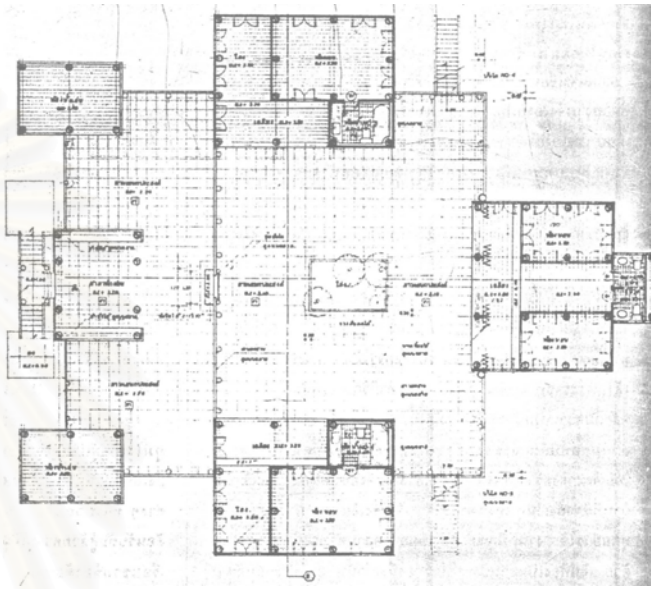
ทัศนียภาพภายนอก

ทัศนียภาพภายใน

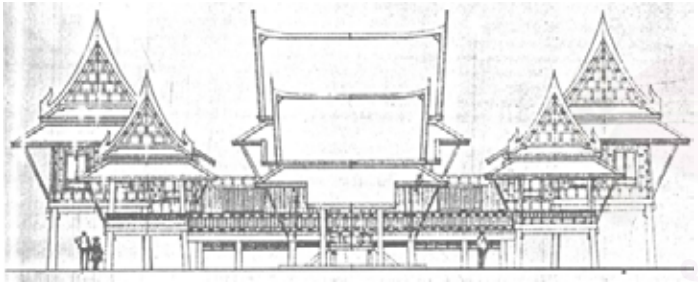
รูปที่ ค-5 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยคุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร



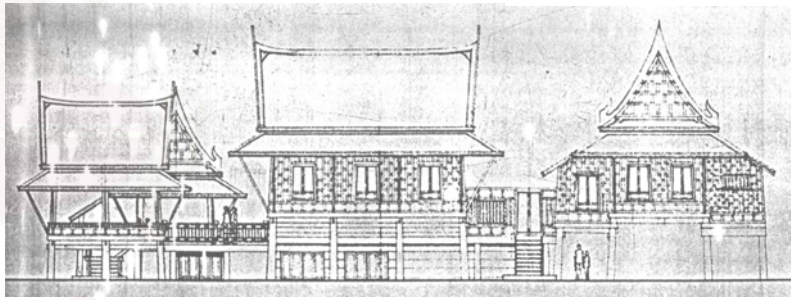
แปลนพื้นชั้นล่าง



แปลนพื้นชั้นบน



รูปด้านทิศ



รูปด้านทิศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค-6 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณภาณุวัฒน์ ชัยพิพากร

4. **กรณีศึกษา :** **บ้านพักอาศัยคุณอมรเทพ ดีโรจนวงค์**

เจ้าของ : คุณอมรเทพ ดีโรจนวงค์

ที่ตั้ง: ซอยหลวงแจ่ม ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

พื้นที่ตั้ง: -

พื้นที่ใช้สอย: 1,200 ตารางเมตร

สถาปนิก: บ. แอพสแทร็ค จำกัด

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2543

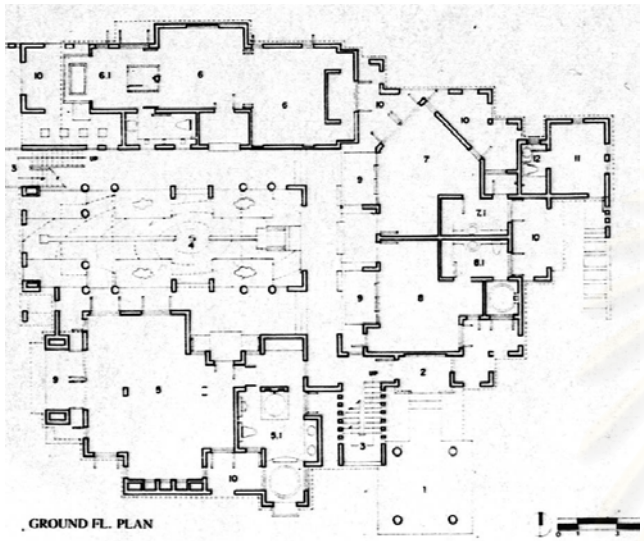
พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ลักษณะกลุ่มอาคารโอบล้อมชานทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนนอนทั้ง ส่วนนอนลูกและส่วนนอนพ่อ-แม่ และส่วนบริการ ได้แก่ ส่วนแม่บ้าน ซักรีดและเก็บของ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัย ประกอบด้วย ส่วนพักผ่อน ส่วนอาหาร ส่วนครัว ส่วนเอนกประสงค์ และศาลา

โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างไม้ ลูกฟักกระจกใส หลังคากระเบื้องคอนกรีต ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ

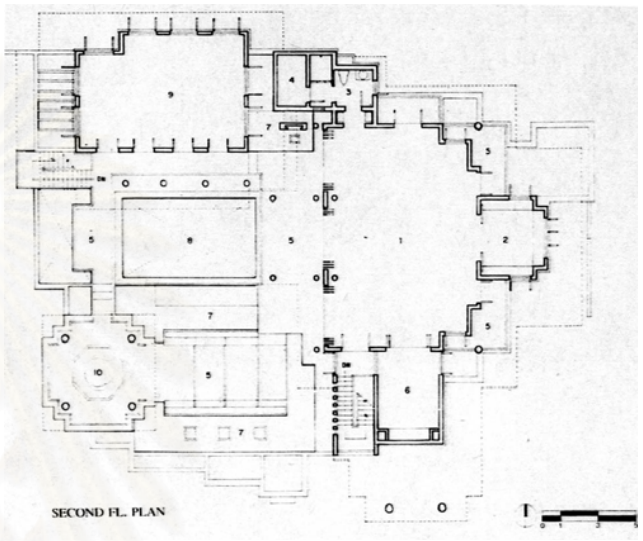
ทัศนียภาพภายนอก

ทัศนียภาพภายใน

รูปที่ ค-7 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยคุณอมรเทพ ดีโรจนวงค์



แปลนพื้นชั้นล่าง



แปลนพื้นชั้นบน

รูปด้านทิศ

รูปด้านทิศ

รูปที่ ค-8 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณอมรเทพ ดีโรจนวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. **กรณีศึกษา :** **แบบบ้านอนุรักษ์ไทยภาคกลาง**

เจ้าของ : -

ที่ตั้ง: -

พื้นที่ตั้ง: -

พื้นที่ใช้สอย: ตารางเมตร

สถาปนิก: กรมโยธาธิการและผังเมือง

ก่อสร้างเสร็จ: -

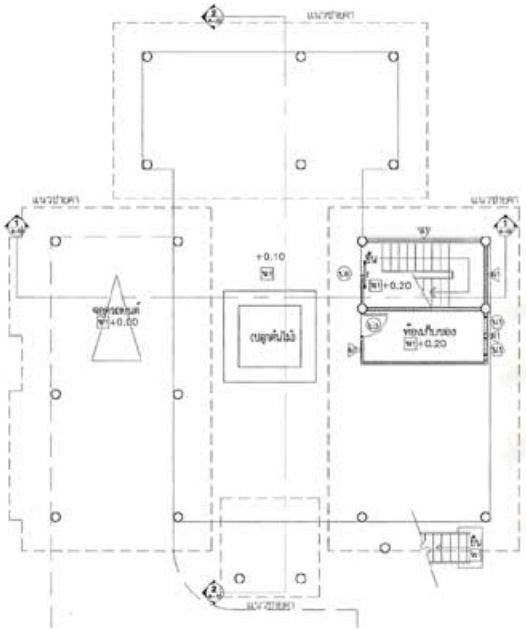
พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ลักษณะกลุ่มอาคารโอบล้อมชานชั้นบน ส่วนชั้นล่างเป็นใต้ถุนโล่ง ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนจอดรถและเก็บของ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัยประกอบด้วย ส่วนพักผ่อน ส่วนอาหาร ส่วนครัว ส่วนนอนทั้งพ่อแม่และส่วนนอนลูก

โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างไม้ ลูกฟักกระจกใส หลังคากระเบื้องคอนกรีต ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ

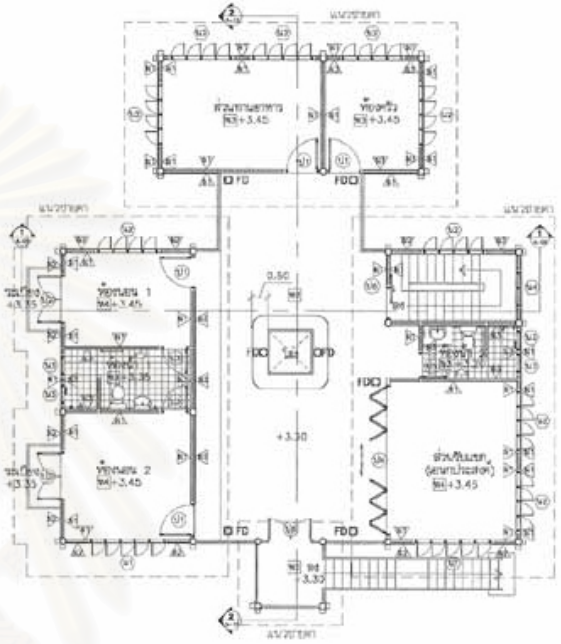
ทัศนียภาพภายนอก

รูปที่ ค-9 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยไทยอนุรักษ์ภาคกลาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แปลนพื้นชั้นล่าง



แปลนพื้นชั้นบน

รูปด้านทิศ

รูปด้านทิศ

รูปที่ ค-10 แสดงแบบบ้านพักอาศัยไทยอนุรักษ์ภาคกลาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. **กรณีศึกษา : บ้านพักอาศัยคุณบุญวัฒน์ –ผุสดี ทิพทัศ**

เจ้าของ : คุณบุญวัฒน์ –ผุสดี ทิพทัศ

ที่ตั้ง: จ. กรุงเทพฯ

พื้นที่ตั้ง: 300 ตร.วา

พื้นที่ใช้สอย: - ตารางเมตร

สถาปนิก: คุณบุญวัฒน์ –ผุสดี ทิพทัศ

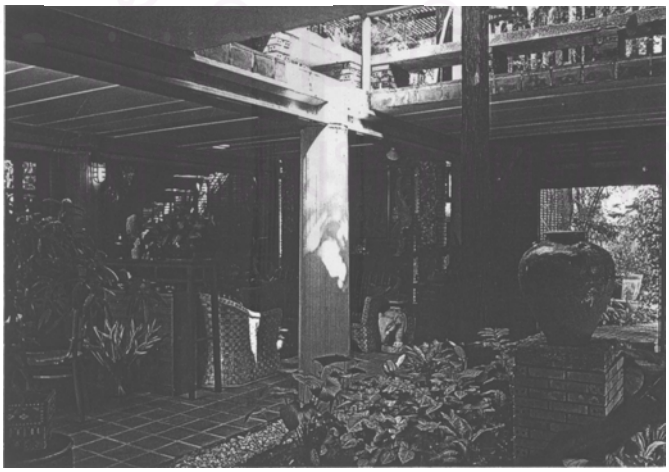
ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2526

พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ลักษณะกลุ่มอาคารโอบล้อมชานทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนส่วนพักผ่อน ส่วนรับประทานอาหาร และส่วนบริการได้แก่ ส่วนแม่บ้าน ซักรีดและเก็บของ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัย ประกอบด้วย ส่วนนอนของพ่อแม่ ส่วนนอนของลูก และส่วนพักผ่อน

โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างไม้ ลูกฟักเกล็ดกระจกใส หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังชั้นล่างก่ออิฐ ผนังชั้นบนเป็นผนังเบา

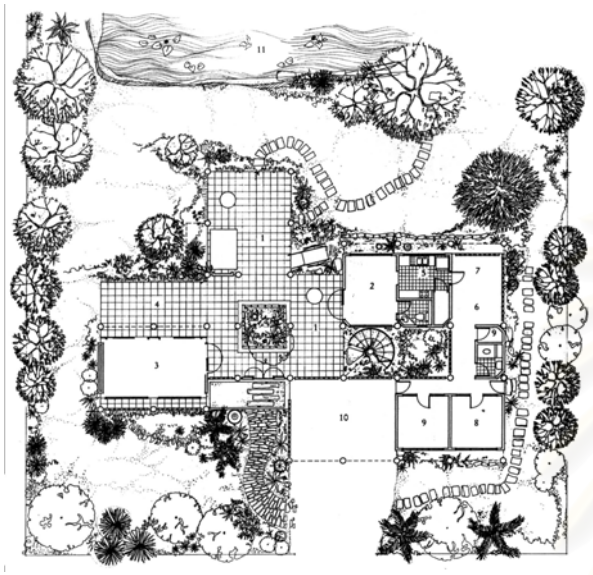
ทัศนียภาพภายนอก

ทัศนียภาพภายใน

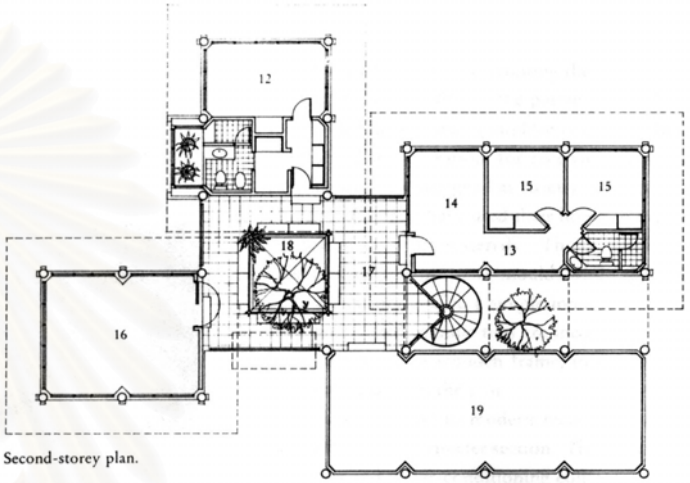


ทัศนียภาพภายใน

รูปที่ ค-11 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยคุณบุญวัฒน์ –ผุสดี ทิพทัศ

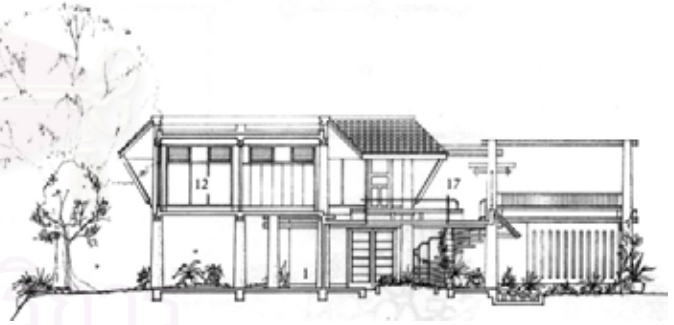


แปลนชั้นล่าง



แปลนชั้นบน

รูปตัดทิศ



รูปตัดทิศ

รูปที่ ค-12 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณบุญวัฒน์ –ผุสดี ทิพทัศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. **กรณีศึกษา : บ้านพักอาศัยคุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์**

เจ้าของ : คุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์

ที่ตั้ง: จ. กรุงเทพฯ

พื้นที่ตั้ง: -

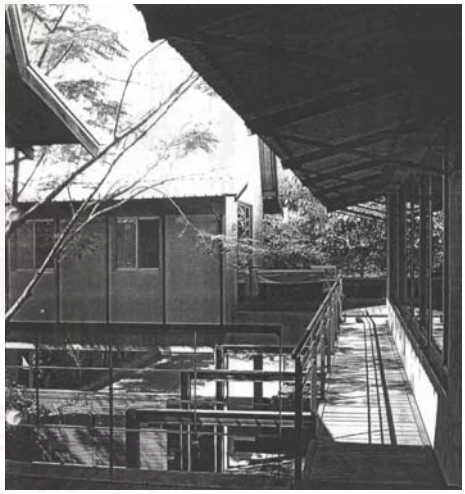
พื้นที่ใช้สอย: - ตารางเมตร

สถาปนิก: คุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2540

พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 2 ชั้น ลักษณะกลุ่มอาคารเชื่อมด้วยชานทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ในลักษณะเปิดโล่งทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนจอดรถและเก็บของ และส่วนอยู่อาศัยของพ่อ-แม่ ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัยของลูก 2 หน่วย แต่ละหน่วยประกอบด้วย ส่วนพักผ่อน และส่วนนอน นอกจากนี้ยังมีหน่วยของส่วนบริการ ได้แก่ ห้องแม่บ้านและส่วนซักรีด

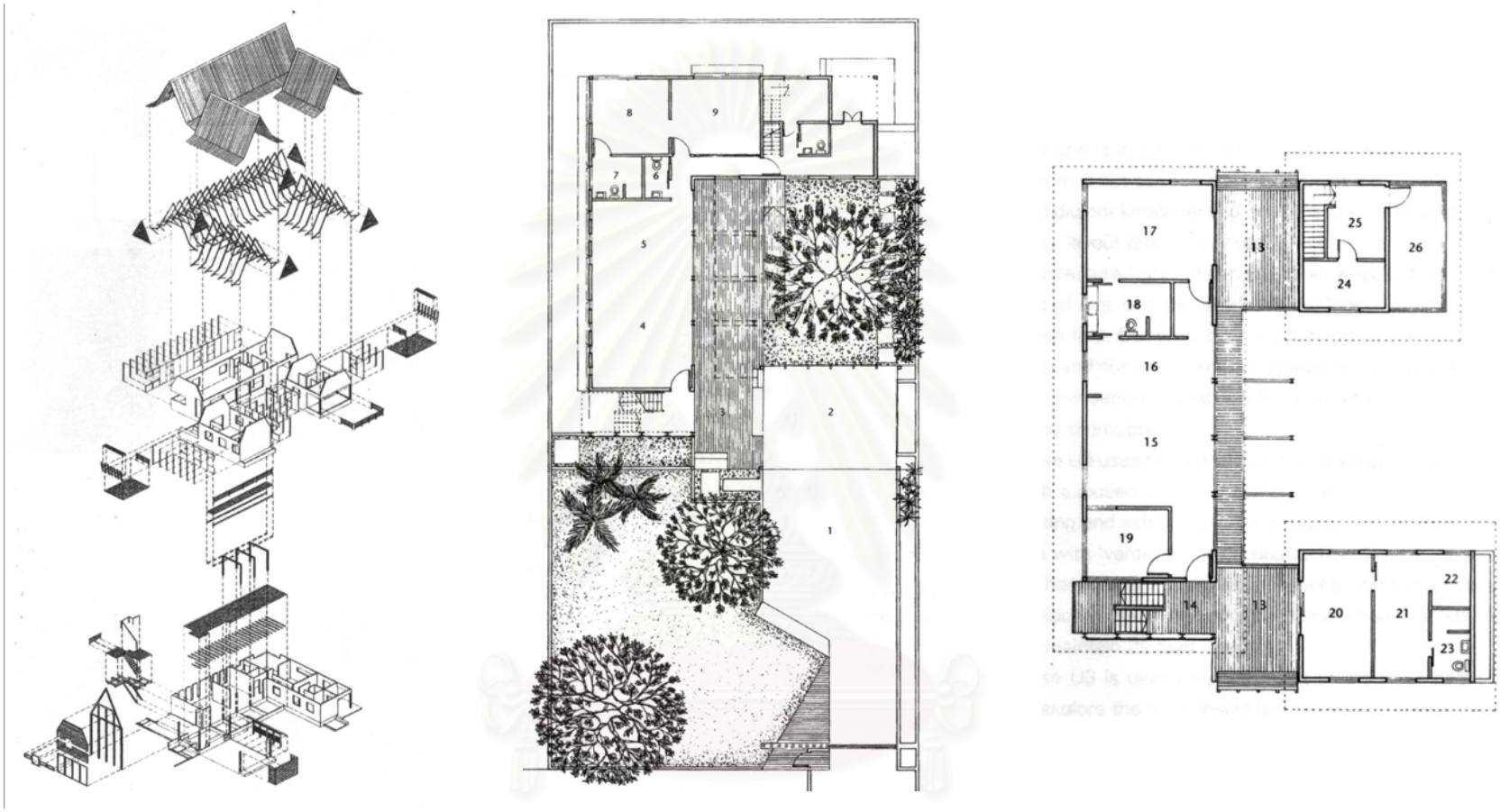
โครงสร้าง: โครงสร้างเหล็ก ประตูหน้าต่างอลูมิเนียม ลูกฟักกระจกใส หลังเหล็กเคลือบสี ผนังแอสเบสตอสซีเมนต์



ทัศนียภาพภายนอก ทัศนียภาพภายใน

รูปที่ ค-13 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยคุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพแสดงโครงสร้าง แปลนพื้นชั้นล่าง แปลนพื้นชั้นบน

รูปที่ ค-14 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณกรรณิกา รัตนปรีดากุลย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. **กรณีศึกษา :** **บ้านพักอาศัยคุณจรัส-สงวน อินพันทัง**

เจ้าของ : คุณจรัส-สงวน อินพันทัง

ที่ตั้ง: ต.โพธิ์พระ อ.เมือง จ. เพชรบุรี

พื้นที่ตั้ง: - ตร.วา

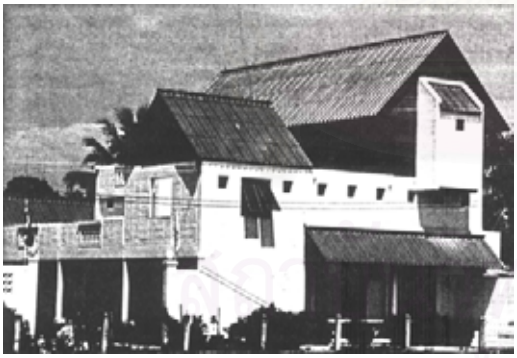
พื้นที่ใช้สอย: 390 ตารางเมตร

สถาปนิก: ผศ. วีระ อินพันทัง

ก่อสร้างเสร็จ: พ.ศ. 2530

พื้นที่ใช้สอย: อาคาร 3 ชั้น ลักษณะอาคารรูปตัวยูโอบล้อมชานทั้งชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นล่างประกอบด้วยส่วนร้านค้า ส่วนรับประทานอาหาร ส่วนรับแขก ส่วนนอนพ่อ-แม่ และส่วนบริการได้แก่ ส่วนครัว ส่วนเก็บของ นอกจากนี้ยังมีเรือนทำขนมและส่วนบรรจุหีบห่อแยกต่างหากจากตัวเรือนใหญ่แต่เชื่อมต่อทางเดินมีหลังคาคลุม ส่วนชั้นบนเป็นส่วนของการอยู่อาศัยประกอบด้วย ส่วนนอนรวม ห้องนอนแขก เรือนพักผ่อนและนอกชาน ส่วนชั้นสามประกอบด้วยส่วนนอนลูกและห้องพระ

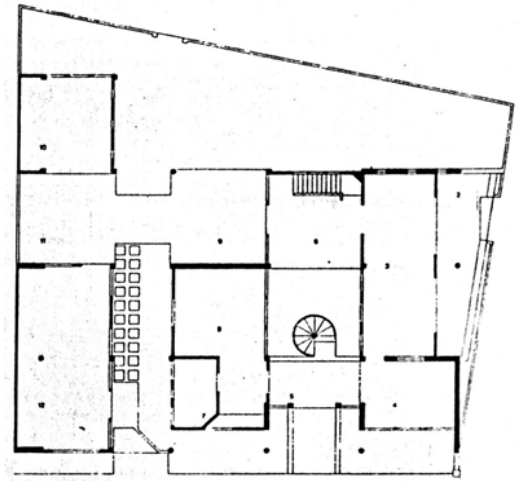
โครงสร้าง: โครงสร้างทั่วไปคอนกรีตเสริมเหล็ก ประตูหน้าต่างไม้ ลูกฟักกระจกใส หลังคาโครงสร้างเหล็กมุงด้วยกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ผนังคอนกรีตบล็อค



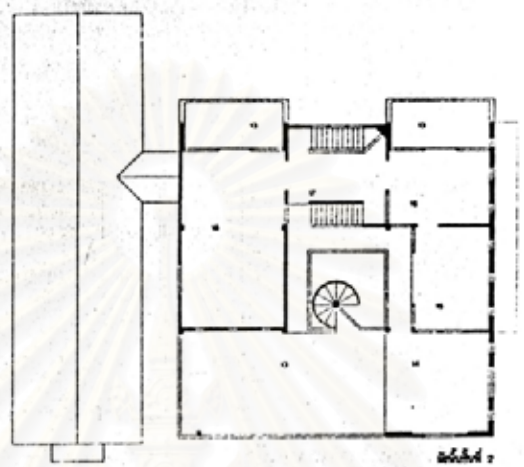
ทัศนียภาพภายนอก

ทัศนียภาพภายใน

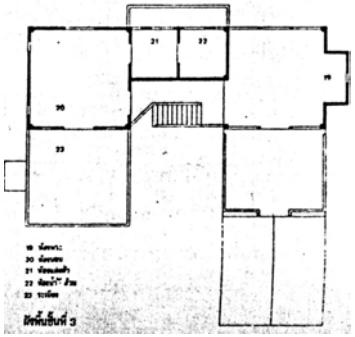
รูปที่ ค-15 แสดงทัศนียภาพบ้านพักอาศัยคุณจรัส-สงวน อินพันทัง



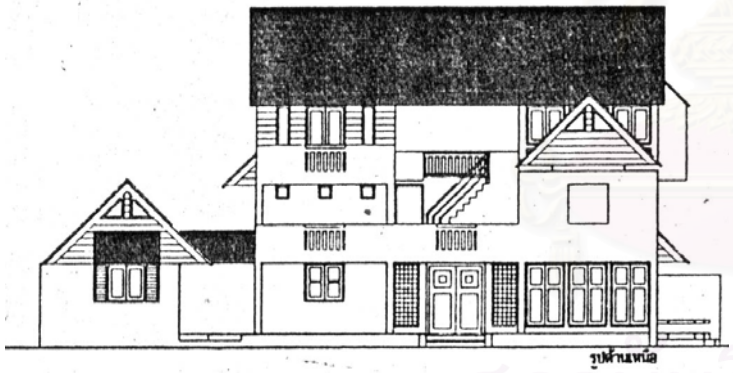
แปลนพื้นชั้นล่าง



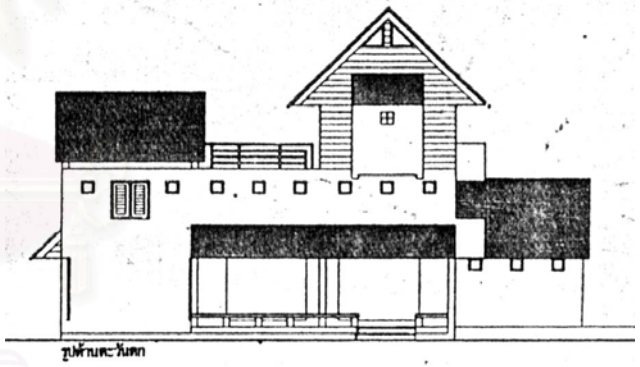
แปลนพื้นชั้นสอง



แปลนพื้นชั้นสาม



รูปด้านทิศเหนือ



รูปด้านทิศตะวันตก

รูปที่ ค-16 แสดงแบบบ้านพักอาศัยคุณจรัส-สงวน อินพันทัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง-1 การป้อนข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์

1. การกำหนดจำนวนเซลล์

- nx ; ny; nz โดยที่

nx คือ จำนวนเซลล์รวมในแกน x

ny คือ จำนวนเซลล์รวมในแกน y

nz คือ จำนวนเซลล์รวมในแกน z

- grid (x, i-min, i-max, pow, pow-min, pow-max) โดยที่

x คือ การระบุตำแหน่ง และจำนวนเซลล์ในแกน x

i-min คือ ตำแหน่งเซลล์เริ่มต้นในแกน x ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1

i-max คือ ตำแหน่งเซลล์สุดท้ายในแกน x

pow-minคือ ระยะเริ่มต้นในแกน x ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0 เมตร

pow-maxคือ ระยะรวมในแกน x (เมตร)

- grid (y, j-min, j-max, pow, pow-min, pow-max) โดยที่

y คือ การระบุตำแหน่ง และจำนวนเซลล์ในแกน y

j-min คือ ตำแหน่งเซลล์เริ่มต้นในแกน y ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1

j-max คือ ตำแหน่งเซลล์สุดท้ายในแกน y

pow-minคือ ระยะเริ่มต้นในแกน y ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0 เมตร

pow-maxคือ ระยะรวมในแกน y (เมตร)

2. การกำหนดรูปแบบการคำนวณ (Equations to Solve)

buoy คือ การกำหนดว่าจะให้โปรแกรมคำนวณแรงลอยตัวของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิหรือไม่

steady คือ การกำหนดว่าจะให้โปรแกรมคำนวณในแบบของ steady state หรือ Transient โดยถ้าเป็นการคำนวณ แบบ transient จะต้องมีการกำหนดว่าจะให้โปรแกรมคำนวณเป็นเวลาทั้งหมดกี่นาที และจะคำนวณในทุกกี่วินาที เพื่อหาจำนวนของ nstep ทั้งหมด เช่น กำหนดให้คำนวณต่อเนื่อง 30 นาที โดยให้โปรแกรมคำนวณทุกๆ 10 วินาที จะได้ว่า 1 นาที เท่ากับ 6 nstep ดังนั้นค่าของ nstep ทั้งหมดก็จะเท่ากับ 180 เป็นต้น

tubke คือ การกำหนดให้โปรแกรมคำนวณเป็นลักษณะของ turbulence หรือไม่

solve (p,u,v,ke,ep,h) คือ การกำหนดให้โปรแกรมแก้สมการหาค่าอะไรบ้าง ได้แก่ ความดัน (p), ความเร็วลม (u, v), พลังงานจลน์ (ke), อัตราการแพร่กระจาย (ep)

3. **การกำหนดความละเอียดในการคำนวณ** (Relaxation)

relaxln (p) คือ ความละเอียดในการคำนวณค่าความดัน

relaxdt (u,v) คือ ความละเอียดในการคำนวณค่าความเร็วลม

relaxdt (ke,ep) คือ ความละเอียดในการคำนวณค่าพลังงานจลน์ และอัตราการแพร่กระจาย

relaxdt (h) คือ ความละเอียดในการคำนวณค่า enthalpy

4. **การกำหนดจำนวนครั้งในการคำนวณซ้ำๆ กัน** (Iteration Counts)

nitphi (p) คือ จำนวนครั้งในการคำนวณความดัน

nitphi (u,v) คือ จำนวนครั้งในการคำนวณความเร็วลม

nitphi (ke,ep) คือ จำนวนครั้งในการคำนวณหาค่าพลังงานจลน์ และอัตราการแพร่กระจาย

nitphi (h,ht1) คือ จำนวนครั้งในการคำนวณค่า enthalpy

nitall คือ จำนวนครั้งในการคำนวณทั้งหมด

5. **การกำหนดสภาวะแวดล้อมในการจำลองสภาพ** (Boundary Conditions)

การกำหนดค่าเหล่านี้จะอยู่ในรูปแบบการป้อนค่าที่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องรายละเอียดของตัวแปร

bdyc (integer, variable, type, filler, C, V, i-min, i-max, j-min, j-max, k-min, k-max, nt-min, nt-max)

integer คือ จำนวนของ boundary condition

variable คือ การกำหนดตัวแปรที่จะป้อนเข้าไป เช่น เป็นค่าพลังงานจลน์ (ke), อัตราการแพร่กระจาย (ep) เป็นต้น

type คือ เป็นลักษณะของ boundary condition เช่น outflow, inflow, wall, walfn, set, หรือ source

filler คือ การกำหนดลักษณะของพิกัดเซลล์ว่าจะเป็นในลักษณะใด เช่น east จะหมายถึง ด้านตะวันออกของเซลล์ที่กำหนด หรือ cell ก็จะหมายถึงทั้งเซลล์ เป็นต้น

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ของตัวแปร (variable)

V คือ ค่าของตัวแปร เช่น เป็นพลังงานจลน์ (ke), หรืออัตราการแพร่กระจาย (ep) เป็นต้น

i-min คือ ตำแหน่งเซลล์เริ่มต้นในแกน x ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1

i-max คือ ตำแหน่งเซลล์สุดท้ายในแกน x ซึ่งถ้าจะกำหนดทุกเซลล์ในแกน x ก็จะมีค่าเท่ากับ nx

j-min คือ ตำแหน่งเซลล์เริ่มต้นในแกน y ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1

j-max คือ ตำแหน่งเซลล์สุดท้ายในแกน y ซึ่งถ้าจะกำหนดทุกเซลล์ในแกน y ก็จะมีค่าเท่ากับ ny

k-min คือ ตำแหน่งเซลล์เริ่มต้นในแกน z ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1

k-max คือ ตำแหน่งเซลล์สุดท้ายในแกน z ซึ่งถ้าจะกำหนดทุกเซลล์ในแกน z ก็จะมีค่าเท่ากับ nz

nt-min คือ จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา (time step) ที่จะทำการคำนวณ

nt-max คือ จุดสุดท้ายของช่วงเวลา (time step) ที่จะทำการคำนวณ

โดยที่การป้อนพิกัดกรอบอาคาร ซึ่งเป็นค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยน ค่าของ nt-min, nt-max จะมีค่า 0, 0 ส่วนการป้อนสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งมีการแปรเปลี่ยน ค่า nt-min, nt-max จะมีค่า 1, nstep โดยถ้าเป็นการคำนวณแบบ steady state ซึ่งเป็นการกำหนดให้สภาวะแวดล้อมต่างๆ มีค่าคงที่ ดังนั้น โปรแกรมจะกำหนดค่า nt-max เท่ากับ 1 เสมอ ซึ่งอาจเขียนค่า nt-min, nt-max ในรูปของ 1, 1 ก็ได้ แต่ถ้าการคำนวณแบบ transient ค่า nt-max จะมีค่าเท่ากับ nstep

- **ค่าพลังงานจลน์ (ke), อัตราการแพร่กระจาย (ep), และค่า enthalpy (h)**

variable กำหนดให้เป็น ค่าพลังงานจลน์ (ke), อัตราการแพร่กระจาย (ep) และค่า enthalpy (h)

type กำหนดให้เป็น set

filler กำหนดให้เป็น cell ก็จะหมายถึงทั้งเซลล์

ซึ่งค่าเหล่านี้อยู่นอกเหนือขอบเขตของการวิจัย จึงไม่จำเป็นต้องป้อนค่าเหล่านี้ลงในโปรแกรม

- **การกำหนดพิกัดกรอบอาคาร**

variable กำหนดให้เป็น por เมื่อกำหนดให้เซลล์ทั้งเซลล์เป็นกรอบอาคารทั้งเซลล์
pore หรือ porn เมื่อกำหนดให้ผนังด้านเหนือ หรือตะวันออกของเซลล์นั้นเป็นกรอบอาคาร โดยจะไม่มี porw และ pors
port เมื่อกำหนดให้ผนังด้านบนของเซลล์เป็นกรอบอาคาร

type กำหนดให้เป็น set

filler กำหนดให้เป็น cell ก็จะหมายถึงทั้งเซลล์

- **การกำหนดอุณหภูมิ ณ ระนาบพื้นผิว**

การกำหนดอุณหภูมิ ณ จะกำหนดลงบนผิวของเซลล์ที่ปรากฏอยู่ ดังนั้น ในการป้อนข้อมูลจะต้องบอกลงไปว่าอยู่ทิศไหนของเซลล์นั้นๆ

variable กำหนดให้เป็น enthalpy (h)

type กำหนดให้เป็น wall

filler กำหนดให้เป็น east, north, west, หรือ south แล้วแต่กรณี ว่าเป็นค่า enthalpy ที่ผนังด้านใดของเซลล์

ซึ่งค่าเหล่านี้อยู่นอกเหนือขอบเขตของการวิจัย จึงไม่จำเป็นต้องป้อนค่าเหล่านี้ลงในโปรแกรม

- **การกำหนดความเร็วลมในทิศแนวนอน (u) และแนวตั้ง (v) ณ ระนาบพื้นผิวภายในอาคาร**

การกำหนดความเร็วลมจะกำหนดลงบนผิวของเซลล์ที่ปรากฏอยู่ เช่นเดียวกับการกำหนดอุณหภูมิ ณ ระนาบพื้นผิว ดังนั้น ในการป้อนข้อมูลจะต้องบอกลงไปว่าอยู่ทิศไหนของเซลล์นั้นๆ โดยการกำหนดความเร็วลมที่ระนาบพื้นผิวภายในอาคารนี้ จะกำหนดให้ผนังแนวนอน มีค่า u = 0 และผนังแนวตั้ง มีค่า v = 0

variable กำหนดให้เป็น ความเร็วในแนวนอน (u) หรือความเร็วลมในแนวตั้ง (v)

type กำหนดให้เป็น wall

filler กำหนดให้เป็น east, north, west, หรือ south แล้วแต่กรณี ว่าเป็นความเร็วลมที่ผนังด้านใดของเซลล์

- **การกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของลมที่พัดอยู่นอกอาคาร**

variable กำหนดให้เป็น ความดัน(p), ความเร็วลม (u,v), พลังงานจลน์ (ke) อัตราการแพร่กระจาย (ep), และค่า enthalpy (h)

type กำหนดให้เป็น inflow

filler กำหนดให้เป็น west

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง-2 ตัวอย่างการป้อนข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์ การทดลองบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาแบบกลุ่มอาคารต่อเนื่อง เมื่อกระแสลมภายนอกพัดมาในทิศตั้งฉากกับด้านหน้าอาคาร

```
title=Subin 080704
# note: base case 2 south
idbg=0
#
steady = true
buoy = false
restrt=off
dump=off
nx=53; ny=54; nz=34
#xlast=76.0;ylast=64.0;zlast=23.0

# grid
grid (x,1,2, pow,0.0,8.0)
grid (x,3,4, pow,0.0,4.0)
grid (x,5,6, pow,0.0,2.0)
grid (x,7,45, pow,0.0,15.6)
grid (x,46,47, pow,0.0,2.0)
grid (x,48,49, pow,0.0,4.0)
grid (x,50,53, pow,0.0,16.0)

grid (y,1,2, pow,0.0,8.0)
grid (y,3,4, pow,0.0,4.0)
grid (y,5,6, pow,0.0,2.0)
grid (y,7,46, pow,0.0,16.0)
grid (y,47,49, pow,0.0,3.0)
grid (y,50,52, pow,0.0,6.0)
grid (y,53,54, pow,0.0,8.0)

grid (z,1,6, pow,0.0,2.4)
grid (z,7,11, pow,0.0,1.0)
grid (z,12,30, pow,0.0,7.6)
grid (z,31,32, pow,0.0,2.0)
grid (z,33,34, pow,0.0,4.0)
# EQUATIONS TO SOLVE
turbke=true     # turbulent flow problem
solve(p,u,v,w,ke,ep)=true
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
# PRINT OUT
iprtmn=1; iprtmx=nx     # i cell range for printing
jprtmn=1; jprtmx=ny     # j cell range for printing
kprtmn=1; kprtmx=nz     # k cell range for printing
icol=5                  # number of columns
ndtprt=1
iniprt=false            # do not print initial field values
neqprt=1;nmoprt=1;print(p,u,v,ke,ep,h)=1
# RELAXATION
relaxln(p)=0.1
relaxdt(u,v,w)=1.0e-2
relaxdt(ke,ep)=1.0e-2
#relaxdt(h)=0.5

# ITERATION COUNTS
nitphi(p)=10
nitphi(u,v,w,ke,ep)=1
nitphi(h,ht1)=1
nitall=5000

# INITIAL CONDITIONS
bdyc(1,ke,set,cell,0.0,0.00000025   ,1,nx,1,ny,1,nz,0,0)
bdyc(1,ep,set,cell,0.0,0.000000000015   ,1,nx,1,ny,1,nz,0,0)

# ground floor
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,12,39,12,27,1,1,0,0)# fl1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,21,30,28,32,1,1,0,0)# fl1-2
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,16,35,28,36,1,1,0,0)# fl1-3
# second floor
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,12,20,12,27,10,11,0,0) # fl2-w-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,31,39,12,21,10,11,0,0)# fl2-e-1
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,16,35,28,36,10,11,0,0) # fl2-n-1
bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,21,30,12,23,10,10,0,0) # fl2-t-1
bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,21,23,24,27,10,10,0,0) # fl2-t-2
bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,28,30,24,27,10,10,0,0) # fl2-t-3
# stair floor
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,10,11,0,0) # flst-n-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,22,27,10,11,0,0) # flst-e-1
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,22,27,10,11,0,0) # flst-w-1
```

#dining room wall

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,2,3,0,0) # wall-d-n1-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,2,3,0,0) # wall-d-s1-1

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,27,2,3,0,0) # wall-d-w1-1

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,27,2,3,0,0) # wall-d-e1-1

bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,32,35,27,27,4,6,0,0) # wall-d-n2-1

bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,32,33,12,12,4,6,0,0) # wall-d-s2-1

bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,37,38,12,12,4,6,0,0) # wall-d-s2-1

bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,14,4,6,0,0) # wall-d-e2-1

bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,18,22,4,6,0,0) # wall-d-e2-2

bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,25,27,4,6,0,0) # wall-d-e2-3

bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,14,4,6,0,0) # wall-d-w2-1

bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,18,22,4,6,0,0) # wall-d-w2-2

bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,25,27,4,6,0,0) # wall-d-w2-3

bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,7,9,0,0) # wall-d-n3-1

bdyc (16,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,7,9,0,0) # wall-d-s3-1

bdyc (17,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,27,7,9,0,0) # wall-d-w3-1

bdyc (18,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,27,7,9,0,0) # wall-d-e3-1

kitchen room wall

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,17,34,36,36,2,3,0,0) # wall-k-n1-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,17,21,28,28,2,3,0,0) # wall-k-s1-1

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,23,28,31,31,2,6,0,0) # wall-k-s1-2

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,30,34,28,28,2,3,0,0) # wall-k-s1-3

bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,36,2,3,0,0) # wall-k-e1-1

bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,29,29,28,35,2,6,0,0) # wall-k-c1-1

bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,22,22,28,35,2,6,0,0) # wall-k-c1-2

bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,36,2,3,0,0) # wall-k-w1-1

bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,26,26,32,35,2,6,0,0) # wall-k-c1-3

bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,17,17,36,36,4,6,0,0) # wall-k-n2-1

bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,20,22,36,36,4,6,0,0) # wall-k-n2-2

bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,24,27,36,36,4,6,0,0) # wall-k-n2-3

bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,29,31,36,36,4,6,0,0) # wall-k-n2-4

bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,34,34,36,36,4,6,0,0) # wall-k-n2-5

bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,17,20,28,28,4,6,0,0) # wall-k-s2-1

bdyc (18,por,set, cell,0.0,0.0,31,34,28,28,4,6,0,0) # wall-k-s2-4

bdyc (19,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,30,4,6,0,0) # wall-k-e2-1

bdyc (20,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,34,36,4,6,0,0) # wall-k-e2-2

bdyc (21,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,30,4,6,0,0) # wall-k-w2-1

bdyc (22,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,34,36,4,6,0,0) # wall-k-w2-2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
bdyc (23,por,set, cell,0.0,0.0,17,34,36,36,7,9,0,0) # wall-k-n3-1
bdyc (24,por,set, cell,0.0,0.0,17,21,28,28,7,9,0,0) # wall-k-s3-1
bdyc (25,por,set, cell,0.0,0.0,23,28,31,31,7,9,0,0) # wall-k-s3-2
bdyc (26,por,set, cell,0.0,0.0,30,34,28,28,7,9,0,0) # wall-k-s3-3
bdyc (27,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,36,7,9,0,0) # wall-k-e3-1
bdyc (28,por,set, cell,0.0,0.0,29,29,28,35,7,9,0,0) # wall-k-c3-1
bdyc (29,por,set, cell,0.0,0.0,22,22,28,35,7,9,0,0) # wall-k-c3-2
bdyc (30,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,36,7,9,0,0) # wall-k-w3-1
bdyc (31,por,set, cell,0.0,0.0,26,26,32,35,7,9,0,0) # wall-k-c3-3
# store wall
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,27,27,2,3,0,0) # wall-s-n1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,22,22,2,3,0,0) # wall-s-s1-1
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,22,27,2,6,0,0) # wall-s-e1-1
bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,22,27,2,3,0,0) # wall-s-w1-1
bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,27,27,4,6,0,0) # wall-s-n2-1
bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,16,19,27,27,4,6,0,0) # wall-s-n2-2
bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,12,14,22,22,4,6,0,0) # wall-s-s2-1
bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,18,19,22,22,4,6,0,0) # wall-s-s2-2
bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,23,23,4,6,0,0) # wall-s-w2-1
bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,26,26,4,6,0,0) # wall-s-w2-2
bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,27,27,7,9,0,0) # wall-s-n3-1
bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,22,22,7,9,0,0) # wall-s-s3-1
bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,22,27,7,9,0,0) # wall-s-e3-1
bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,22,27,7,9,0,0) # wall-s-w3-1
# parking wall
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,12,12,2,9,0,0) # wall-p-w1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,27,27,12,12,2,9,0,0) # wall-p-e1-1
# living room wall
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,12,13,0,0) # wall-l-n1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,12,13,0,0) # wall-l-s1-1
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,27,12,13,0,0) # wall-l-w1-1
bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,27,12,13,0,0) # wall-l-e1-1
bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,32,35,27,27,14,16,0,0) # wall-l-n2-1
bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,32,33,12,12,14,16,0,0) # wall-l-s2-1
bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,37,38,12,12,14,16,0,0) # wall-l-s2-1
bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,14,14,16,0,0) # wall-l-e2-1
bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,18,22,14,16,0,0) # wall-l-e2-2
bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,25,27,14,16,0,0) # wall-l-e2-3
bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,14,14,16,0,0) # wall-l-w2-1
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,18,22,14,16,0,0) # wall-l-w2-2
bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,25,27,14,16,0,0) # wall-l-w2-3
bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,17,19,0,0) # wall-l-n3-1
bdyc (16,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,17,19,0,0) # wall-l-s3-1
bdyc (17,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,27,17,19,0,0) # wall-l-w3-1
bdyc (18,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,27,17,19,0,0) # wall-l-e3-1
bdyc (19,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,17,19,0,0) # wall-l-n3-1
bdyc (20,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,17,19,0,0) # wall-l-s3-1
bdyc (21,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,12,27,17,19,0,0) # wall-l-w3-1
bdyc (22,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,12,27,17,19,0,0) # wall-l-e3-1
bdyc (23,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,27,27,20,20,0,0) # wall-l-n4-1
bdyc (24,por,set, cell,0.0,0.0,34,36,27,27,21,21,0,0) # wall-l-n4-2
bdyc (25,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,27,27,22,22,0,0) # wall-l-n4-3
bdyc (26,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,12,12,20,20,0,0) # wall-l-s4-1
bdyc (27,por,set, cell,0.0,0.0,34,36,12,12,21,21,0,0) # wall-l-s4-2
bdyc (28,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,12,12,22,22,0,0) # wall-l-s4-3
# master bed room wall
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,27,27,12,13,0,0) # wall-mb-n1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,12,12,12,13,0,0) # wall-mb-s1-1
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,12,27,12,13,0,0) # wall-mb-e1-1
bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,12,27,12,13,0,0) # wall-mb-w1-1
bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,21,26,12,16,0,0) # wall-mb-c1-1
bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,13,16,20,20,12,16,0,0) # wall-mb-c1-2
bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,13,13,27,27,14,16,0,0) # wall-mb-n2-1
bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,15,18,27,27,14,16,0,0) # wall-mb-n2-2
bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,19,19,27,27,14,16,0,0) # wall-mb-n2-3
bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,13,14,12,12,14,16,0,0) # wall-mb-s2-1
bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,18,19,12,12,14,16,0,0) # wall-mb-s2-2
bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,12,14,14,16,0,0) # wall-mb-e2-1
bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,18,22,14,16,0,0) # wall-mb-e2-2
bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,25,27,14,16,0,0) # wall-mb-e2-3
bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,12,14,14,16,0,0) # wall-mb-w2-1
bdyc (16,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,18,22,14,16,0,0) # wall-mb-w2-2
bdyc (17,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,25,27,14,16,0,0) # wall-mb-w2-3
bdyc (18,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,27,27,17,19,0,0) # wall-mb-n3-1
bdyc (19,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,12,12,17,19,0,0) # wall-mb-s3-1
bdyc (20,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,12,27,17,19,0,0) # wall-mb-e3-1
bdyc (21,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,12,27,17,19,0,0) # wall-mb-w3-1
bdyc (22,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,21,26,17,19,0,0) # wall-mb-c3-1
```

bdyc (23,por,set, cell,0.0,0.0,13,15,20,20,17,19,0,0) # wall-mb-c3-2

bdyc (24,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,27,27,20,20,0,0) # wall-mb-n4-1

bdyc (25,por,set, cell,0.0,0.0,15,17,27,27,21,21,0,0) # wall-mb-n4-2

bdyc (26,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,27,27,22,22,0,0) # wall-mb-n4-3

bdyc (27,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,12,12,20,20,0,0) # wall-mb-s4-1

bdyc (28,por,set, cell,0.0,0.0,15,17,12,12,21,21,0,0) # wall-mb-s4-2

bdyc (29,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,12,12,22,22,0,0) # wall-mb-s4-3

bed room wall

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,17,34,36,36,12,13,0,0) # wall-b-n1-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,17,22,28,28,12,13,0,0) # wall-b-s1-1

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,29,34,28,28,12,13,0,0) # wall-b-s1-2

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,36,12,13,0,0) # wall-b-e1-1

bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,36,12,13,0,0) # wall-b-w1-1

bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,23,23,28,35,12,16,0,0) # wall-b-c1-1

bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,28,28,28,35,12,16,0,0) # wall-b-c1-2

bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,24,27,31,31,12,16,0,0) # wall-b-c1-3

bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,17,18,36,36,14,16,0,0) # wall-b-n2-1

bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,21,24,36,36,14,16,0,0) # wall-b-n2-2

bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,27,30,36,36,14,16,0,0) # wall-b-n2-3

bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,33,34,36,36,14,16,0,0) # wall-b-n2-4

bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,17,20,28,28,14,16,0,0) # wall-b-s2-1

bdyc (16,por,set, cell,0.0,0.0,31,34,28,28,14,16,0,0) # wall-b-s2-4

bdyc (17,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,30,14,16,0,0) # wall-b-e2-1

bdyc (18,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,34,36,14,16,0,0) # wall-b-e2-2

bdyc (19,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,30,14,16,0,0) # wall-b-w2-1

bdyc (20,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,34,36,14,16,0,0) # wall-b-w2-2

bdyc (21,por,set, cell,0.0,0.0,17,34,36,36,17,19,0,0) # wall-b-n3-1

bdyc (22,por,set, cell,0.0,0.0,17,22,28,28,17,19,0,0) # wall-b-s3-1

bdyc (23,por,set, cell,0.0,0.0,29,34,28,28,17,19,0,0) # wall-b-s3-2

bdyc (24,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,28,36,17,19,0,0) # wall-b-e3-1

bdyc (25,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,28,36,17,19,0,0) # wall-b-w3-1

bdyc (26,por,set, cell,0.0,0.0,23,23,28,35,17,19,0,0) # wall-b-c3-1

bdyc (27,por,set, cell,0.0,0.0,28,28,28,35,17,19,0,0) # wall-b-c3-2

bdyc (28,por,set, cell,0.0,0.0,24,27,31,31,17,19,0,0) # wall-b-c3-3

bdyc (29,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,29,35,20,20,0,0) # wall-b-e4-1

bdyc (30,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,31,33,21,21,0,0) # wall-b-e4-2

bdyc (31,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,32,32,22,22,0,0) # wall-b-e4-3

bdyc (32,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,29,35,20,20,0,0) # wall-b-w4-1

bdyc (33,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,31,33,21,21,0,0) # wall-b-w4-2

bdyc (34,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,32,32,22,22,0,0) # wall-b-w4-3

wall terrace

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,21,30,12,12,11,12,0,0) # wall-t-s1-1

#ceiling

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,32,38,13,26,19,19,0,0) # ceil-l-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,13,19,13,26,19,19,0,0) # ceil-mb-1

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,17,34,29,35,19,19,0,0) # ceil-b-1

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,24,27,28,28,19,19,0,0) # ceil-b-2

master bed room roof

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,20,20,11,28,20,20,0,0) # roof-mb-e1-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,18,19,11,28,21,21,0,0) # roof-mb-e1-2

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,17,17,11,28,22,22,0,0) # roof-mb-e1-3

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,16,16,11,28,23,23,0,0) # roof-mb-e1-4

bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,12,12,11,28,20,20,0,0) # roof-mb-w1-1

bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,13,14,11,28,21,21,0,0) # roof-mb-w1-2

bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,15,15,11,28,22,22,0,0) # roof-mb-w1-3

bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,23,23,9,28,18,18,0,0) # roof-mb-e2-1

bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,21,22,10,28,19,19,0,0) # roof-mb-e2-2

bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,9,9,9,30,18,18,0,0) # roof-mb-w2-1

bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,10,11,10,29,19,19,0,0) # roof-mb-w2-2

bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,10,15,30,30,18,18,0,0) # roof-mb-n2-1

bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,12,15,28,29,19,19,0,0) # roof-mb-n2-2

bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,10,22,9,9,18,18,0,0) # roof-mb-s2-1

bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,12,20,10,11,19,19,0,0) # roof-mb-s2-2

#living roof

bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,39,39,11,28,20,20,0,0) # roof-l-e1-1

bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,37,38,11,28,21,21,0,0) # roof-l-e1-2

bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,36,36,11,28,22,22,0,0) # roof-l-e1-3

bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,35,35,11,28,23,23,0,0) # roof-l-e1-4

bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,31,31,11,28,20,20,0,0) # roof-l-w1-1

bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,32,33,11,28,21,21,0,0) # roof-l-w1-2

bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,34,34,11,28,22,22,0,0) # roof-l-w1-3

bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,42,42,9,30,18,18,0,0) # roof-l-e2-1

bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,40,41,10,29,19,19,0,0) # roof-l-e2-2

bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,28,28,9,28,18,18,0,0) # roof-l-w2-1

bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,29,30,10,28,19,19,0,0) # roof-l-w2-2

bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,36,41,30,30,18,18,0,0) # roof-l-n2-1

bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,36,39,28,29,19,19,0,0) # roof-l-n2-2

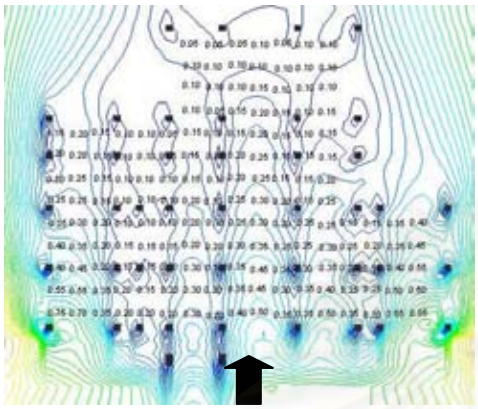
bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,29,41,9,9,18,18,0,0) # roof-l-s2-1

```
bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,31,39,10,11,19,19,0,0) # roof-l-s2-2
# bed room roof
bdyc (1,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,36,36,20,20,0,0) # roof-b-n1-1
bdyc (2,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,34,35,21,21,0,0) # roof-b-n1-2
bdyc (3,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,33,33,22,22,0,0) # roof-b-n1-3
bdyc (4,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,32,32,23,23,0,0) # roof-b-n1-4
bdyc (5,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,28,28,20,20,0,0) # roof-b-s1-1
bdyc (6,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,29,30,21,21,0,0) # roof-b-s1-2
bdyc (7,por,set, cell,0.0,0.0,15,36,31,31,22,22,0,0) # roof-b-s1-3
bdyc (8,por,set, cell,0.0,0.0,13,38,39,39,18,18,0,0) # roof-b-n2-1
bdyc (9,por,set, cell,0.0,0.0,14,37,37,38,19,19,0,0) # roof-b-n2-2
bdyc (10,por,set, cell,0.0,0.0,21,30,25,25,18,18,0,0) # roof-b-s2-1
bdyc (11,por,set, cell,0.0,0.0,21,30,26,27,19,19,0,0) # roof-b-s2-2
bdyc (12,por,set, cell,0.0,0.0,38,38,28,38,18,18,0,0) # roof-b-e2-1
bdyc (13,por,set, cell,0.0,0.0,36,37,28,36,19,19,0,0) # roof-b-e2-2
bdyc (14,por,set, cell,0.0,0.0,13,13,28,38,18,18,0,0) # roof-b-w2-1
bdyc (15,por,set, cell,0.0,0.0,14,15,28,36,19,19,0,0) # roof-b-w2-2

rho = 1.0
gravz = -9.81

# BOUNDARY CONDITIONS
bdyc(10,p, inflow,south,1.35,  1.0,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)
bdyc(10,u, inflow,south,0.0, 0.0,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)
bdyc(10,v, inflow,south,1.35,  1.35,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)
bdyc(10,ke,inflow,south,1.35, 0.00000025,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)
bdyc(10,ep,inflow,south,1.35, 0.000000000015,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)
#bdyc(10,h ,inflow,south,1.35, 32000,1,nx,1,1,1,nz,1,nstep)

bdyc(30,p, outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
bdyc(30,u, outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
bdyc(30,v, outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
bdyc(30,w, outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
bdyc(30,ke,outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
bdyc(30,ep,outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)
#bdyc(30,h ,outflow,north,0.0,0.0,1,nx,ny,ny,1,nz,1,nstep)

igradp=3 #  High order pressure gradient boundary condition helps alot
# Thats all
```

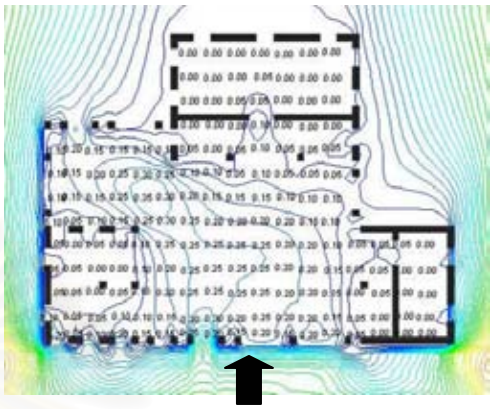
ภาคผนวก จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ-1 ข้อมูลความเร็วลมจากการทดลองส่วนที่ 1

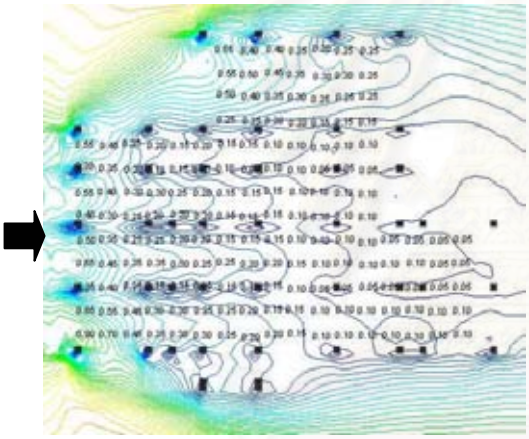


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

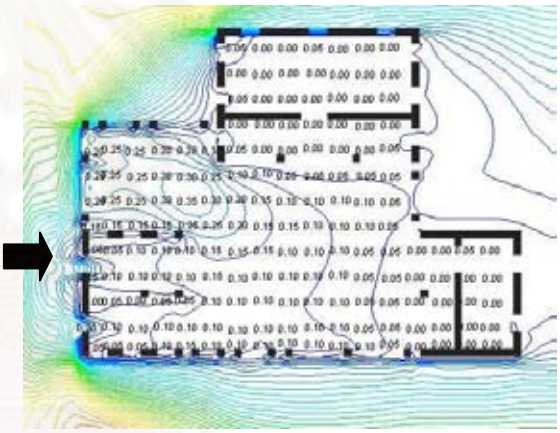


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/1-1

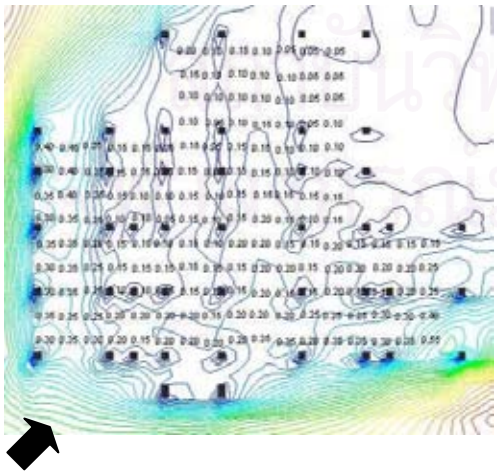


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

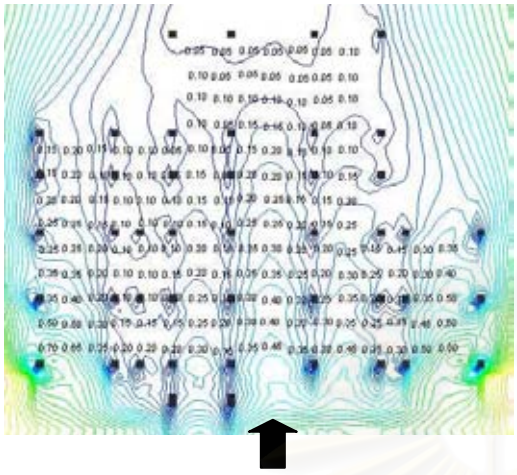
การทดลองที่ 1/1-2



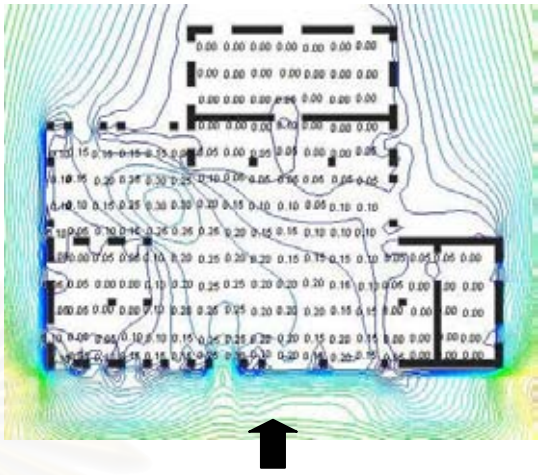
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/1-3

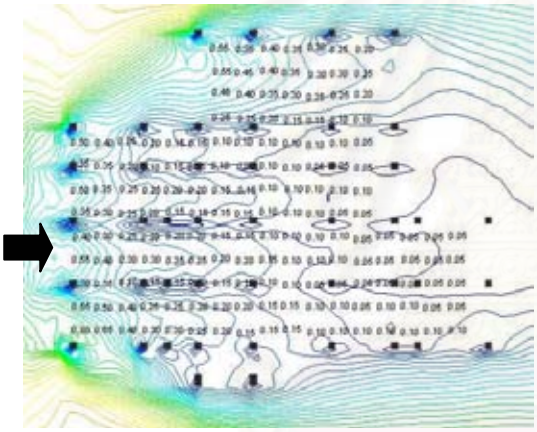


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

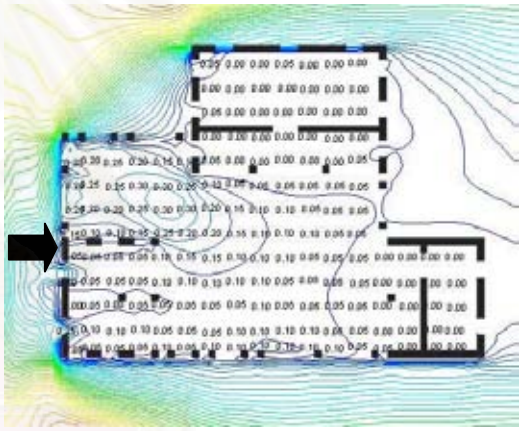


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-1



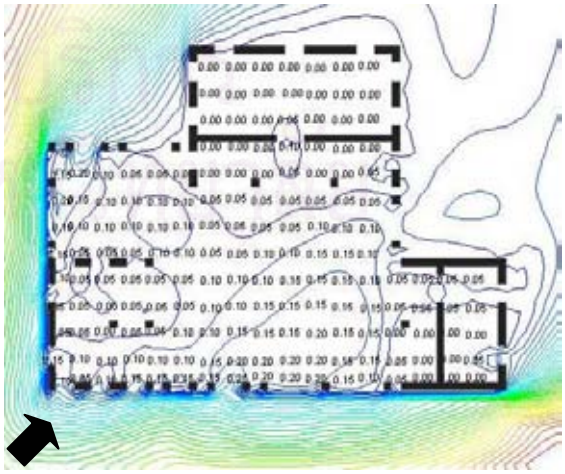
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

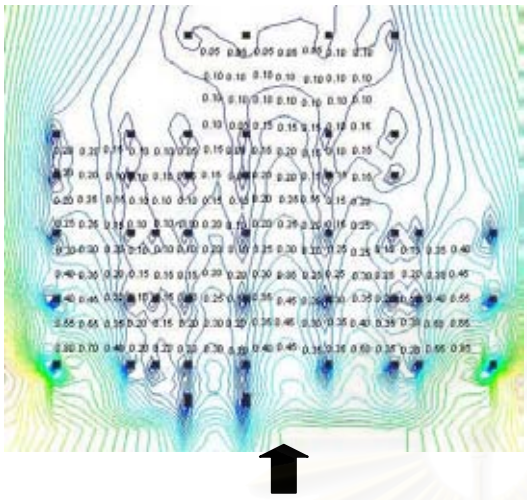
การทดลองที่ 1/2-2

ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

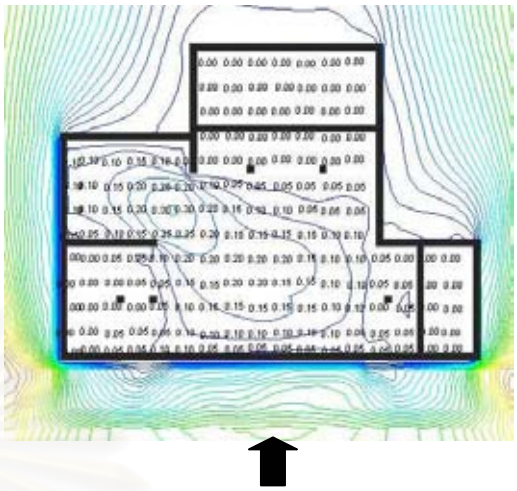


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-3

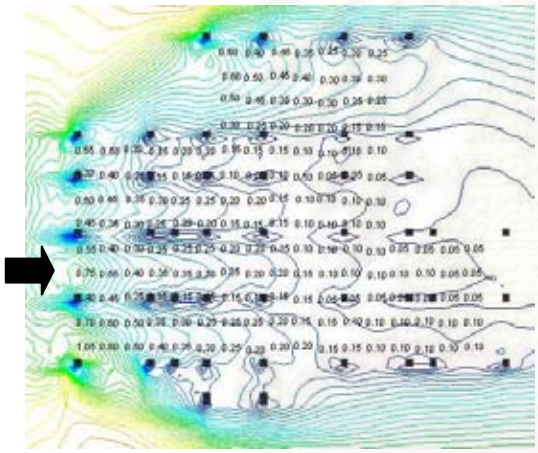


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

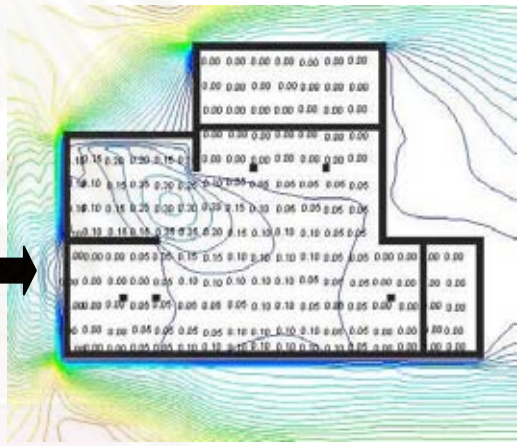


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-4

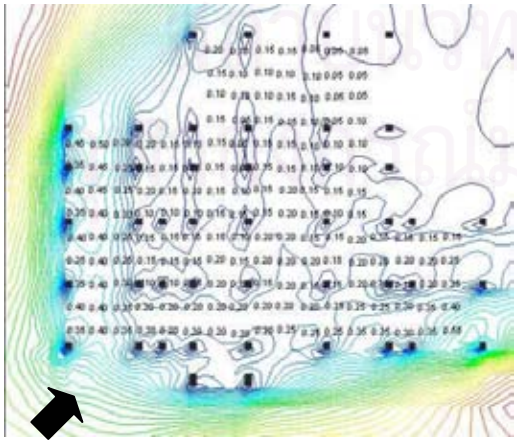


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

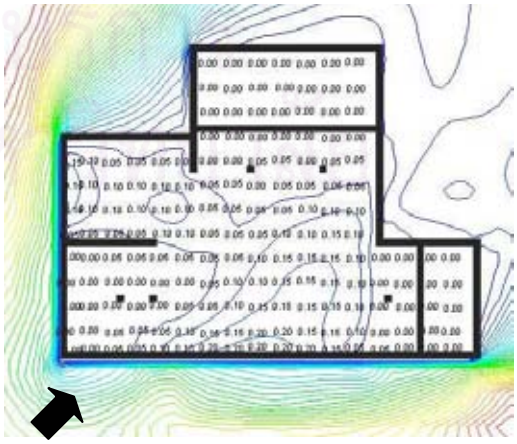


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

การทดลองที่ 1/2-5

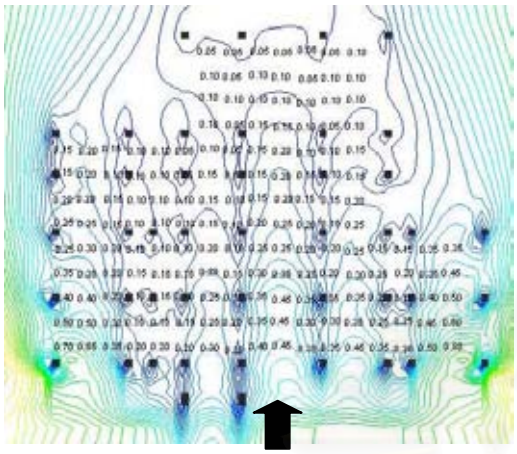


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

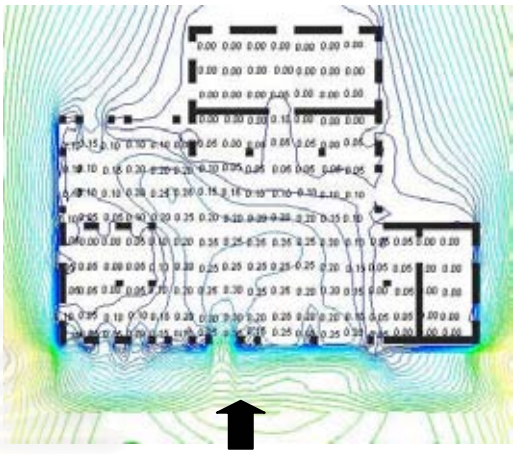


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-6

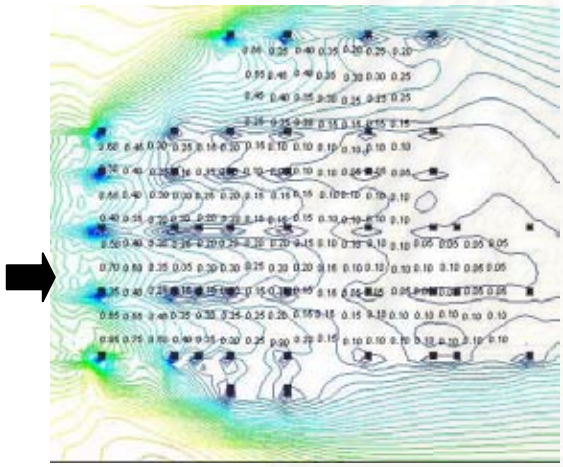


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

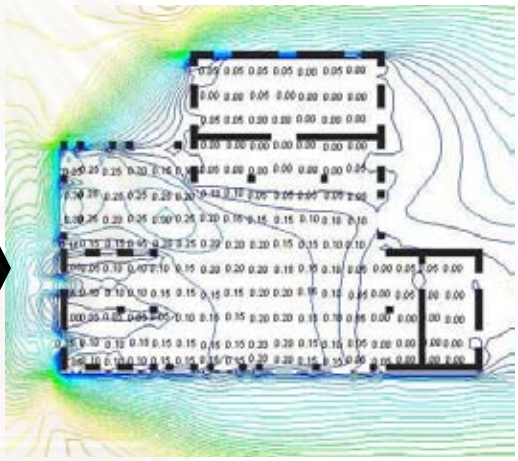


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-7

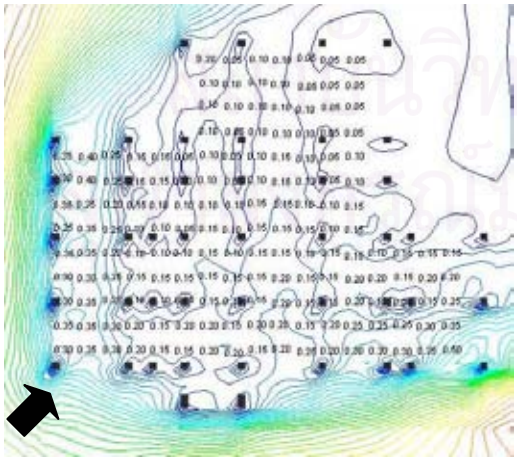


ล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

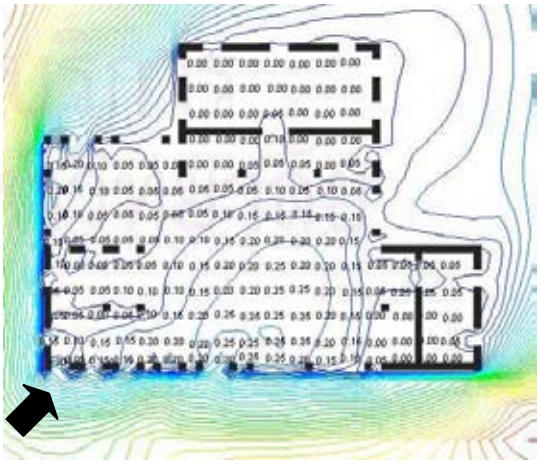


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

การทดลองที่ 1/2-8

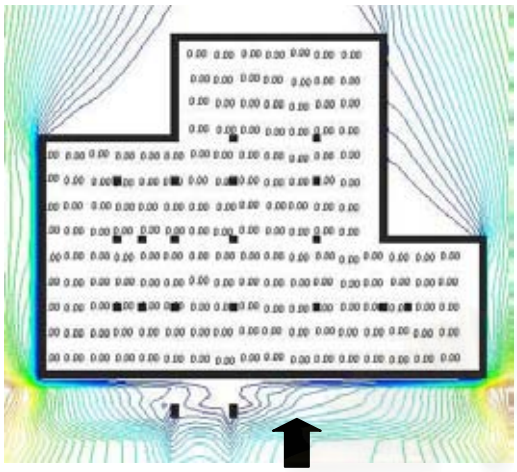


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

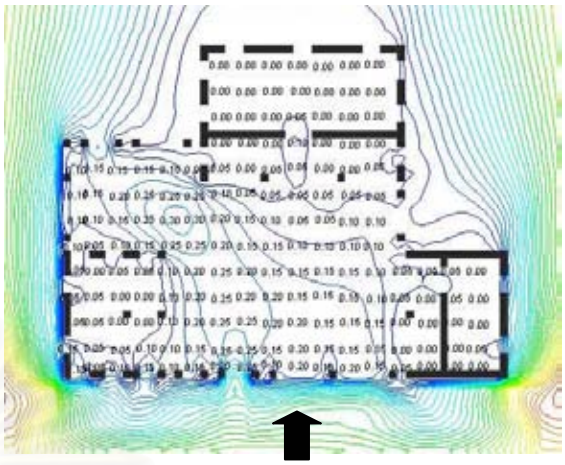


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-9

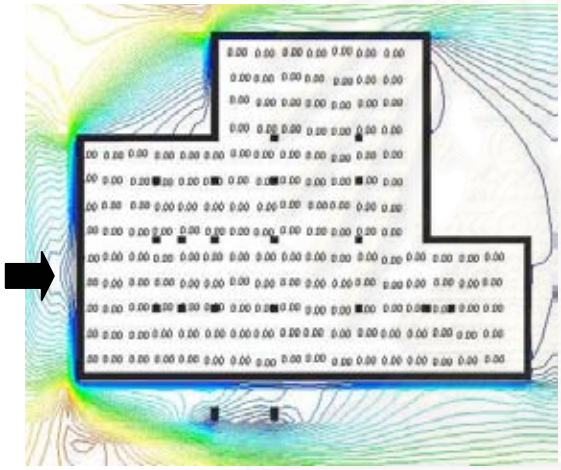


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

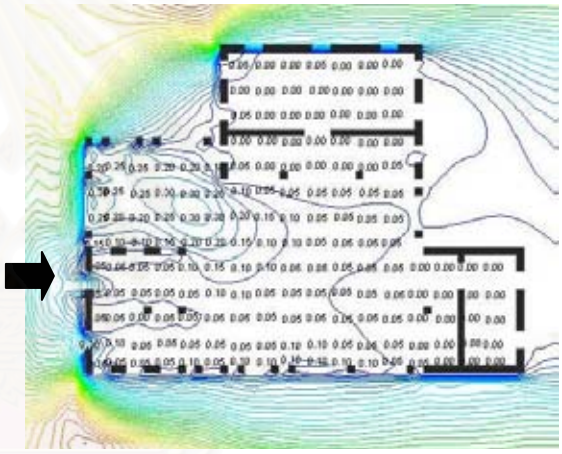


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-10

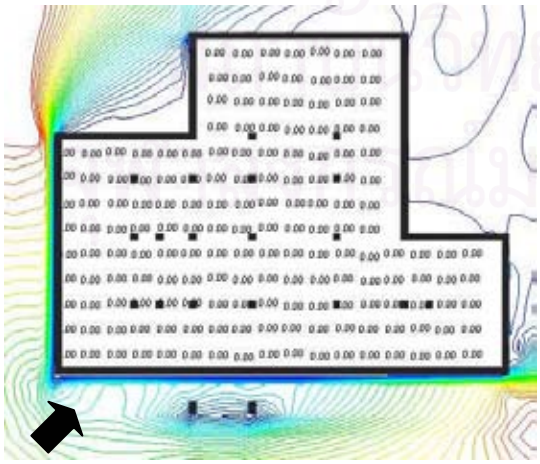


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

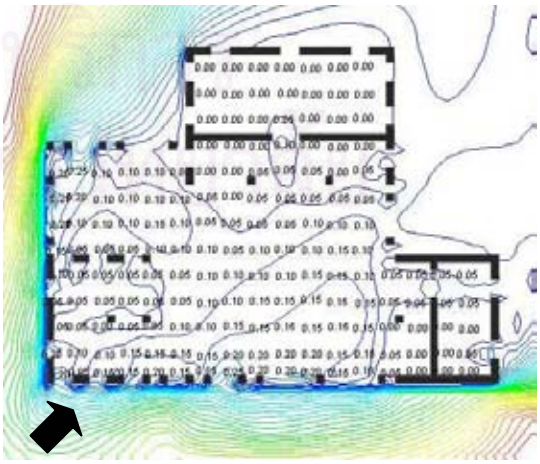


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

การทดลองที่ 1/2-11

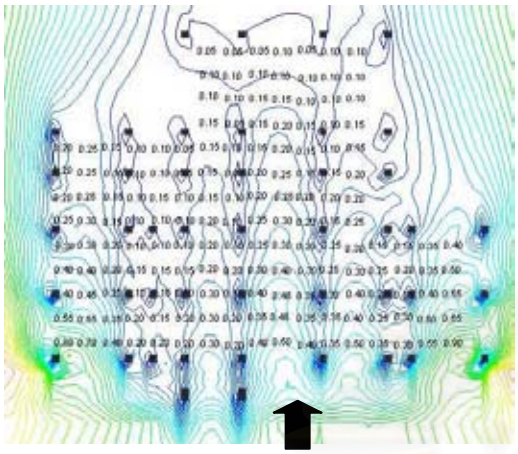


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

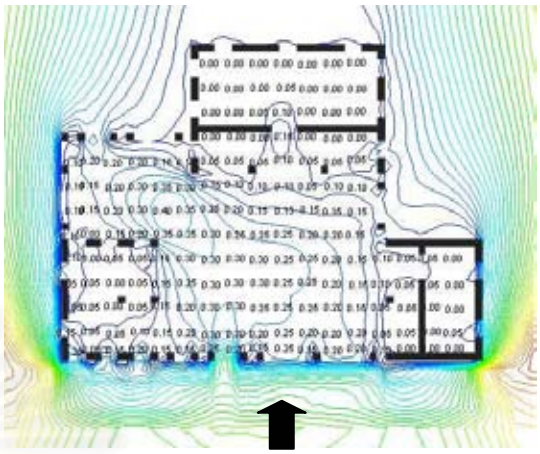


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-12

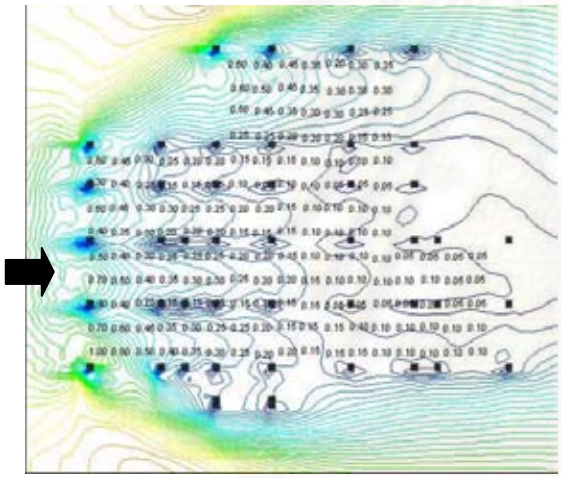


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

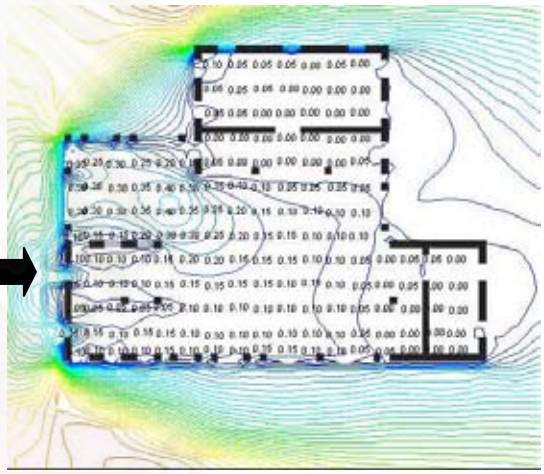


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-13

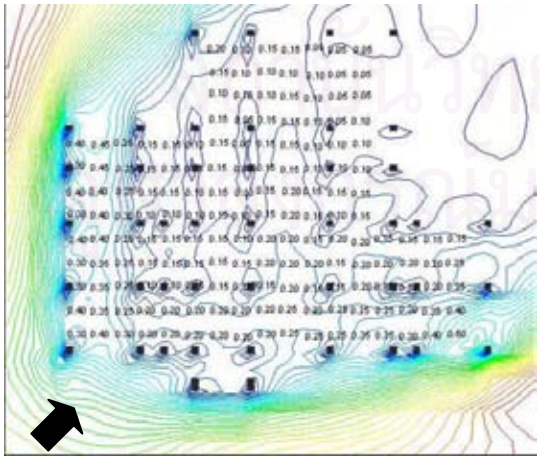


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

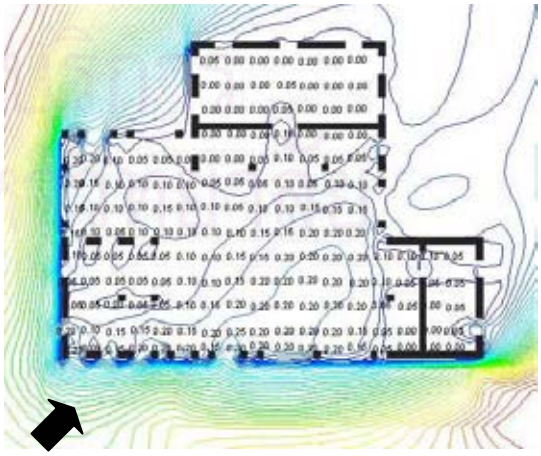


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

การทดลองที่ 1/2-14



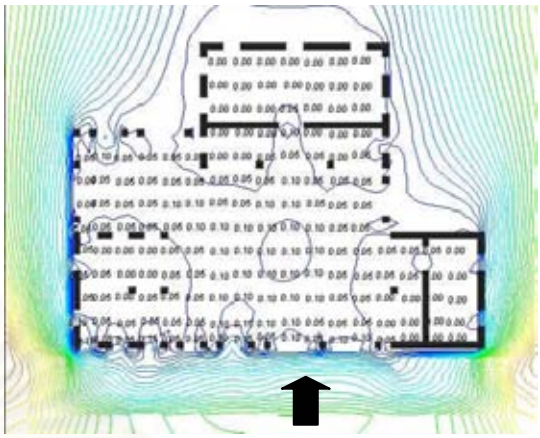
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

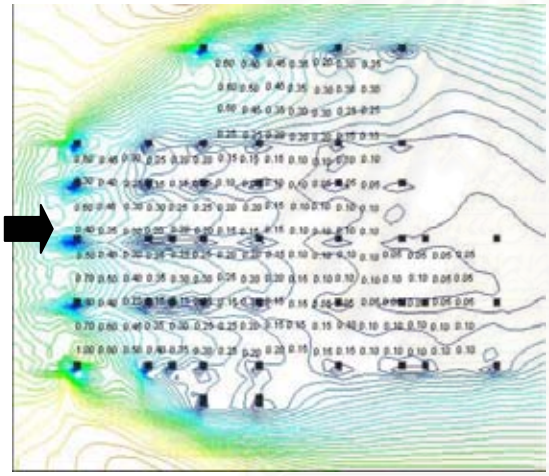
การทดลองที่ 1/2-15

ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

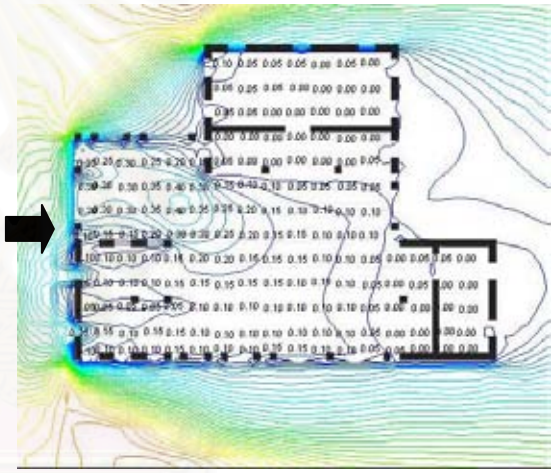


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-16

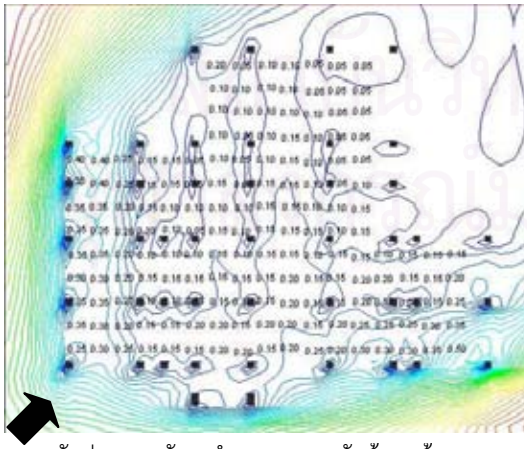


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

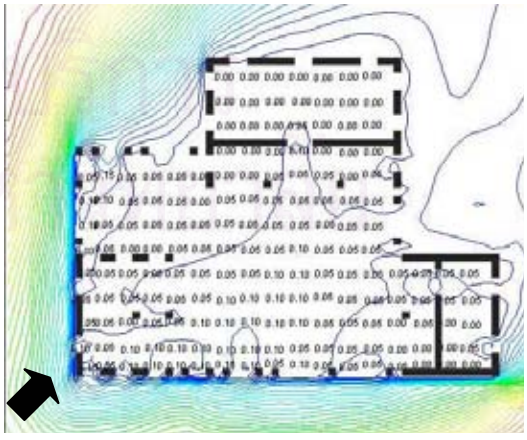


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร

การทดลองที่ 1/2-17



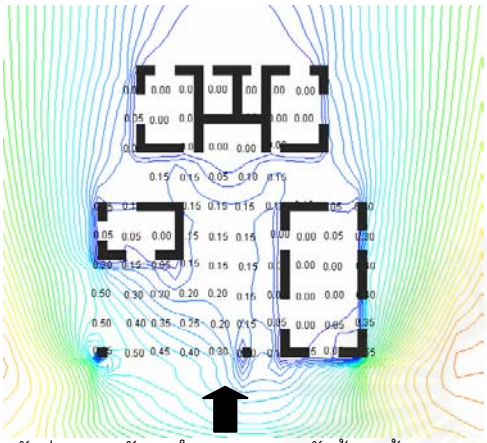
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร



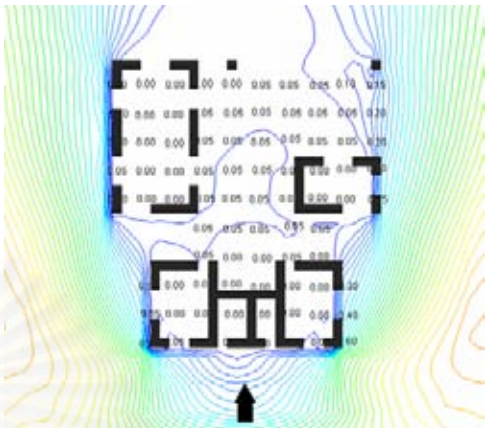
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร

การทดลองที่ 1/2-18

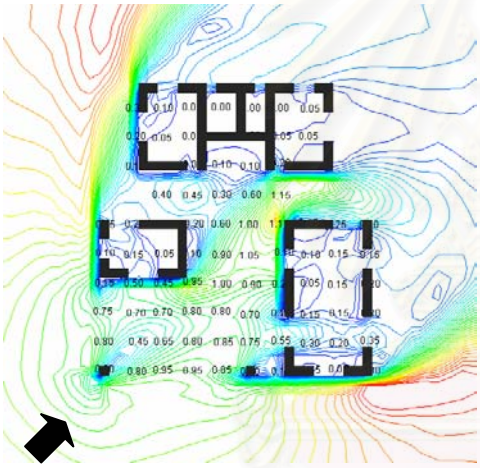
จ-2 ข้อมูลความเร็วลมจากการทดลองส่วนที่ 2



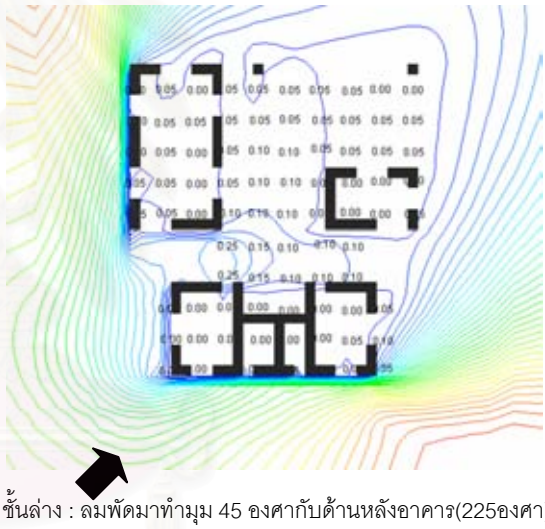
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)
การทดลองที่ 2/1-1



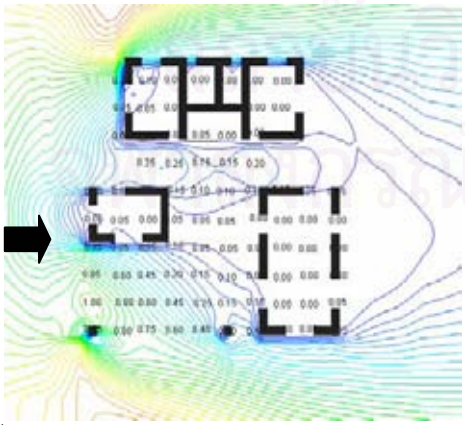
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)
การทดลองที่ 2/1-4



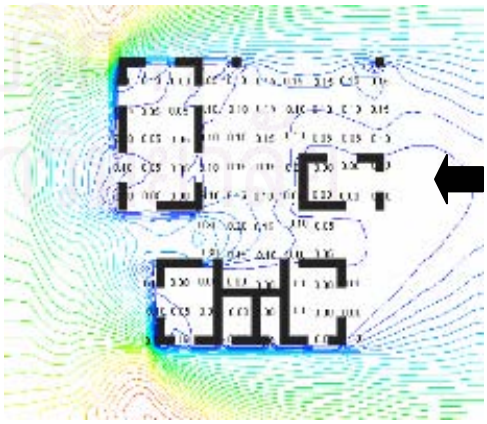
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)
การทดลองที่ 2/1-2



ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)
การทดลองที่ 2/1-5

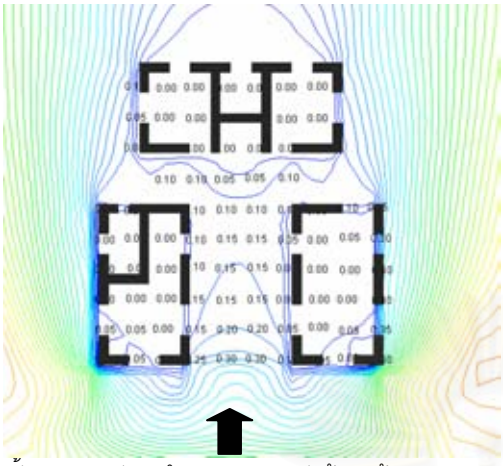


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)
การทดลองที่ 2/1-3



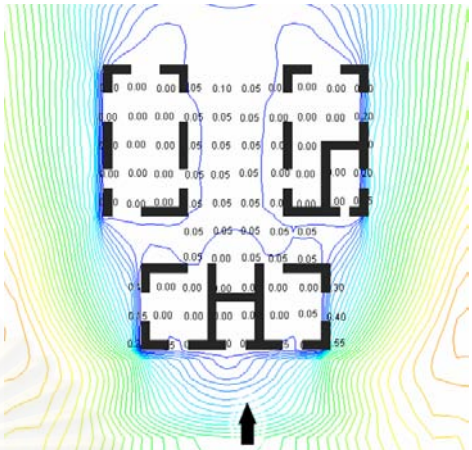
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)
การทดลองที่ 2/1-6

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 1-6



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)

การทดลองที่ 2/1-1

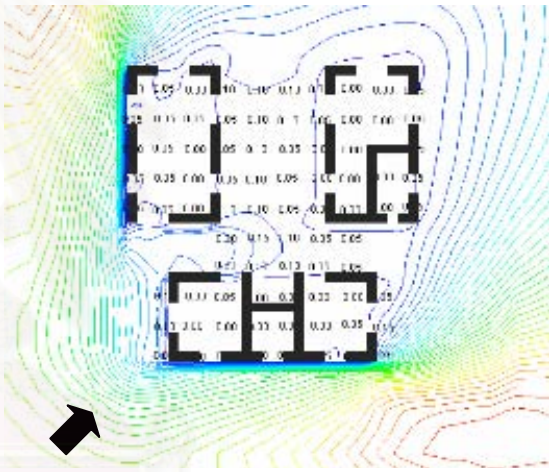


ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)

การทดลองที่ 2/1-4

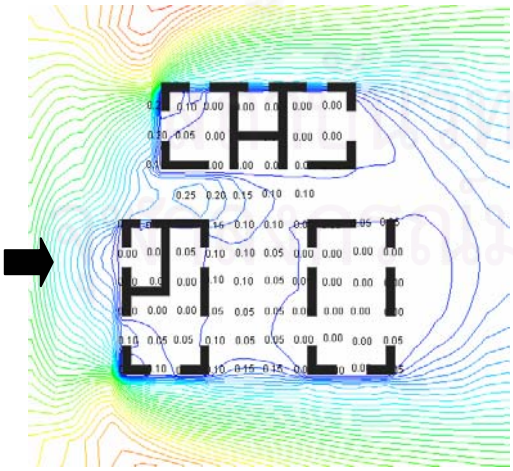
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)

การทดลองที่ 2/1-2



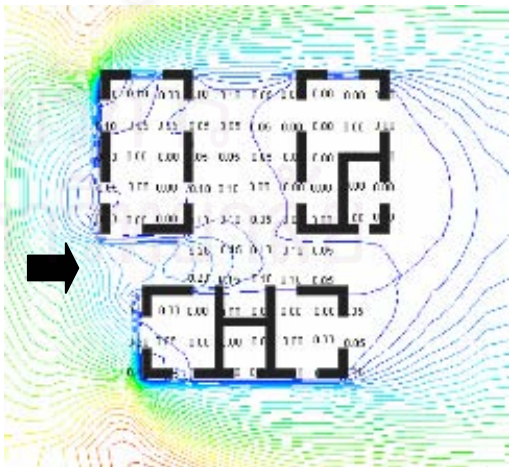
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)

การทดลองที่ 2/1-5



ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)

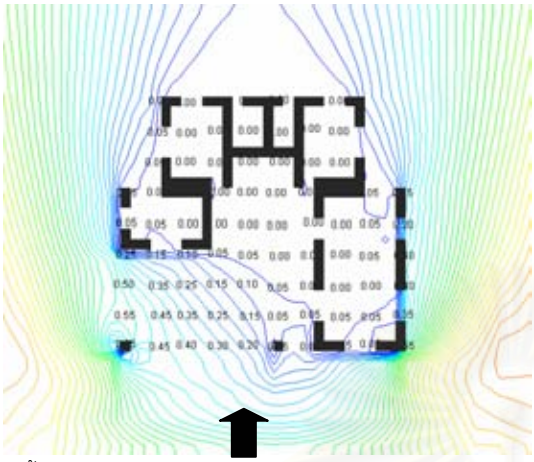
การทดลองที่ 2/1-3



ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)

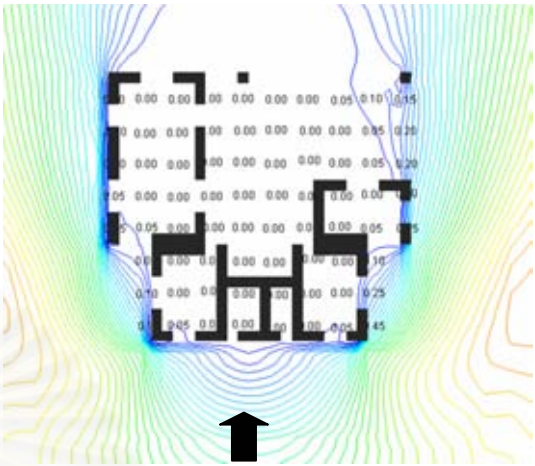
การทดลองที่ 2/1-6

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นบน จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 1-6



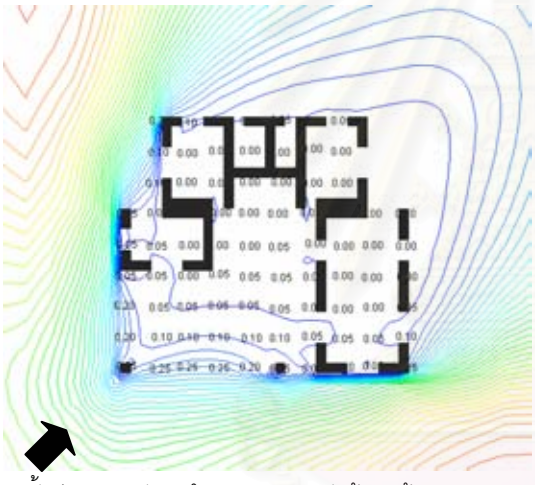
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)

การทดลองที่ 2/1-7



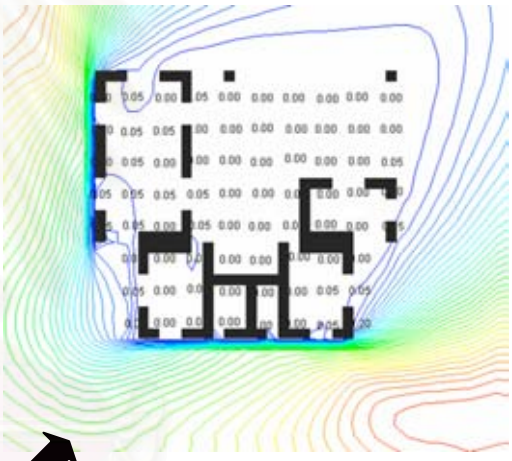
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)

การทดลองที่ 2/1-10



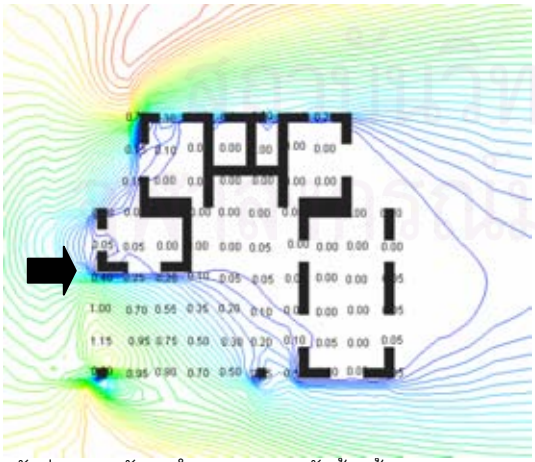
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)

การทดลองที่ 2/1-8



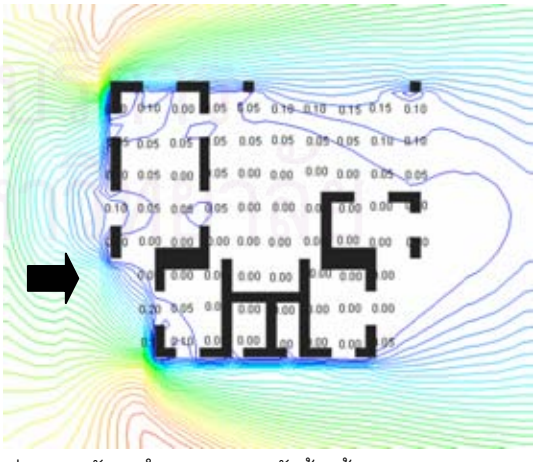
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)

การทดลองที่ 2/1-11



ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)

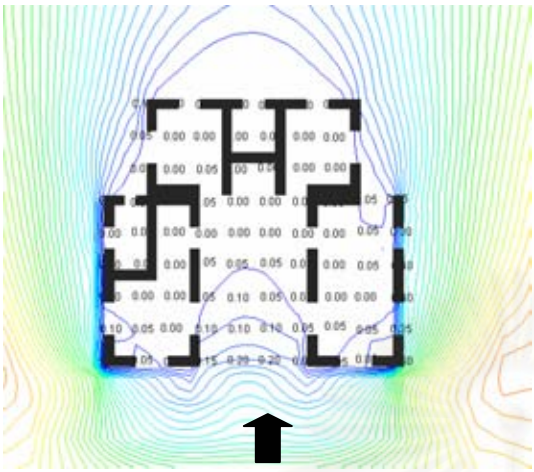
การทดลองที่ 2/1-9



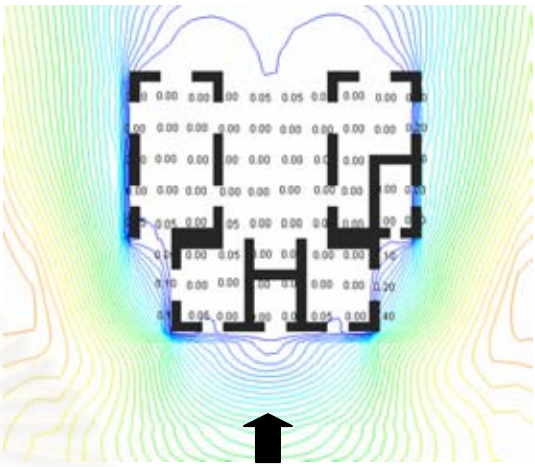
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)

การทดลองที่ 2/1-12

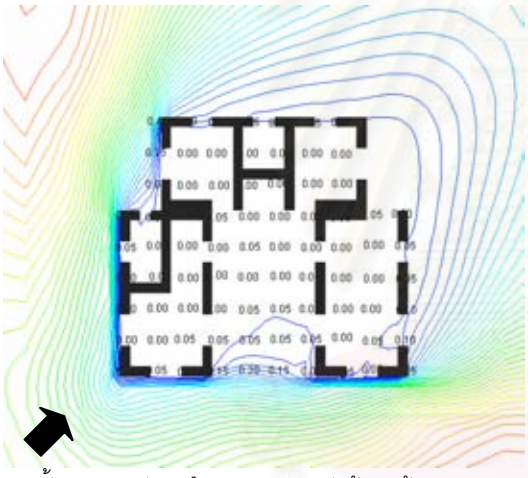
ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 7-12



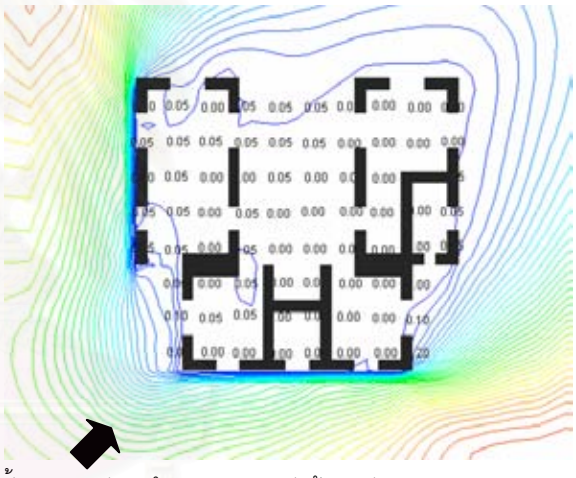
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)
การทดลองที่ 2/1-7



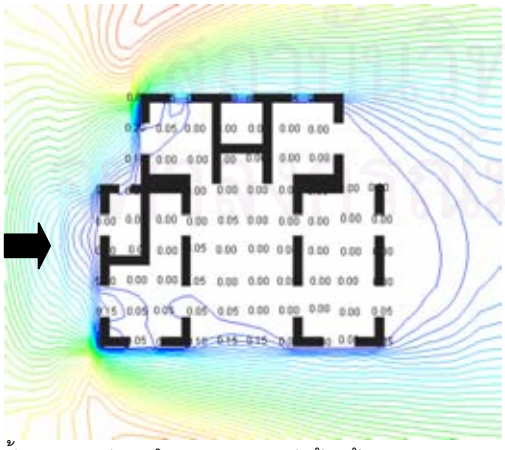
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)
การทดลองที่ 2/1-10



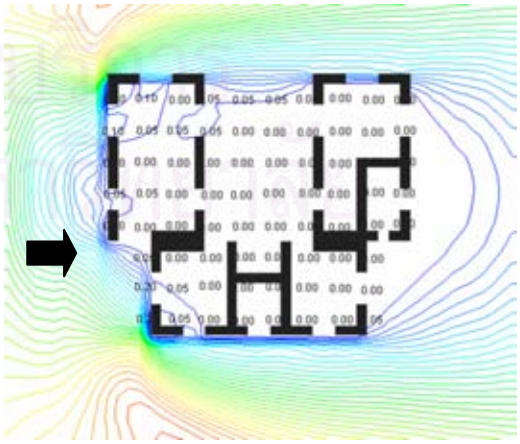
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)
การทดลองที่ 2/1-8



ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)
การทดลองที่ 2/1-11

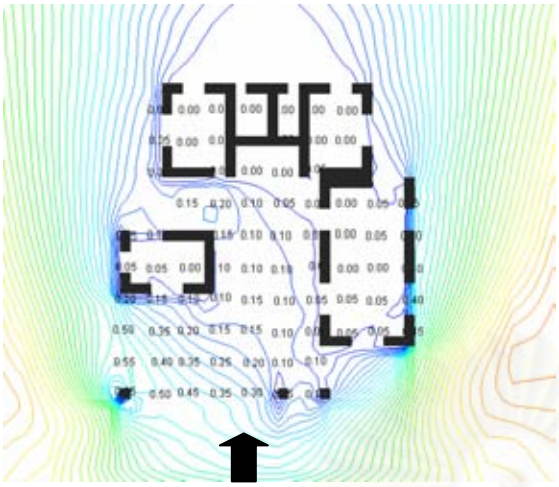


ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)
การทดลองที่ 2/1-9



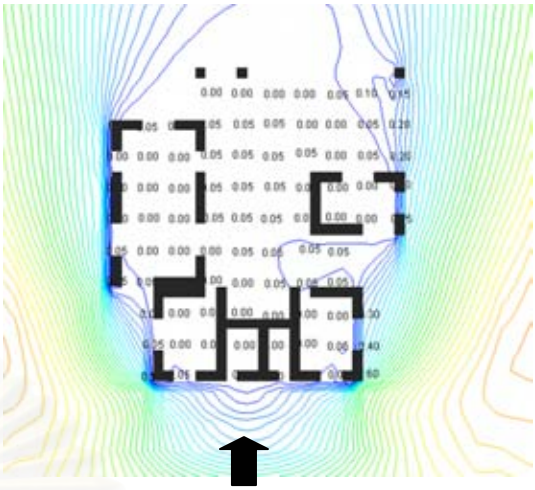
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)
การทดลองที่ 2/1-12

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นบน จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 7-12



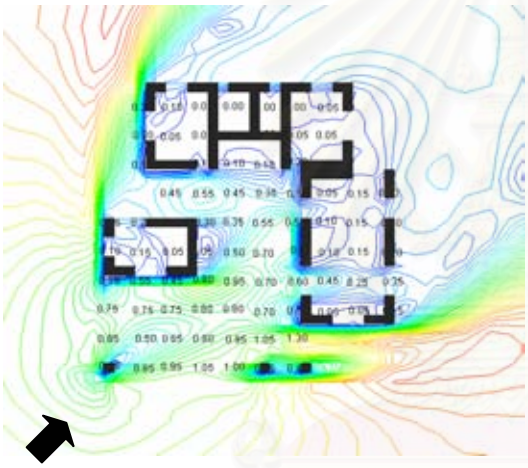
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)

การทดลองที่ 2/1-13



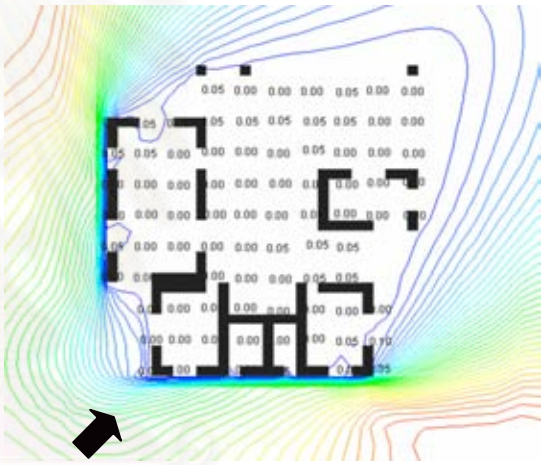
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)

การทดลองที่ 2/1-16



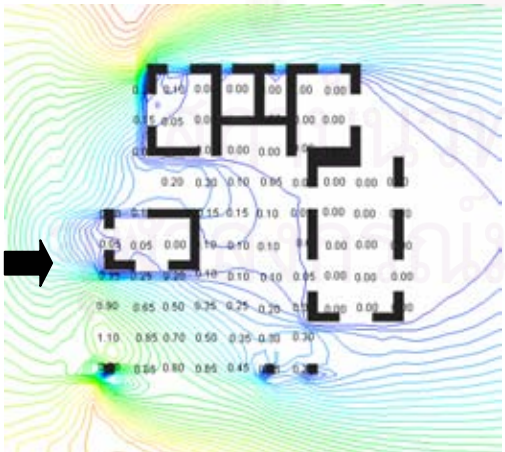
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)

การทดลองที่ 2/1-14



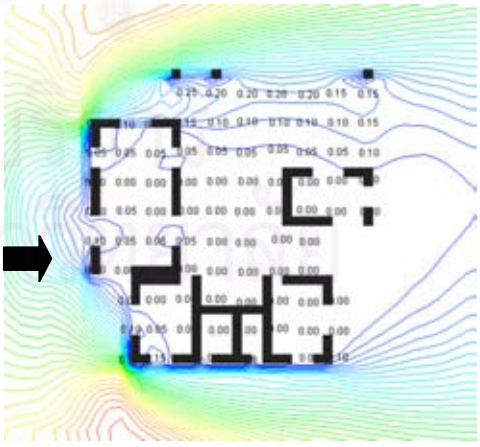
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)

การทดลองที่ 2/1-17



ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)

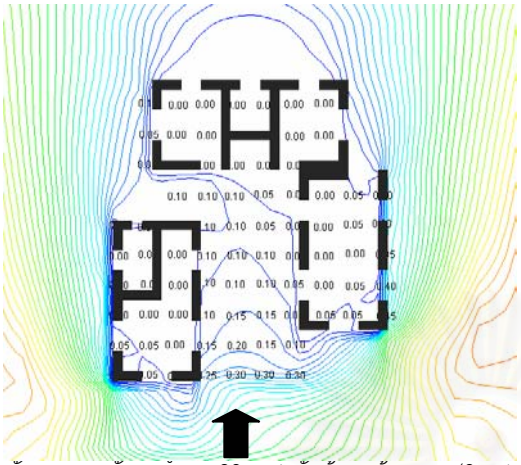
การทดลองที่ 2/1-15



ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)

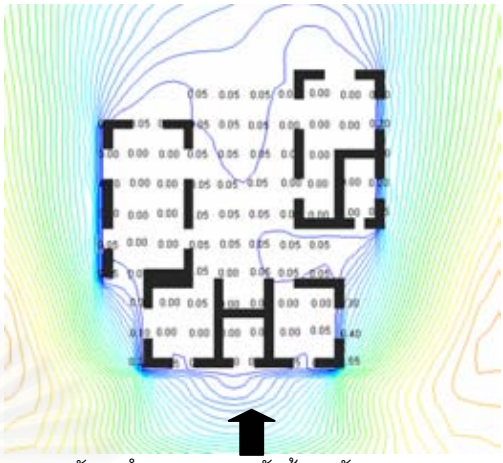
การทดลองที่ 2/1-18

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 13-18



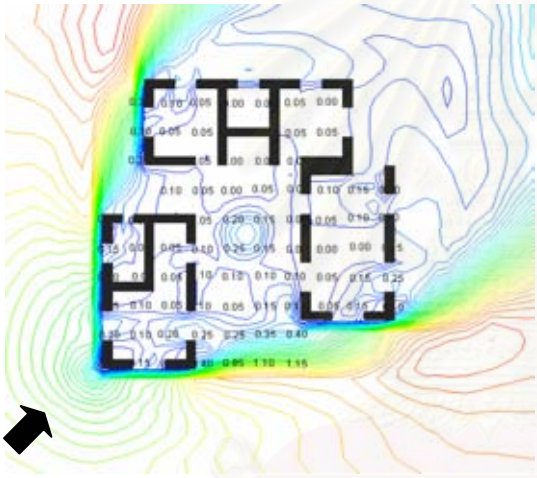
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)

การทดลองที่ 2/1-13



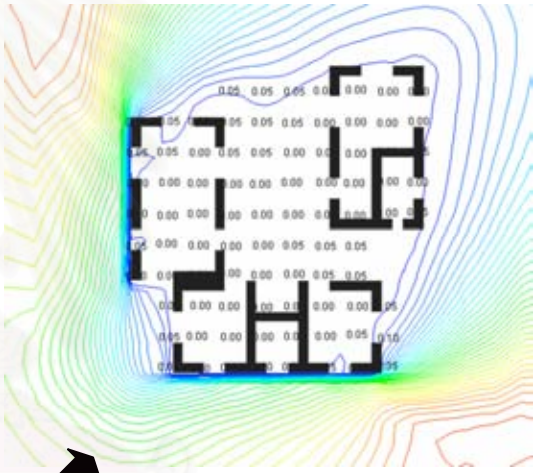
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)

การทดลองที่ 2/1-16



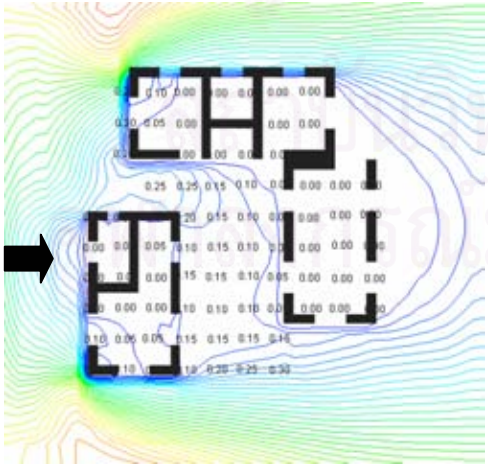
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)

การทดลองที่ 2/1-14



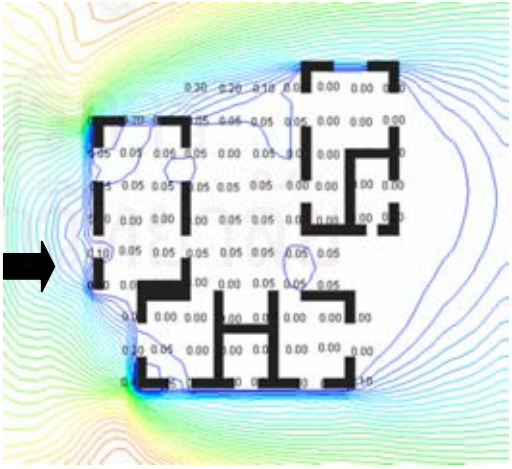
ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)

การทดลองที่ 2/1-17



ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)

การทดลองที่ 2/1-15

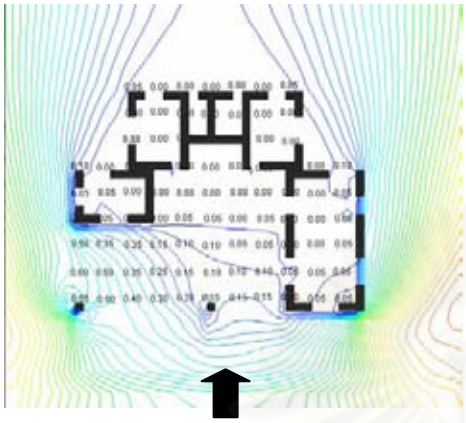


ชั้นบน: ลมพัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)

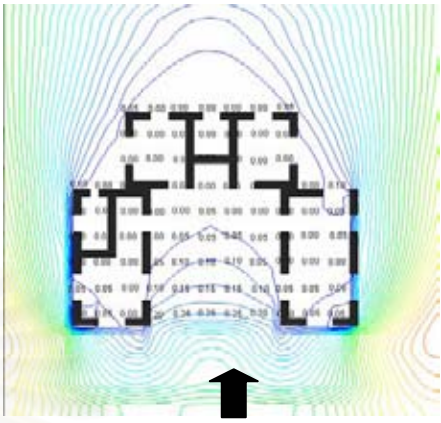
การทดลองที่ 2/1-18

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นบน จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 การทดลองย่อยที่ 13-18

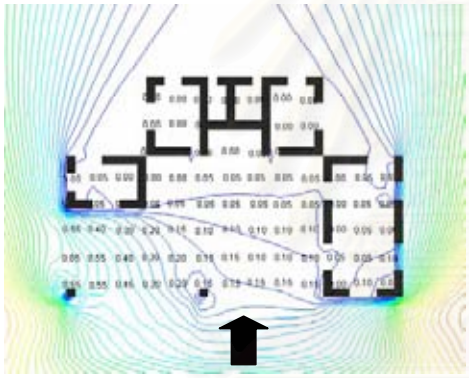
ข้อมูลความเร็วลม การทดลองส่วนที่ 2/2-1 อ้างอิงจากการทดลองที่ 2/1-7



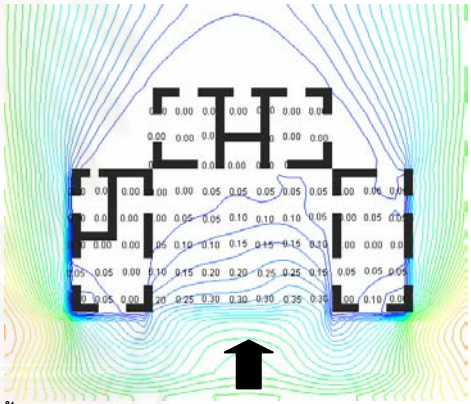
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-2



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-2

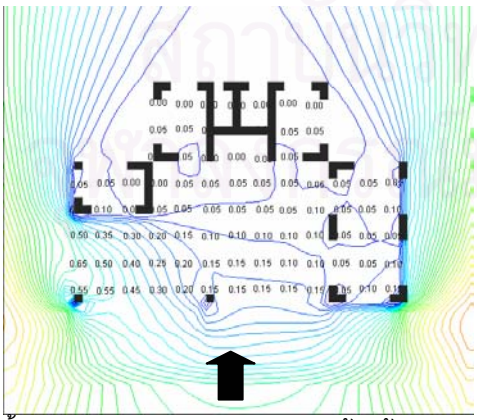


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-3

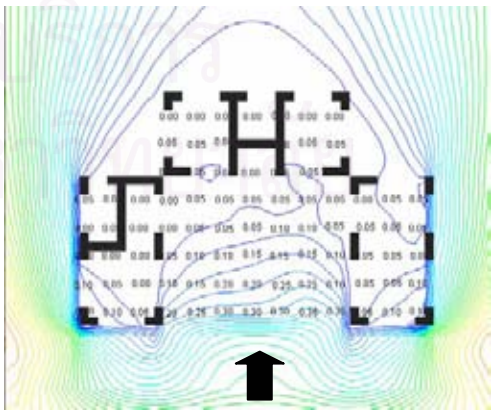


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-3

ข้อมูลความเร็วลม การทดลองส่วนที่ 2/2-4 อ้างอิงจากการทดลองที่ 2/2-3

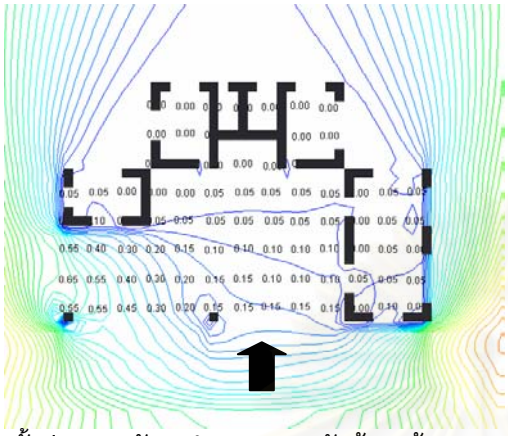


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-5

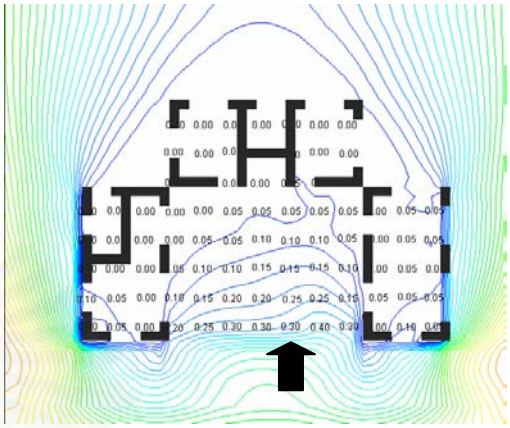


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-5

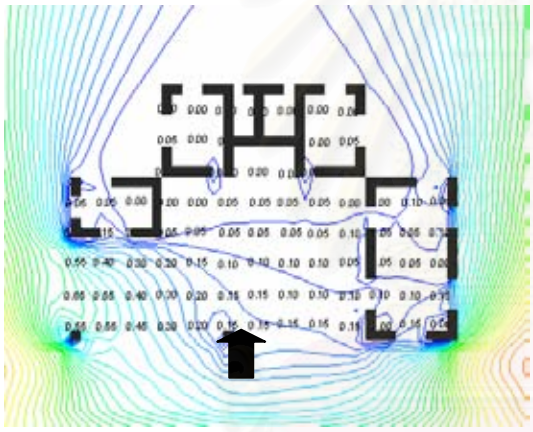
ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 1-5



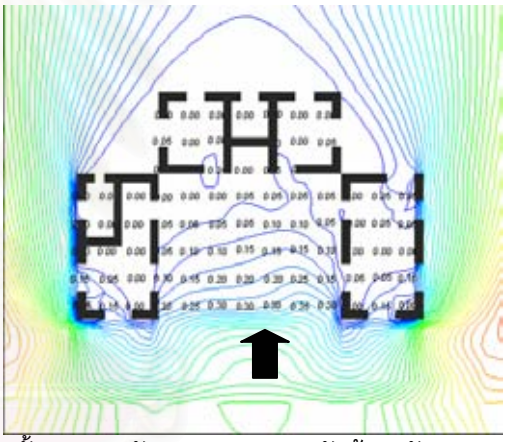
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-6



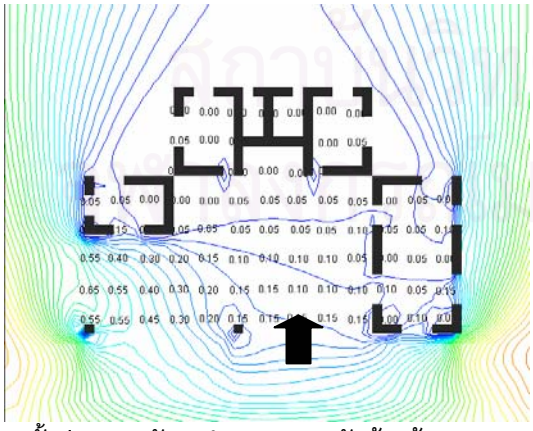
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-6



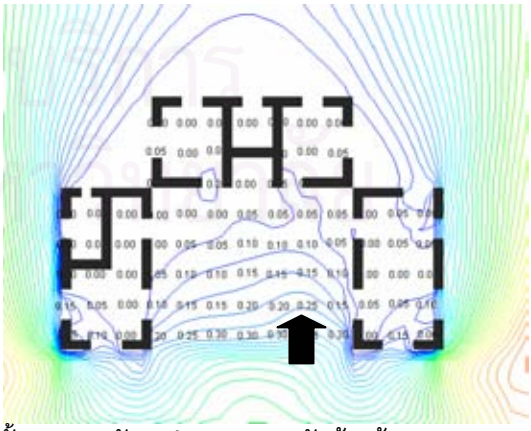
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-7



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-7



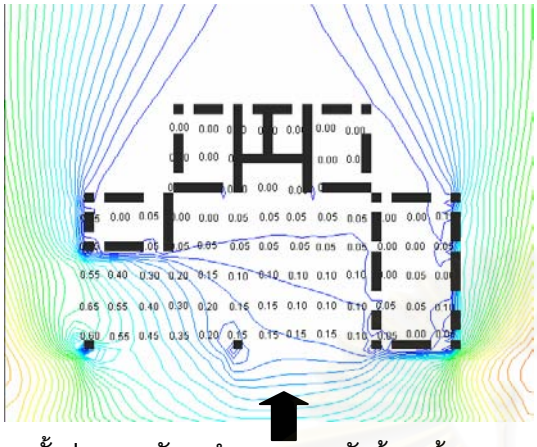
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-8



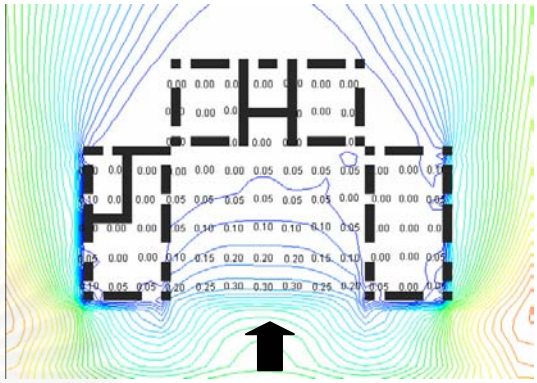
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-8

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 6-8

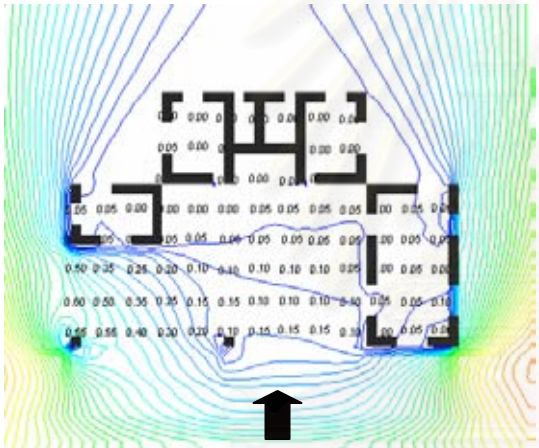
ข้อมูลความเร็วลม การทดลองส่วนที่ 2/2-9,10 อ้างอิงจากการทดลองที่ 2/2-3



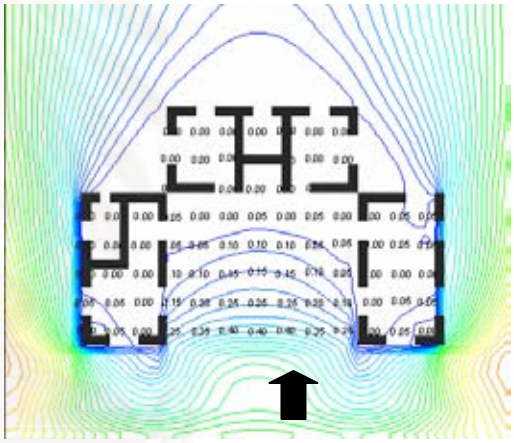
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-11



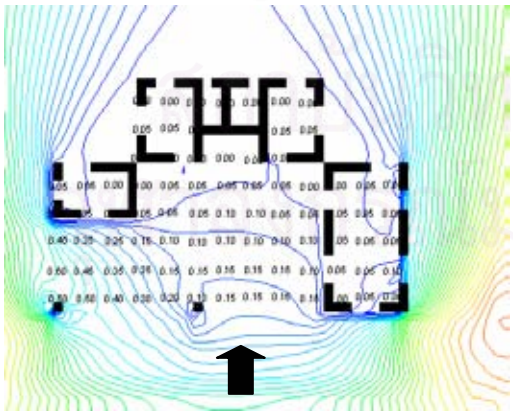
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-11



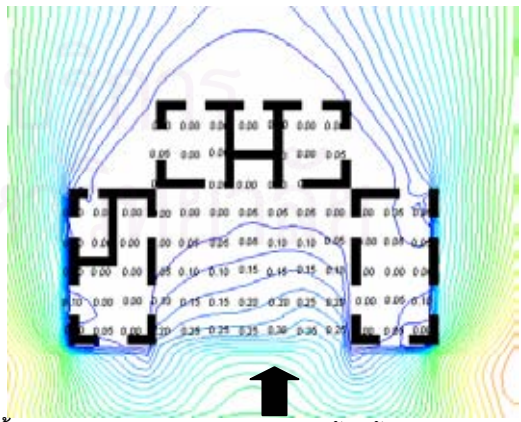
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-12



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-12

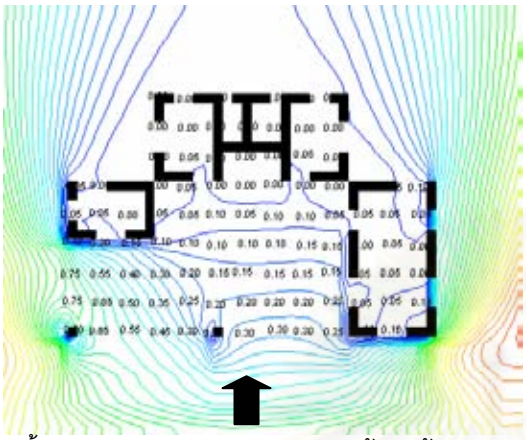


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-13

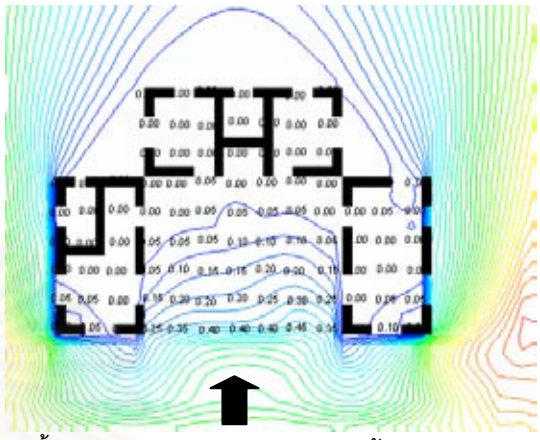


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-13

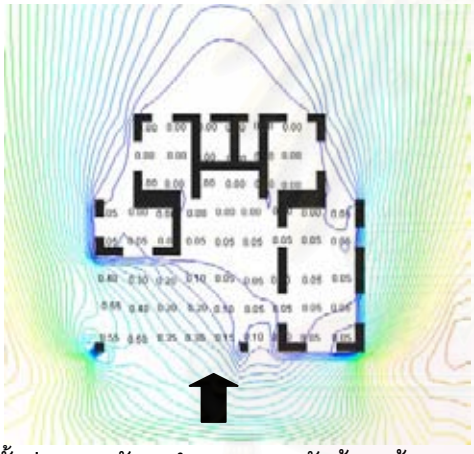
ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 9-13



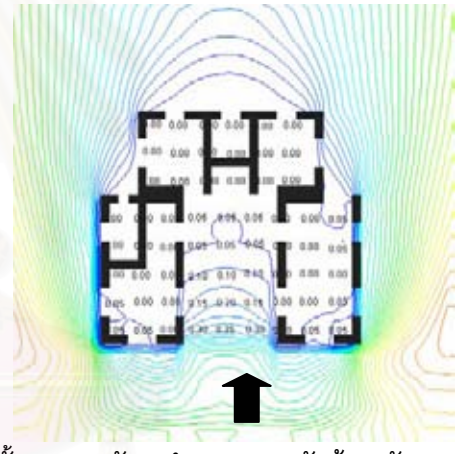
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-14



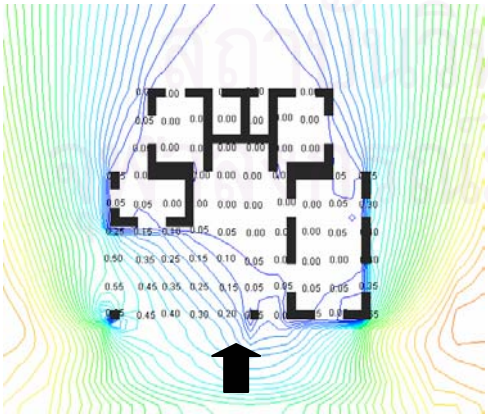
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-14



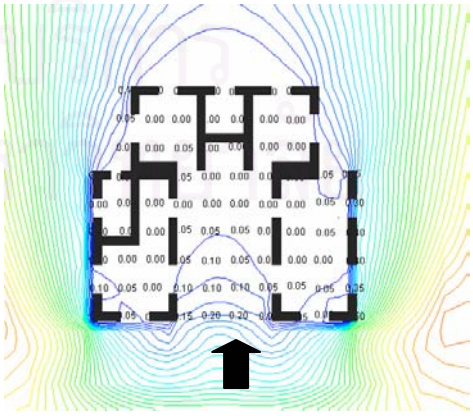
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-15



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-15

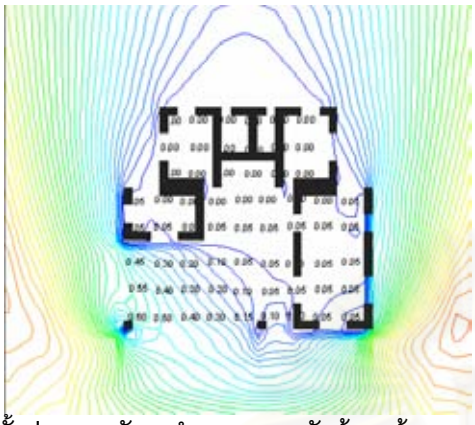


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-16

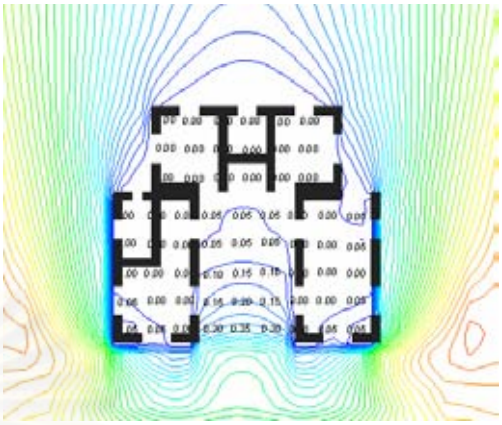


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-16

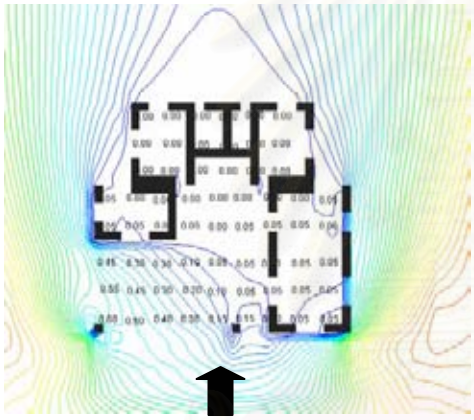
ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 14-16



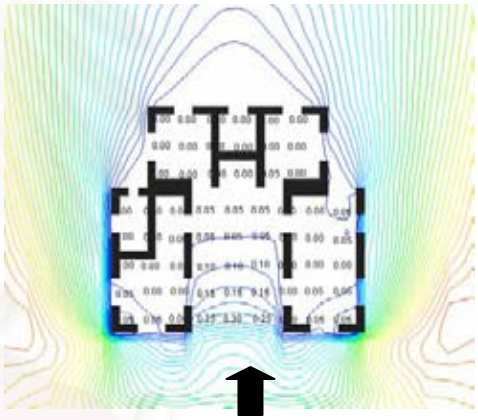
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-17



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-17

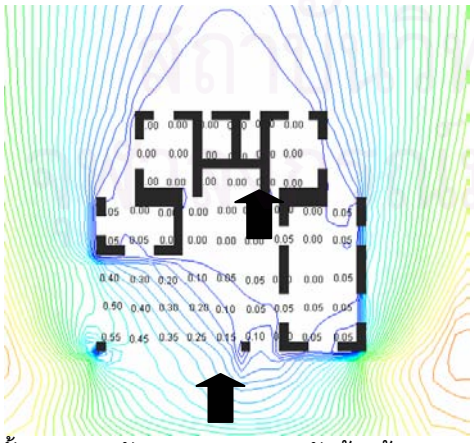


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-18

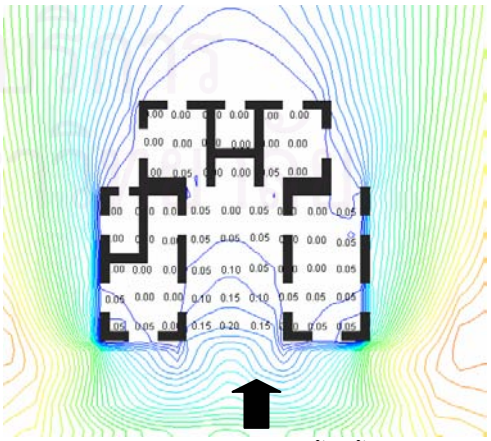


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-18

ข้อมูลความเร็วลม การทดลองส่วนที่ 2/2-19 อ้างอิงจากการทดลองที่ 2/2-3

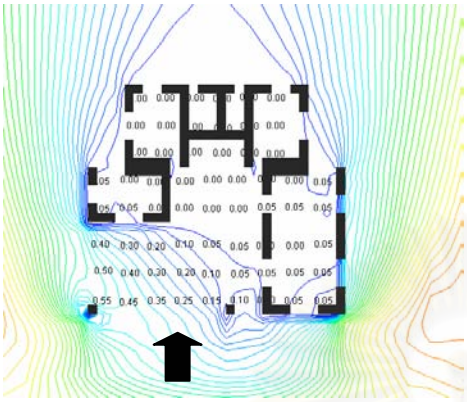


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-20

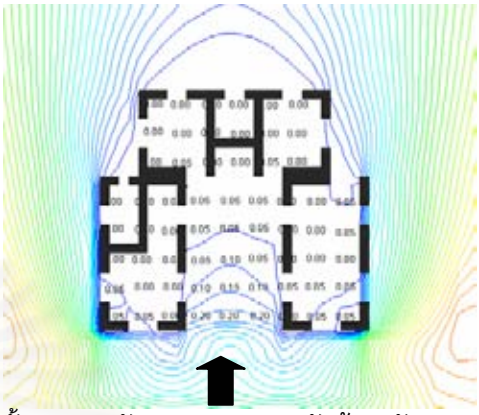


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-20

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 17-20

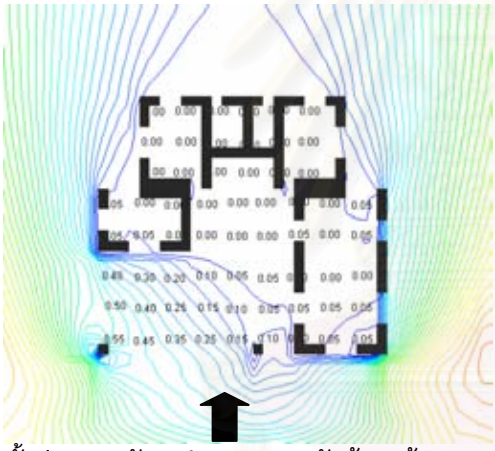


ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-21

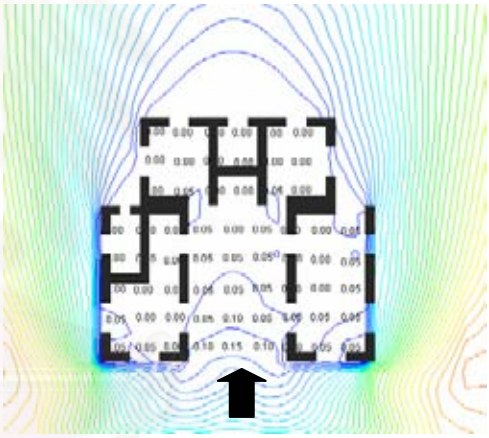


ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-21

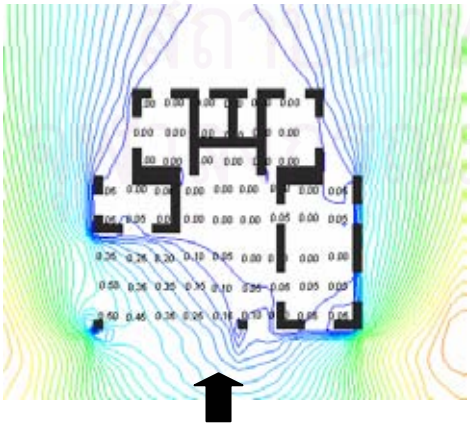
ข้อมูลความเร็วลม การทดลองส่วนที่ 2/2-22 อ้างอิงจากการทดลองที่ 2/2-20



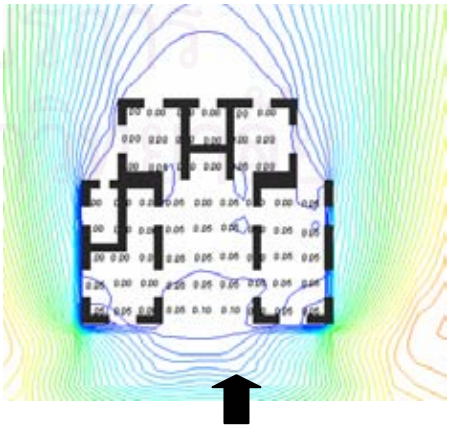
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหน้าอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-23



ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านหลังอาคาร (0องศา)การทดลองที่ 2/2-23



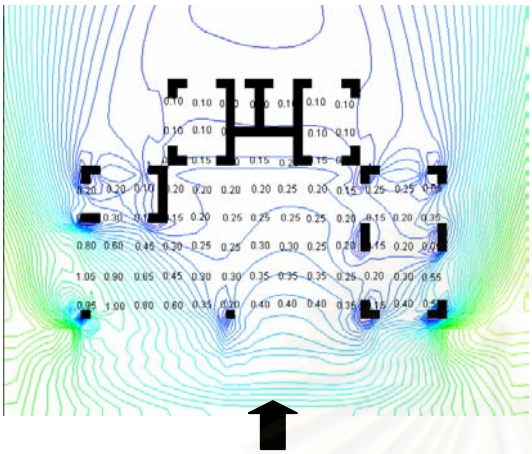
ชั้นล่าง : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคาร (0องศา) การทดลองที่ 2/2-24



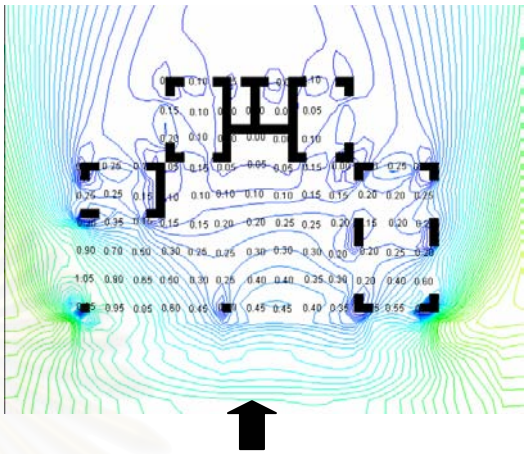
ชั้นบน : ลมพัดมาทำมุม 0 องศากับด้านข้างอาคา(0องศา) การทดลองที่ 2/2-24

ข้อมูลความเร็วลม ชั้นล่าง จากการทดลองส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 การทดลองย่อยที่ 21-24

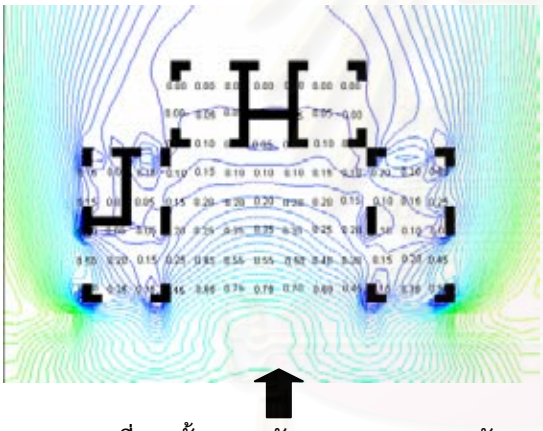
จ-3 ข้อมูลความเร็วลม จากการทดลองส่วนที่ 3 การทดลองย่อยที่ 1-12



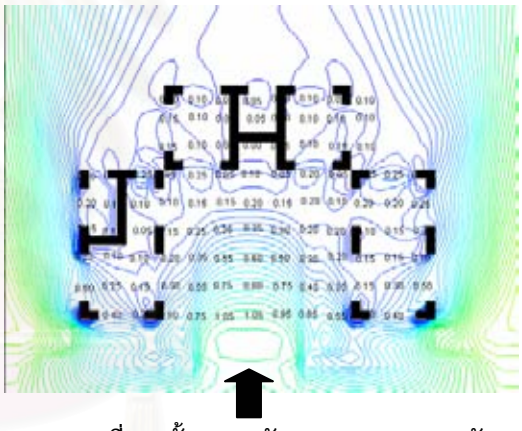
การทดลองที่ 3/1 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



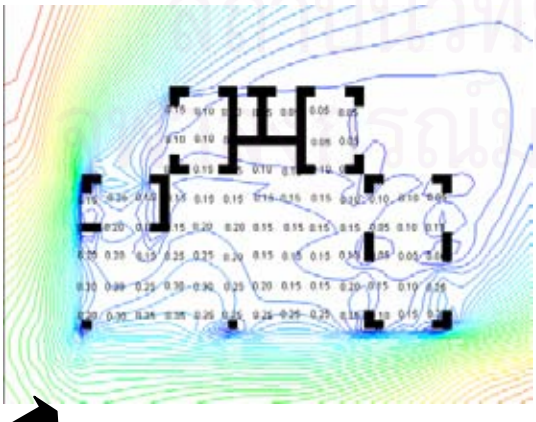
การทดลองที่ 3/1 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



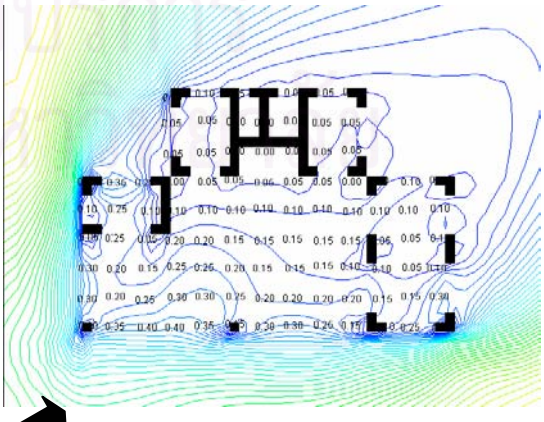
การทดลองที่ 3/1 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



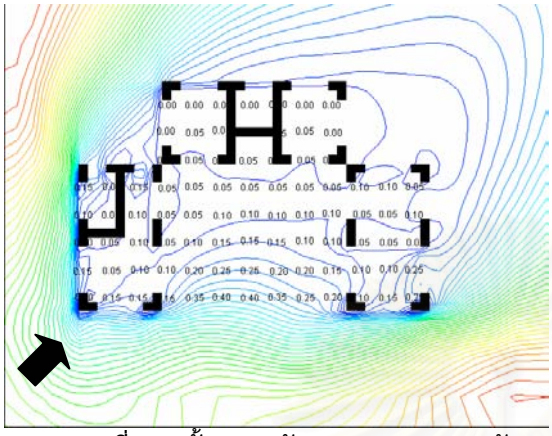
การทดลองที่ 3/1 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



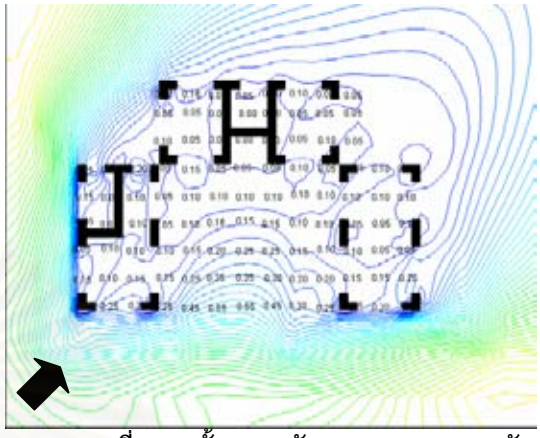
การทดลองที่ 3/2 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (180องศา)



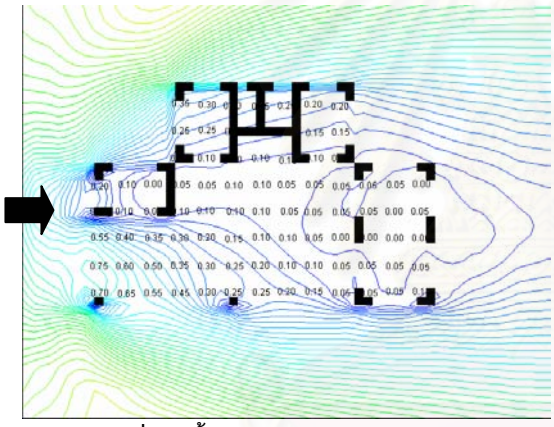
การทดลองที่ 3/2 ชั้นล่าง ระดับ+2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45องศา)



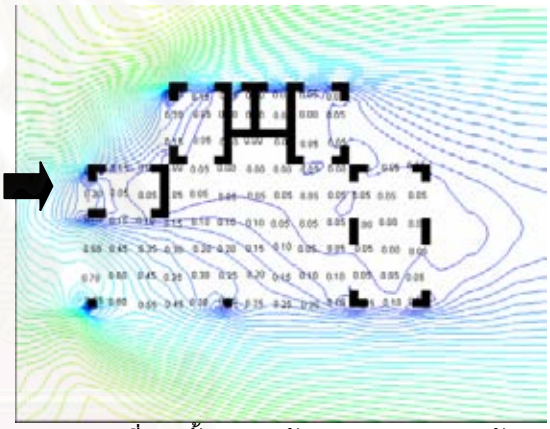
การทดลองที่ 3/2 : ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)



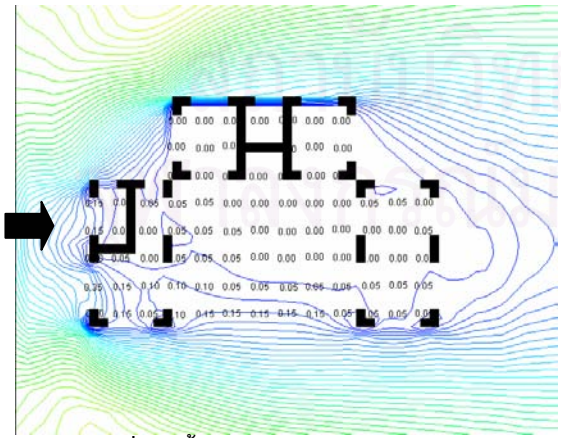
การทดลองที่ 3/2 : ชั้นบน ระดับ +2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)



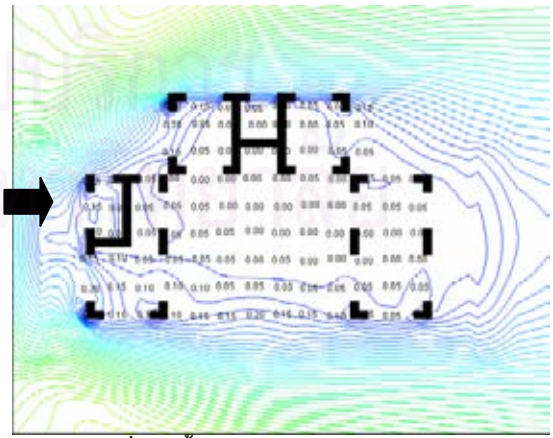
การทดลองที่ 3/3 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)



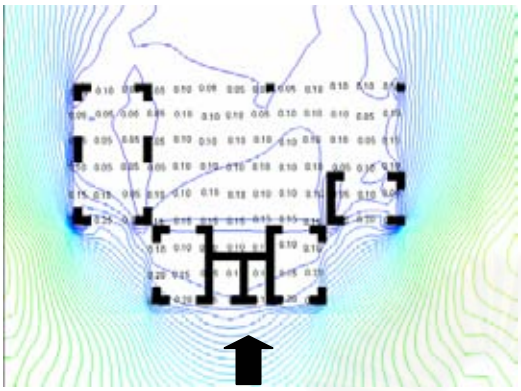
การทดลองที่ 3/3 ชั้นล่าง ระดับ+2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)



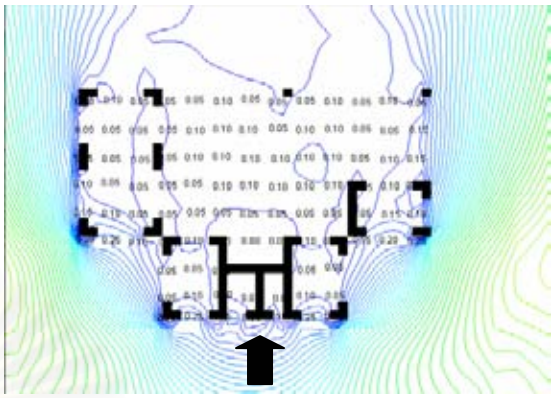
การทดลองที่ 3/3 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (90องศา)



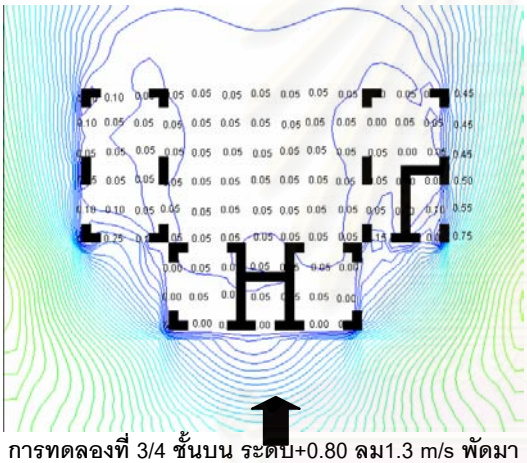
การทดลองที่ 3/3 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (90องศา)



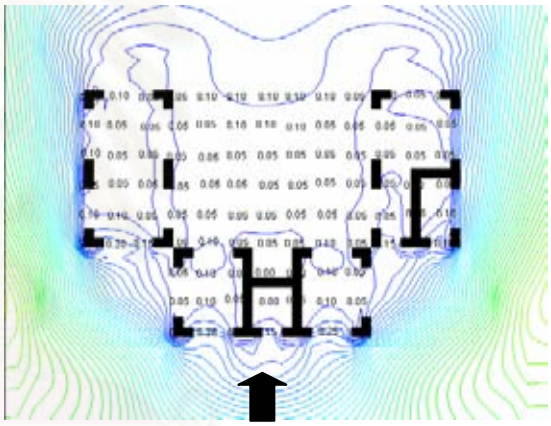
การทดลองที่ 3/4 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)



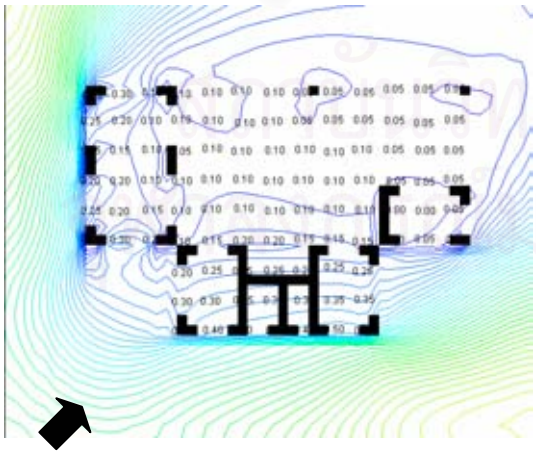
การทดลองที่ 3/4 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)



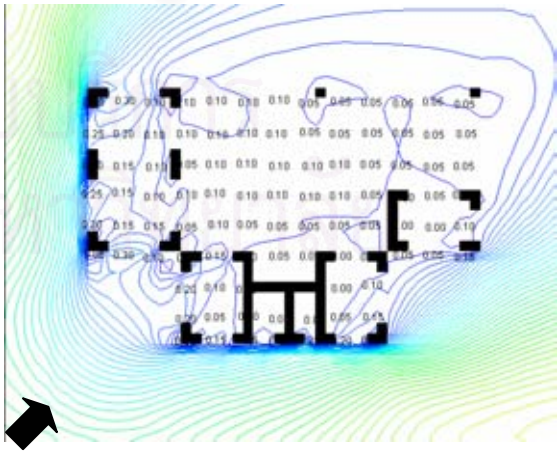
การทดลองที่ 3/4 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)



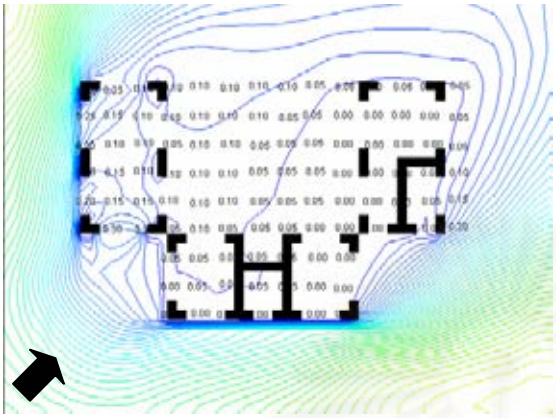
การทดลองที่ 3/4 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหลังอาคาร(180องศา)



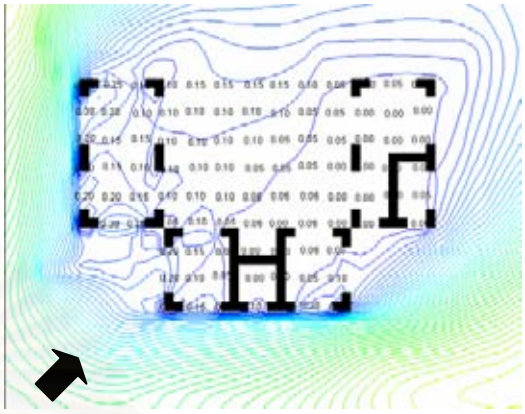
การทดลองที่ 3/5 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร (225องศา)



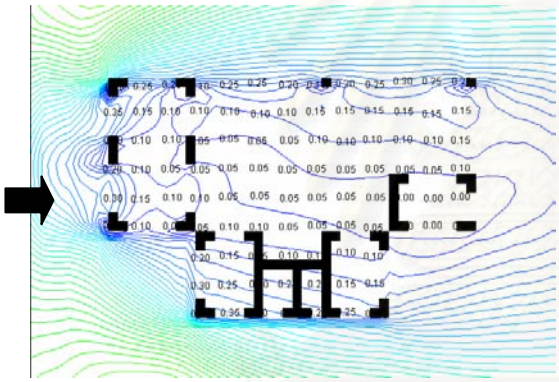
การทดลองที่ 3/5 ชั้นล่าง ระดับ+2.00 ลม 1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร (225องศา)



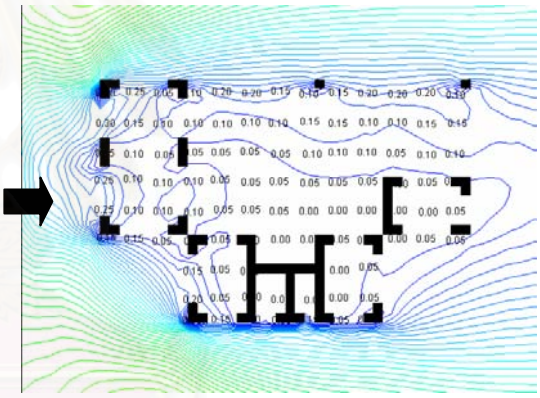
การทดลองที่ 3/5 : ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)



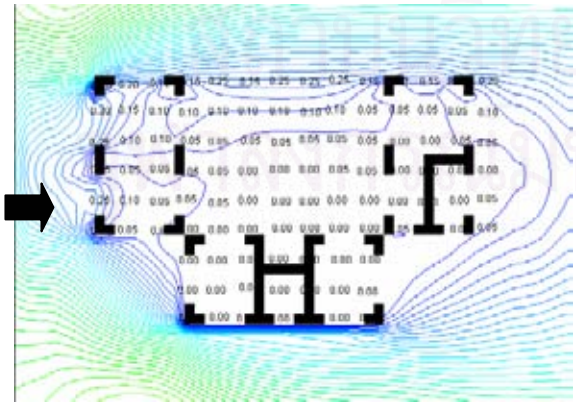
การทดลองที่ 3/5 : ชั้นบน ระดับ +2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)



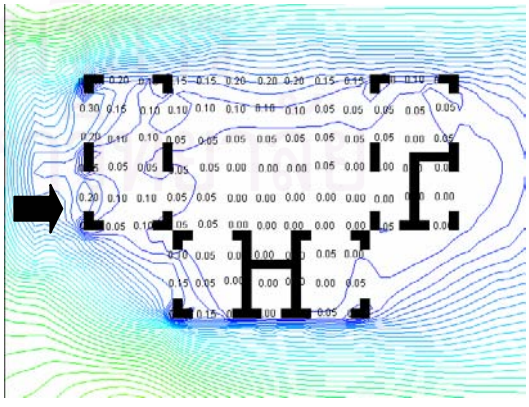
การทดลองที่ 3/6 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)



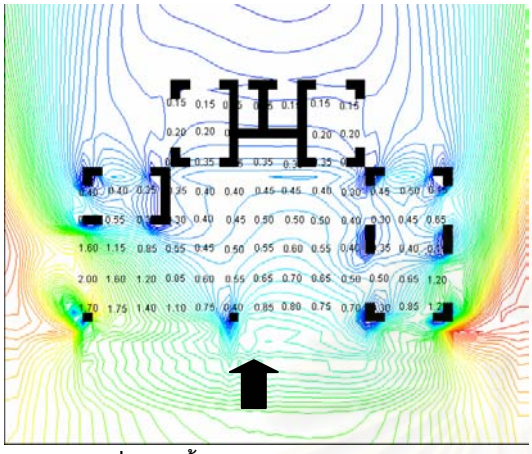
การทดลองที่ 3/6 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)



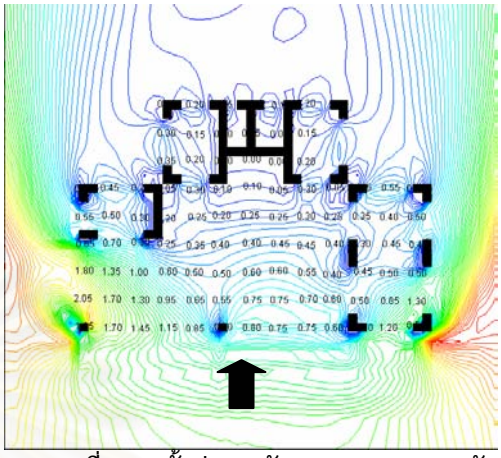
การทดลองที่ 3/6 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (270องศา)



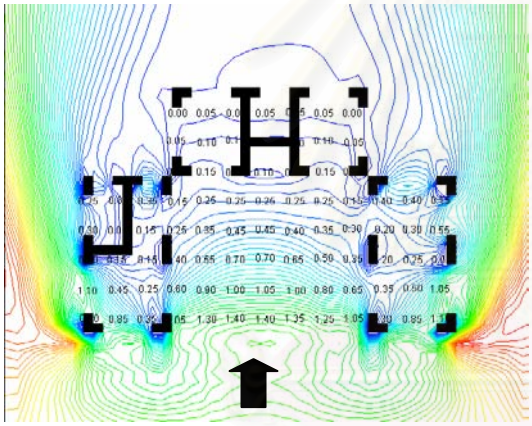
การทดลองที่ 3/6 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม1.3 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (270องศา)



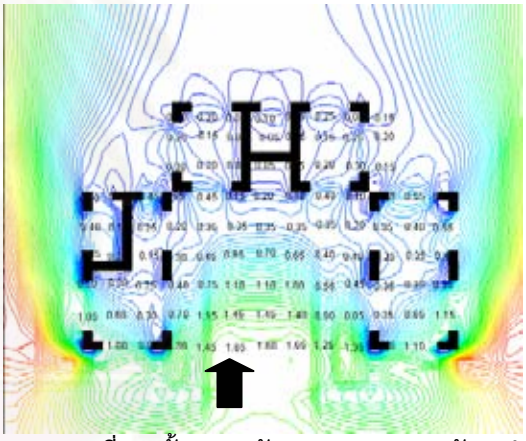
การทดลองที่ 3/7 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



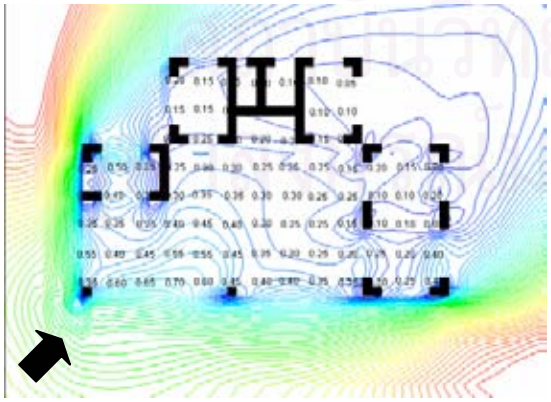
การทดลองที่ 3/7 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม1.2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



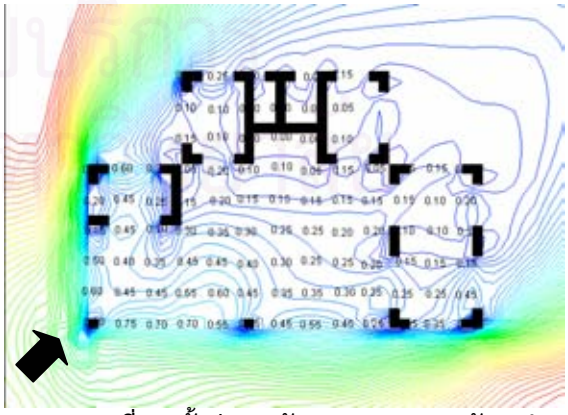
การทดลองที่ 3/7 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม1.2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)



การทดลองที่ 3/7 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(0องศา)

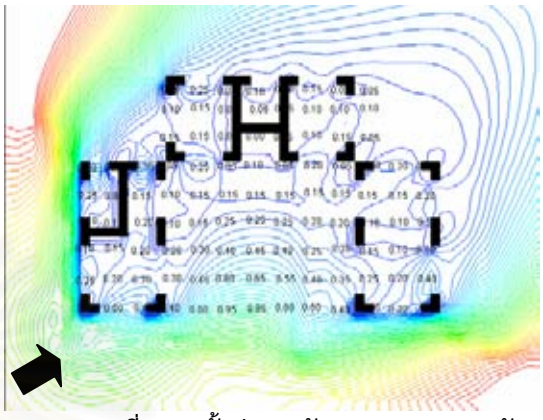


การทดลองที่ 3/8 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45องศา)

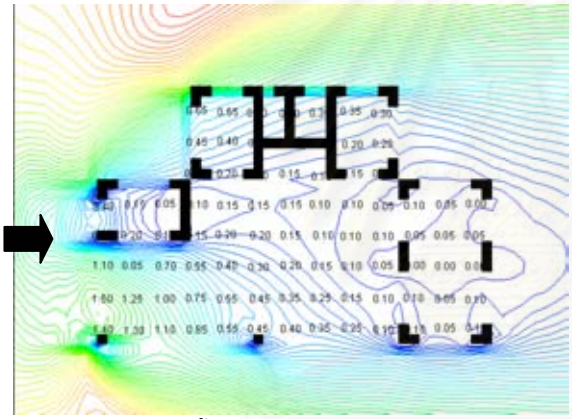


การทดลองที่ 3/8 ชั้นล่าง ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร (45องศา)

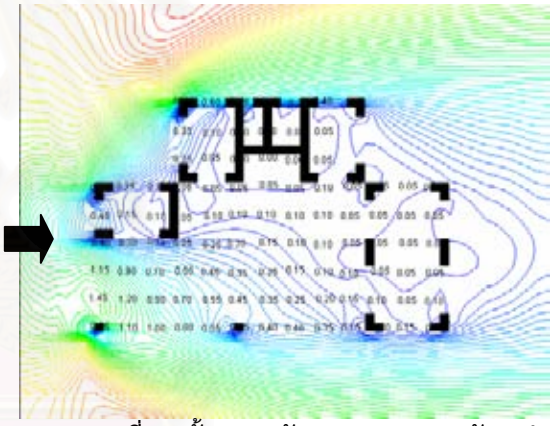
การทดลองที่ 3/8 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)



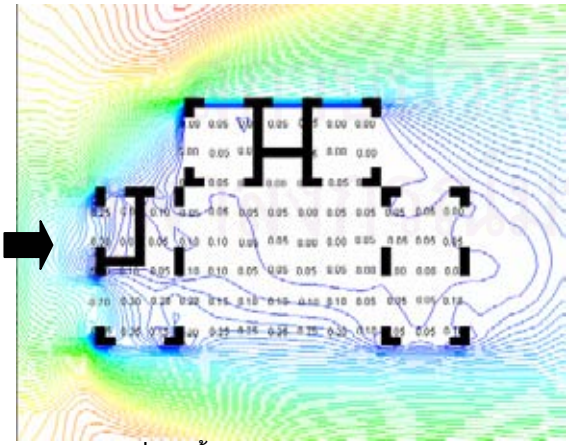
การทดลองที่ 3/8 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหน้าอาคาร(45องศา)



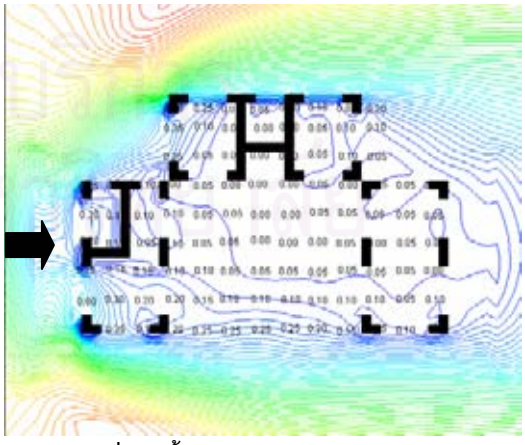
การทดลองที่ 3/9 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)



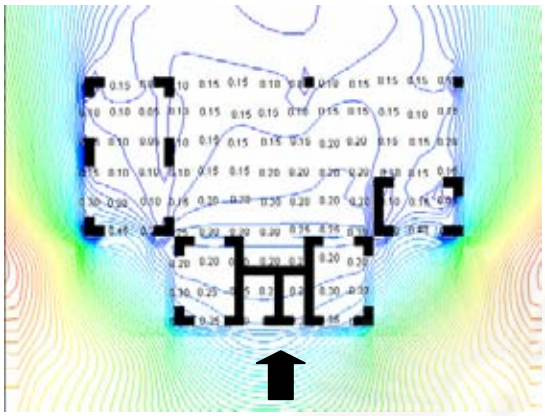
การทดลองที่ 3/9 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(90องศา)



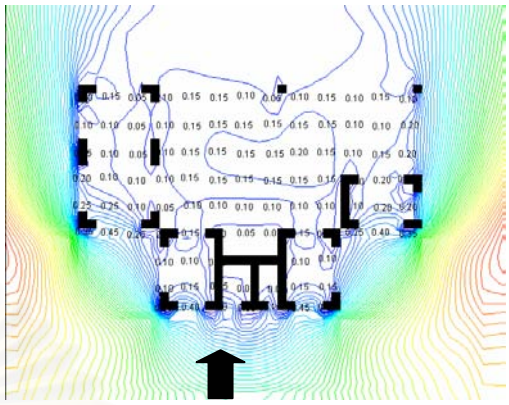
การทดลองที่ 3/9 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (90องศา)



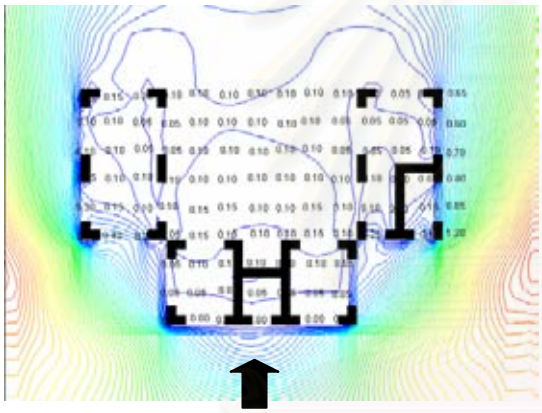
การทดลองที่ 3/9 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (90องศา)



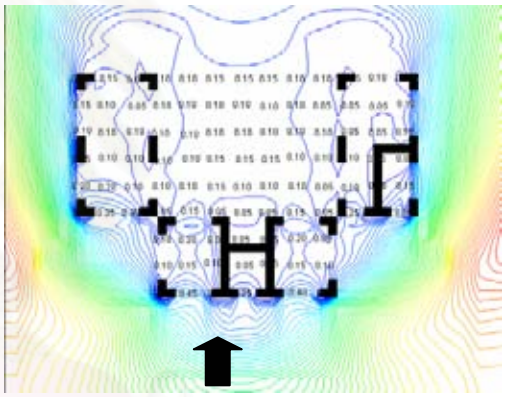
การทดลองที่ 3/10 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(180องศา)



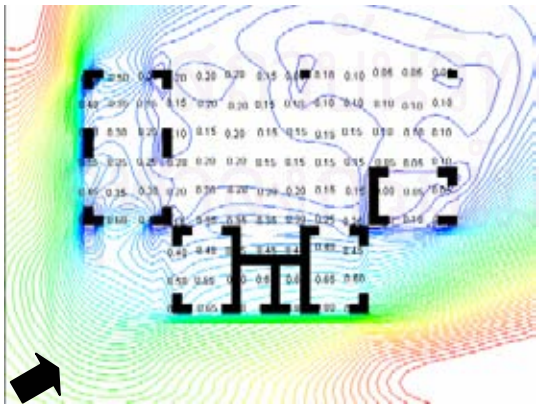
การทดลองที่ 3/10 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(180องศา)



การทดลองที่ 3/10 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(180องศา)

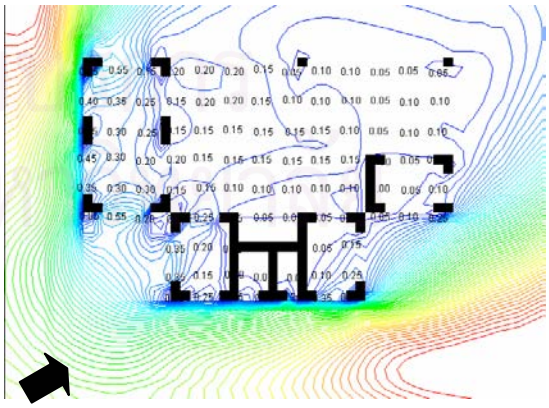


การทดลองที่ 3/10 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านหน้าอาคาร(180องศา)

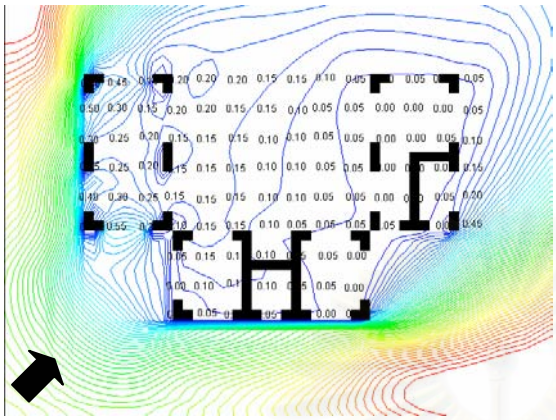


.

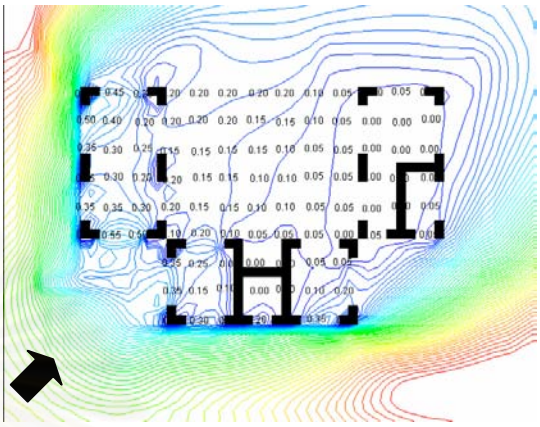
การทดลองที่ 3/11 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร (225องศา)



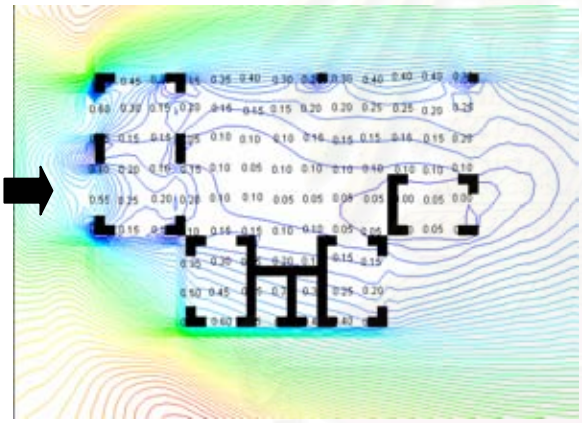
การทดลองที่ 3/11 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร (225องศา)



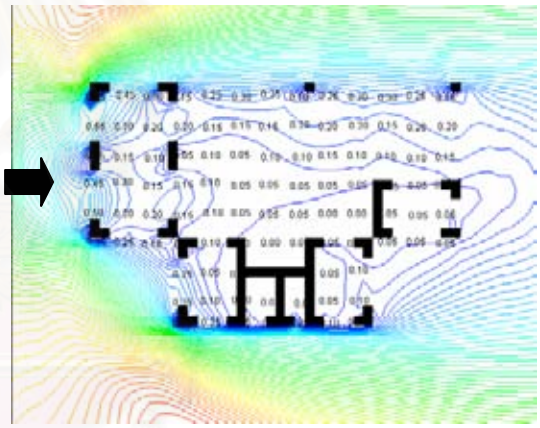
การทดลองที่ 3/11 : ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)



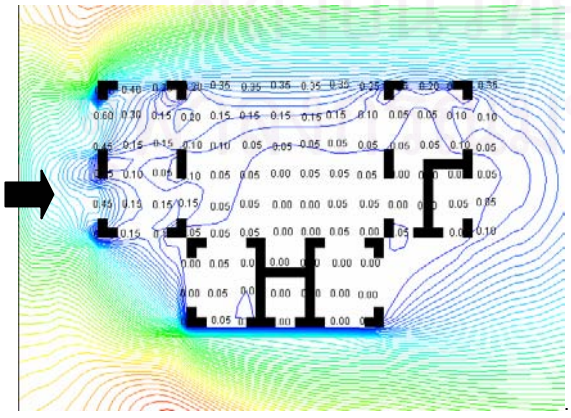
การทดลองที่ 3/11 : ชั้นล่าง ระดับ +2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 45 องศากับด้านหลังอาคาร(225องศา)



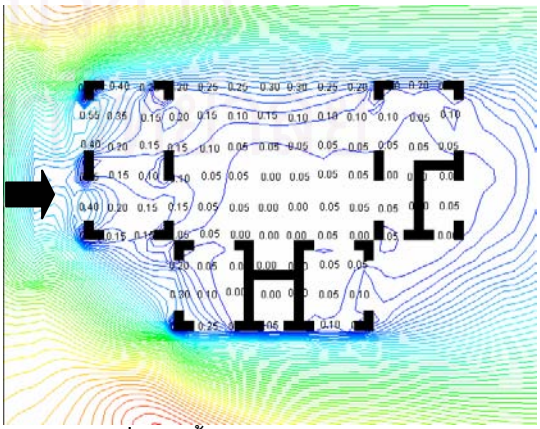
การทดลองที่ 3/12 ชั้นบน ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)



การทดลองที่ 3/12 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร(270องศา)



การทดลองที่ 3/12 ชั้นล่าง ระดับ+0.80 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (270องศา)



การทดลองที่ 3/12 ชั้นบน ระดับ+2.00 ลม 2 m/s พัดมาทำมุม 90 องศากับด้านข้างอาคาร (270องศา)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุบิน วงศ์ฝั้น เกิดวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2517 ภูมิลำเนา จ. ลำพูน ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา รร. อนุบาลลำพูน พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา รร. สาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2539 สำเร็จการศึกษา ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม. ศิลปากร และ พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2540 เข้าทำงานในตำแหน่งสถาปนิก บ.กรีนสเกล จำกัด พ.ศ. 2543 เข้ารับราชการตำแหน่งสถาปนิก 3 กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท และ พ.ศ. 2545 ถึงปัจจุบันดำรงตำแหน่งสถาปนิก 5 กรมทางหลวงชนบท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย