การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง กับรูปแบบช่องเปิด สำหรับห้องนอน

THE RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN INTERIOR AIR MOVEMENT AND PATTERN OF BEDROOM OPENING

กานต์ หะวานนท์

KARN HAVANANDA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9709-99-3

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง กับรูปแบบช่องเปิด สำหรับห้องนอน

THE RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN INTERIOR AIR MOVEMENT AND PATTERN OF BEDROOM OPENING

T051575

กานต์ หะวานนท์
KARN HAVANANDA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2547

ISBN 974-9709-99-3

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51575
วัน,เดือน,ปี 23 ก.ค. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN INTERIOR AIR MOVEMENT AND PATTERN OF BEDROOM OPENING

KARN HAVANANDA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMANT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-9709-99-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบช่องเปิดสำหรับห้องนอน

THE RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN INTERIOR AIR MOVEMENT AND PATTERN OF BEDROOM OPENING

ชื่อนักศึกษา นายกานต์ หะวานนท์

รหัสประจำตัว 42063116

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ธีรมน	ไวโรจนกิจ	
ผศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
ผศ.ชัยยุทธ	ศรีเผด็จ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 เมษายน 2547 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 14 **เดือน** เมษายน **พ.ศ.** 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบช่องเปิด สำหรับห้องนอน
นักศึกษา	นายกานต์ หะวานนท์
รหัสประจำตัว	42063116
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

บ้านเป็นอาคารลักษณะหนึ่งที่มีการบริโภคพลังงานสูง พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อสร้างความสบาย ดังนั้นเราจึงควรใช้วิธีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) เพื่อสร้างความสบายแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาวิจัยเรื่องต่างๆเกี่ยวกับช่องเปิดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการระบายอากาศแบบธรรมชาติ แต่ในเรื่องรูปร่างของช่องเปิดนั้นอาจมีการศึกษาไว้แต่มิได้บันทึกไว้อย่างเป็นทางการ

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา **ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดสำหรับห้องนอน** โดยมุ่งเน้นที่จะศึกษาให้สอดคล้องกับลักษณะที่เกิดขึ้นจริงจากการระบายอากาศแบบข้ามฝาก (Cross ventilation) ซึ่งในการทดลองผู้วิจัยได้ทดลองด้วยหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม และโต๊ะน้ำ ตามสภาพการทดลองที่กำหนดไว้

จากผลการทดลองทำให้ได้ข้อสรุปเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับ ช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมกับลักษณะกระแสลมภายนอกแต่ละแบบของการทดลองมีดังนี้

1. เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม 1 m/s และทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าดังนี้

- เมื่อลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้าพบว่า ช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR - HR, HR - HRp) ทั้งตรงข้ามและตั้งฉากกัน โดยมีค่าการกระจายตัว 100% ทั้งคู่

- 45° กับช่องเปิดทางเข้า (ด้านซ้ายของช่องเปิดทางเข้า) พบว่า ช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน กับสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่อตรงข้ามกัน (HR – VRr) ซึ่งกระจายตัว 90% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน เมื่อตั้งฉากกัน (HR-HRpu) กระจายตัว 80%

- -45° กับช่องเปิดทางเข้า (ด้านขวาของช่องเปิดทางเข้า) พบว่า ช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้ามกัน (HR – VRl) ซึ่งกระจายตัว 90% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอน เมื่อตั้งฉากกัน (HR-HRp) กระจายตัว 40%

2. เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม 3 m/s และทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าดังนี้

- 90° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่อตรงข้ามกัน (HRu – VRr) ซึ่งกระจายตัว 100% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-VRpl) กระจายตัว 100%
- 45° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนเมื่อตรงข้ามกัน (HR – HR) ซึ่งกระจายตัว 100% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-HRp) กระจายตัว 100%
- -45° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนเมื่อตรงข้ามกัน (HR – HR) ซึ่งกระจายตัว 95% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวตั้งด้านขวา เมื่อตั้งฉากกัน (VRr-VRpr) กระจายตัว 95%

3. เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม 5 m/s และทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าดังนี้

- 90° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่อตรงข้ามกัน (HRu – VRr) ซึ่งกระจายตัว 100% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบน กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-VRpl) กระจายตัว 90%
- 45° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (VRl – HR) ซึ่งกระจายตัว 85% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบน เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-HRpu) กระจายตัว 100%
- -45° พบว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมคือ ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา กับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (VRr – HR) ซึ่งกระจายตัว 95% และช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวตั้งด้านขวา เมื่อตั้งฉากกัน (VRr-VRpr) กระจายตัว 95%

สำหรับในเขตกรุงเทพมหานครที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำประมาณ 1.16 m/s จึงใช้ข้อสรุปจากผลการทดลองของกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม 1 m/s

สุดท้ายนี้ รูปแบบช่องเปิดมิได้เป็นปัจจัยเดียวที่จะทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องดีได้ ยังมีปัจจัยอื่นๆประกอบอีกมากมาย ด้วยระยะเวลาและขอบเขตของงานวิจัยที่จำกัด ผู้ทำวิจัยจึงหวังว่าข้อมูลในงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมและประกอบกับข้อมูลงานวิจัยอื่นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบช่องเปิดสำหรับห้องนอนที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Research on Relationship between Interior Air Movement and Pattern of Bedroom Opening
Student	Mr. Karn Havananda
Student ID.	42063116
Degree	Master of Architechture
Programme	Tropical Architechture
Year	2004
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Teeramon wairojanakich

ABSTRACT

In houses, most of electrical energy is used for air conditioning to create human comfort. To reduce the electrical energy consumption for air conditioning in houses, natural air ventilation thus can be a suitable alternative. Good natural air ventilation in bedroom, can be obtained mainly by suitable patterns of opening. In past studies by some researchers, the opening characteristics were investigated. However, shapes / patterns of opening have not yet been studied.

The Relationship between Interior Air Movement and Patterns of Bedroom Opening was studied. This research was focus only the cross ventilation. Several experiments were done using model in Wind Tunnel and Flow Visualization Table.

The results from the research can be concluded as follow;

1. Exterior wind velocity of 1 m/s at different angles against different patterns of entry opening :

- At 90° against the entry opening, the best results were exhibited on horizontal rectangle for both entry and exit openings with across and perpendicular arrangement both with 100% distribution.
- At 45° (Left of the entry), Horizontal rectangular entry opening with opposite Right vertical rectangular exit opening exhibited a good result with 90% distribution. Horizontal rectangular entry opening perpendicular with Upper horizontal rectangular exit opening provided an acceptable result with 80% distribution.
- At –45° (Right of the entry), it was found that Horizontal rectangular entry opening with opposite Left vertical rectangular exit opening showed a good result with

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90% distribution. While the pattern of Horizontal rectangular for both entry and exit opening with perpendicular arrangement gave the fair result with 40% distribution.

2. Exterior wind velocity of 3 m/s :

- 90°, Upper horizontal rectangular entry opening with opposite Right vertical rectangular exit opening and upper horizontal rectangular entry opening perpendicular with Left vertical rectangular exit opening provided a good result with 100% distribution.
- 45°, Horizontal rectangular for both of entry and exit opening in opposite position and upper horizontal rectangular entry perpendicular with Horizontal rectangular exit opening also provided a good result with 100% distribution.
- –45°, it was found that Horizontal rectangular for both of entry and exit opening in opposite position exhibited a good result (95% distribution). While the pattern of Right vertical rectangular for both entry and exit opening with perpendicular arrangement also gave a good result with 95% distribution.

3. Exterior wind velocity of 5 m/s :

- 90°, Upper horizontal rectangular entry opening with opposite Right vertical rectangular exit opening exhibited a good result with 100% distribution. Upper horizontal rectangular entry opening perpendicular with Left vertical rectangular exit opening provided a good result with 90% distribution.
- 45°, Left vertical rectangular entry with opposite Horizontal rectangular exit exhibited an acceptable result (85% distribution). Upper horizontal rectangular for both of entry and exit in perpendicular position exhibited a good result with 100% distribution.
- –45°, it was found that Right vertical rectangular entry with opposite Horizontal rectangular exit showed a good result with 95% distribution. While the pattern of Right vertical rectangular for both entry and exit opening with perpendicular arrangement gave a good result with 95% distribution.

In Bangkok, an average wind velocity is about 1.16 m/s. Therefore, the results with exterior wind velocity of 1 m/s were used for conclusion on good patterns of bedroom opening houses in Bangkok.

Finally, the pattern of bedroom opening is not the only one factor affecting good natural ventilation. It is expected that this research paper can be a good source of information for basic opening design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยหลายๆท่านที่คอยให้คำปรึกษา ให้การสนับสนุน ความช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้แก่กระผมตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงแก่ รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ สั่งสอนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. สมชาย ศรีสมพงษ์ และ ผศ. ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อ. ณรงค์ มณฑปใหญ่ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก เอื้อเฟื้อและดูแลการใช้อุปกรณ์ทดลอง ทั้ง อุโมงค์ลม, โต๊ะน้ำ และอาคารปฏิบัติการพลังงาน สจล.

ขอขอบพระคุณ อ. ไกรทอง โชติวุฒิพัฒนา ที่ช่วยกรุณาสอนและแนะนำเทคนิคในการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่สำนักงานคณบดี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองที่อาคารปฏิบัติการพลังงานตลอดเวลาทดลอง

ขอขอบคุณ คุณ จักรพงษ์ ปฐมพงษ์ ที่ช่วยเหลืออย่างมากในการทดลองโต๊ะน้ำทำให้ได้ผลการทดลองที่สมบูรณ์ สวยงาม และถูกต้อง

ขอขอบคุณ คุณ สุรพันธ์ ทันตา และเพื่อนๆจาก บริษัท BEGRAY ARCHITECT ที่เอื้อเฟื้อแบบอาคารตัวอย่าง ความช่วยเหลือ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณ วาฐิณี บุญสิทธิ์ และคุณ กิตติพงษ์ ศักดิ์สิทธิ์วิวัฒนะ สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานทุกๆอย่างตลอดมา

ขอบพระคุณ พี่ๆ ที่บริษัท เชลล์ แห่งประเทศไทย ทุกท่านที่ให้โอกาส และโลกทัศน์ในการทำงาน ความช่วยเหลือ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายที่สำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงแก่ คุณแม่ คุณพ่อ และพี่ๆ ครอบครัวของกระผมทุกๆท่านที่ให้การสนับสนุน ให้โอกาส ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง และอยู่เคียงข้างกระผมตลอดเวลาจนกระทั่งทุกวันนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เกิดขึ้นได้จากความรู้จากคณาจารย์และผู้ให้ความรู้แก่กระผมทุกๆท่าน ขออุทิศคุณประโยชน์เหล่านี้ให้แก่ผู้มีพระคุณของกระผมทุกๆท่าน ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กานต์ หะวานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **I**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **III**

กิตติกรรมประกาศ ..... **V**

สารบัญ ..... **VI**

สารบัญตาราง ..... **IX**

สารบัญภาพ ..... **XI**

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 5

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 5

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

1.7 ระยะเวลาในการศึกษา 7

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง 9

2.1.1 ความเร็วลมภายในห้อง 10

2.1.2 การกระจายตัวและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง 12

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง 14

2.2.1 ความเร็วลมภายนอก 14

2.2.2 ทิศทางลมภายนอก 15

2.2.3 ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิด 16

2.2.4 ตำแหน่งช่องเปิด 18

2.2.5 รูปร่างช่องเปิด 21

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 การทดลอง 23

3.1.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.2 ขอบเขตการทดลอง 23
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 24
3.1.4 วิธีการทดลอง 27
3.1.4.1 วิธีการทดลองด้วยอุโมงค์ลม 27
3.1.4.2 วิธีการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ 30
3.1.5 การบันทึกผลการทดลอง 31
3.2 ผลการทดลอง 58
3.2.1 ผลการทดลองที่ 1 58
3.2.2 ผลการทดลองที่ 2 60
3.2.3 ผลการทดลองที่ 3 64
3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 70
3.3.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง 70
3.3.2 ทิศทางลมเข้า 75
3.3.3 ความเร็วลมภายนอก 82
3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1 83
3.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 85
3.3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 87
3.3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลองรวม 92

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย

4.1 สรุปผลการวิจัย 97
4.1.1 รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับลักษณะลมภายนอกแต่ละแบบ 97
4.1.1.1 เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 98
4.1.1.2 เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 98
4.1.1.3 เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 99
4.1.2 รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมในกรุงเทพมหานคร 99
4.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย 101
4.2.1 ตัวอย่างที่ 1 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.2 ตัวอย่างที่ 2 147
4.2.3 ตัวอย่างที่ 3 157

เอกสารอ้างอิง 163

ภาคผนวก ก 164
ภาคผนวก ข 167
ภาคผนวก ค 170
ภาคผนวก ง 172

ประวัติผู้เขียน 173

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงความรู้สึกมนุษย์ที่มีต่อความเร็วลมตาม Beaufort scale 13

2.2 ตารางแสดงค่าคงที่ในสมการการหาอัตราการไหลของอากาศ 14

2.3 ตารางแสดงความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยเมื่อขนาดช่องเปิดทางเข้า-ออก และทิศทางลมภายนอกต่างกัน 15

2.4 ตารางแสดงความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยจากการระบายอากาศแบบข้ามฝาก (Cross ventilation) (โดยแสดงเป็น % ของความเร็วลมภายนอก) 16

3.1 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 1 : การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิด 59

3.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 : การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิดเมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (ตรงข้ามกัน และ ตั้งฉากกัน) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมจตุรัส S 61

3.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน HR ... 62

3.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง VR 63

3.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 : การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิดเมื่อตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน (กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน HR) 65

3.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) 66

3.7 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) 67

3.8 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) 68

3.9 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3 : กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (Hru) 69

3.10 ตารางรวมผลการทดลอง : แสดงรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบที่เหมาะสมในแต่ละองศาของทิศทางลมภายนอก 71

3.11 ตารางรวมผลการทดลอง : แสดงรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบที่เหมาะสมกับความเร็วลมภายนอกที่ 1 m/s 76

3.12 ตารางรวมผลการทดลอง : แสดงรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบที่เหมาะสมกับความเร็วลมภายนอกที่ 3 m/s 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3.13 ตารางรวมผลการทดลอง : แสดงรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบที่เหมาะสมกับความเร็วลมภายนอกที่ 5 m/s 80

3.14 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1 : แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายนอก และภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ 83

3.15 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 : แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายนอก และภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ (ช่องเปิดทางเข้า-ออกตรงข้าม และ ตั้งฉากกัน) 85

3.16 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 : แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายนอก และภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ (ทั้งหมด) 87

3.17 ตารางรวมผลการทดลองทั้งหมด : แสดงรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบที่เหมาะสมสำหรับสภาพของกระแสลมภายนอกแต่ละแบบ 92

3.18 ตารางแสดงค่าการกระจายตัวรวมของรูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบทุกลักษณะลมภายนอก (ทั้งทิศทางลม และ ความเร็วลมทุกแบบ) 93

4.1 ตารางสรุปผลการทดลอง : แสดงรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลักษณะของกระแสลมภายนอกแต่ละแบบ 97

4.2 ตารางสรุปผลการทดลอง : แสดงรูปแบบของช่องเปิด (ทางเข้า-ออก) ที่ตอบสนองกับลมภายนอกลักษณะต่างๆได้ดีที่สุดในเขตกรุงเทพมหานคร 100

4.3 ตารางแสดงองศาของอุปกรณ์กันแดดที่ใช้ในการออกแบบเสนอแนะ 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไทย พ.ศ.2543 2

1.2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนประเภทของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบ้านพักอาศัย 2

1.3 แผนภูมิแสดงขอบเขตความสบายของมนุษย์กับภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน เมื่อใช้กลวิธีการเพิ่มเติมขอบเขตความสบายด้วยการระบายอากาศ (พ.ศ.2532-2541) 4

2.1 ภาพแสดงตัวอย่างการระบายอากาศแบบข้ามฝาก (Cross ventilation) 8

2.2 ภาพแสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง (ด้วยโต๊ะน้ำ) 9

2.3 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องแบบ VENTURI EFFECT และ INERTIA EFFECT 10

2.4 ภาพแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในห้อง 11

2.5 ภาพแสดงตัวอย่างการกระจายตัวของลมภายในห้อง 12

2.6 ภาพแสดงข้อมูลความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยเมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน 17

2.7 ภาพแสดงตัวอย่างทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน 17

2.8 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (ผัง) 18

2.9 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (รูปตัด) 19

2.10 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่มีขนาดช่องเปิดทางเข้า-ออกเท่ากัน แต่มีตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน 20

2.11 ภาพแสดงตัวอย่างรูปร่างช่องเปิดที่แตกต่างกัน 21

3.1 ภาพแสดงตัวอย่างรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ 26

3.2 ภาพแสดงตัวอย่างหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ 26

3.3 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออก เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR) (ตรงข้ามกัน) 32

3.4 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 33

3.5 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 2 m/s 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.6 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 35

3.7 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 36

3.8 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออก เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HRp) (ตั้งฉากกัน) 37

3.9 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HRp) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 38

3.10 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HRp) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 2 m/s 39

3.11 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HRp) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 40

3.12 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HRp) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 41

3.13 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR-HRpu) (ตั้งฉากกัน) 42

3.14 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR-HRpu) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 43

3.15 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR-HRpu) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 44

3.16 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR-HRpu) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 45

3.17 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRl) (ตรงข้ามกัน) 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.18 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRl) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 47

3.19 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRl) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 48

3.20 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRl) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 49

3.21 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR-VRr) (ตรงข้ามกัน) 50

3.22 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR-VRr) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 51

3.23 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR-VRr) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 52

3.24 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR-VRr) (ตรงข้ามกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 53

3.25 ภาพแสดงหุ่นจำลองและลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRpl) (ตั้งฉากกัน) 54

3.26 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRpl) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.27 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRpl) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3 m/s 56

3.28 ภาพแสดงผลการทดลองในอุโมงค์ลมของรูปร่างช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR-VRpl) (ตั้งฉากกัน) เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5 m/s 57

4.1 ภาพแสดงผังโครงการของตัวอย่างที่ 1 103

4.2 ภาพแสดงผังพื้นชั้นล่างของตัวอย่างที่ 1 (แบบที่1.1) 109

4.3 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.1 110

4.4 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.1 111

4.5 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.1 112

4.6 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.2 113

4.7 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.2 114

4.8 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.2 115

4.9 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.3 116

4.10 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.3 117

4.11 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.3 118

4.12 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.4 119

4.13 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.4 120

4.14 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.4 121

4.15 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.5 122

4.16 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.5 123

4.17 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.5 124

4.18 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.6 125

4.19 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.6 126

4.20 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.6 127

4.21 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.7 128

4.22 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.7 129

4.23 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.7 130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.24 ภาพแสดงผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.8 131
4.25 ภาพแสดงรูปด้าน1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.8 132
4.26 ภาพแสดงรูปด้าน3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.8 133
4.27 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom A 134
4.28 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom B 135
4.29 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom A 136
4.30 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom B 136
4.31 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom C 137
4.32 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Master bedroom C 138
4.33 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1A 139
4.34 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1B 140
4.35 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1A 141
4.36 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1B 141
4.37 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1C 142
4.38 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1D 143
4.39 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1C 144
4.40 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1D 144
4.41 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1E 145
4.42 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 1 ของตัวอย่างที่ 1 แบบ Bedroom 1E 146
4.43 ภาพแสดงผังพื้นชั้นล่างของตัวอย่างที่ 2 149
4.44 ภาพแสดงผังพื้นชั้น 2 ของตัวอย่างที่ 2 150
4.45 ภาพแสดงรูปด้าน 1 และ 3 ของตัวอย่างที่ 2 151
4.46 ภาพแสดงรูปด้าน 2 ของตัวอย่างที่ 2 152
4.47 ภาพแสดงรูปด้าน 4 ของตัวอย่างที่ 2 153
4.48 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอนใหญ่ของตัวอย่างที่ 2 154
4.49 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอน 3 ของตัวอย่างที่ 2 155
4.50 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 3 ของตัวอย่างที่ 2 แบบ Master Bedroom 156
4.51 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอน 3 ของตัวอย่างที่ 2 แบบ Bedroom 3 156
4.52 ภาพแสดงผังพื้นของตัวอย่างที่ 3 158

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.53 ภาพแสดงรูปด้าน 1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 3 159
4.54 ภาพแสดงรูปด้าน 3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 3 160
4.55 ภาพแสดงแบบขยายห้องนอนของตัวอย่างที่ 3 161
4.56 ภาพแสดงทัศนียภาพห้องนอนของตัวอย่างที่ 3 แบบ Bedroom 162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

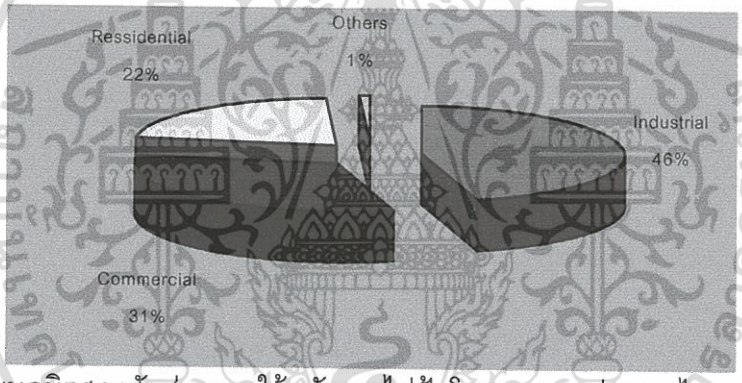
เนื่องจาก สภาพเศรษฐกิจที่ตกต่ำในปัจจุบัน ประกอบกับ สถานการณ์การขาดแคลนแหล่งพลังงานทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานกันอย่างฟุ่มเฟือยไปทั่วโลก ทำให้แต่ละประเทศต้องหาแหล่งพลังงานทางธรรมชาติเพื่อนำมาผลิตพลังงานสนองต่อความต้องการการใช้พลังงานของประชากรแต่ละประเทศ ซึ่งในแต่ละประเทศนั้นมีศักยภาพในการผลิตพลังงานแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นข้อได้เปรียบในทางธรรมชาติ หรือข้อได้เปรียบทางเทคโนโลยี ของแต่ละประเทศก็ตาม ในปัจจุบัน ประเทศไทยยังมีศักยภาพไม่เพียงพอทั้ง 2 ด้าน ทั้งข้อจำกัดของแหล่งพลังงานทางธรรมชาติ และข้อจำกัดของเทคโนโลยีในการผลิตพลังงานและการประหยัดพลังงาน จะเห็นได้จากการรณรงค์ช่วยกันประหยัดพลังงานของภาครัฐบาล เพื่อที่จะให้ทุกหน่วยงานรวมถึงประชาชนทุกคนมองเห็นความสำคัญของการประหยัดพลังงาน และช่วยเหลือประเทศชาตินั้นเอง เราในฐานะประชาชนคนหนึ่งจึงควรให้ความร่วมมือกับภาครัฐอย่างเต็มที่ โดยผู้ทำวิจัยนั้นเป็นนักศึกษาสถาปัตยกรรมเขตร้อนที่มีโอกาสได้ศึกษามุ่งเน้นมาในเรื่องการออกแบบที่ก่อให้เกิดความสบายในการอยู่อาศัยอาคารต่างๆ ซึ่งอาคารต่างๆเป็นสถานที่หนึ่งที่จำเป็นที่ต้องใช้ไฟฟ้าและมีการบริโภคพลังงานเป็นส่วนมากของประเทศ พลังงานดังกล่าวถูกใช้เพื่อสร้างความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์ เช่น เครื่องปรับอากาศ หรือหลอดไฟแสงสว่าง ถ้าการออกแบบประสบความสำเร็จผู้ใช้อาคารเกิดความสบายแล้วนั้นจะทำให้ผู้ใช้อาคารลดการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออาจถึงระดับที่ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆเพื่อช่วยให้เกิดความสบายทั้งทาง อุณหภูมิ การมองเห็น การได้ยิน และสัมผัสต่างๆ ถ้าในทางสถาปัตยกรรมนั้นสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้จะทำให้เป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติอย่างมาก

ในปัจจุบันมีผู้ทำวิจัยทั่วโลกทำการศึกษาการลดการใช้พลังงานหลายด้าน หลายประเด็น ทั้งการสร้างความสบายในการอยู่อาศัยโดยใช้ศักยภาพทางธรรมชาติ (Passive design) และการสร้างความสบายให้กับผู้อยู่อาศัยโดยการใช้เครื่องกลหรือการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (Active design) ซึ่งทั้ง 2 แนวทางนั้นต่างมุ่งเน้นที่จะช่วยกันอนุรักษ์พลังงานไว้ทั้งสิ้น โดยศักยภาพ และความสนใจของผู้ทำวิจัย นั้นสนใจที่จะศึกษาการนำศักยภาพทางธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างเต็มความสามารถก่อน แต่ถ้ายังไม่เพียงพอแล้วจึงจะนำเครื่องกลมาประกอบเท่าที่จำเป็น ศักยภาพทางธรรมชาตินั้นมีหลายอย่าง เช่น แสงแดด ลม น้ำ ต้นไม้ ฯลฯ

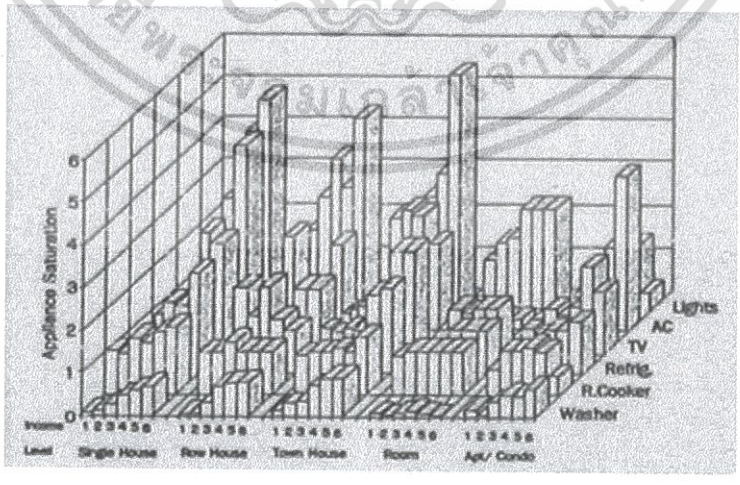
จากการใช้พลังงานของประเทศไทย จะเห็นได้ว่า การใช้ไฟฟ้าในเขตนครหลวง (กรุงเทพฯ และปริมณฑล) สูงถึงประมาณ 1 ใน 3 ของการใช้ไฟฟ้าในเขตภูมิภาคของประเทศไทย (นอกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตนครหลวง) ดังภาพที่ 1.1 และจากรายงานการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในเขตนครหลวง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดคือ ธุรกิจอุตสาหกรรม รองลงมาคือ ธุรกิจพาณิชย์ อันดับ3คือ บ้านพักอาศัย เป็น 3ส่วนหลักที่บริโภคไฟฟ้าสูง ในเขตนครหลวง ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของธุรกิจอุตสาหกรรม นั้นเกิดจากการใช้เครื่องจักรกลในระบบอุตสาหกรรม การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตทางอุตสาหกรรมต่างๆ ธุรกิจพาณิชย์นั้น น่าจะเกิดจากการใช้ไฟฟ้าในการใช้อาคารสำนักงานและร้านค้าต่างๆเช่น เครื่องปรับอากาศ ไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น บ้านพักอาศัยก็เช่นเดียวกันนั้นคือการใช้ไฟฟ้าจากการใช้อาคาร แต่เป็นคนละช่วงเวลา หรือบางครั้งอาจคาบเกี่ยวกัน เช่นอาคารสำนักงานนั้นใช้ไฟฟ้าอย่างสูงสุดในช่วงเวลาทำงานคือประมาณ 8.00น. ถึง 18.00น. แต่บ้านพักอาศัย ใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วง ประมาณ 16.00น. ถึง 22.00น. ที่คาบเกี่ยวกันจะเป็น อาคารห้างสรรพสินค้า สถานบันเทิงเวลากลางคืน เป็นต้น ด้วยศักยภาพของผู้ทำวิจัยที่สนใจในเรื่องการสร้างความสบายของผู้ใช้อาคารด้วยศักยภาพทางธรรมชาติ จึงสนใจที่จะศึกษาวิธีที่จะสร้างความสบายให้กับผู้อยู่อาศัยในบ้านพักอาศัยในเขตนครหลวงด้วยศักยภาพทางธรรมชาติ



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไทย พ.ศ. 2543

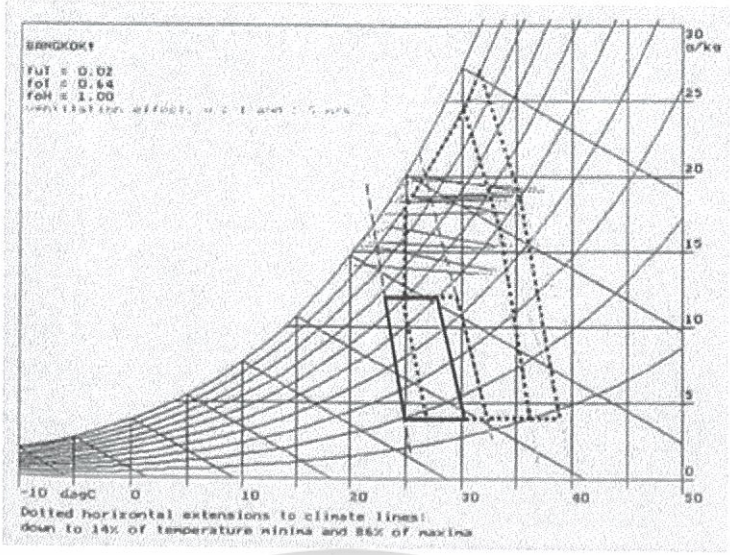


ภาพที่ 1.2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนประเภทของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารบ้านพักอาศัย (พ.ศ.2534-2540)[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพฤติกรรมการใช้อาคารของผู้พักอาศัย บ้าน เป็นอาคารที่ใช้พักผ่อนจากการทำงานหรือการเรียน นั้นหมายถึงช่วงเวลาในการใช้อาคารจะเริ่มจาก ประมาณ 16.00น. ถึง 8.00น. การใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นคือการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น เครื่องปรับอากาศหรือพัดลม ไฟฟ้าแสงสว่าง โทรทัศน์ ตู้เย็น คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ในทางสถาปัตยกรรมการออกแบบเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้านั้นคือการออกแบบอาคารเพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้รับความสบายมากที่สุด แต่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความต้องการ และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารได้ ดังนั้นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะสามารถช่วยลดการใช้ลงได้คือเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่าง แต่จากปริมาณการบริโภคไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภทนั้นเครื่องปรับอากาศบริโภคไฟฟ้าสูงกว่า และเมื่อเราพักผ่อนนอนหลับเราก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้แสงสว่างด้วย ช่วงเวลาในการพักผ่อนของมนุษย์นั้นควรใช้เวลาในการพักผ่อนนอนหลับประมาณ 6-8 ชั่วโมง ซึ่งการพักผ่อนที่ดีนั้นคือ 8 ชั่วโมง แสดงว่า 8 ชั่วโมงที่เราอยู่ในบ้านนั้นเราอยู่บนเตียงนอนในห้องนอน และยังไม่รวมถึงช่วงเวลาในห้องนอน ก่อนและหลังนอนด้วย จากเวลาที่เราอยู่ในบ้านประมาณ 16 ชั่วโมงนั้น เราอยู่ในห้องนอนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ในช่วงเวลาดังกล่าวที่เราอยู่บ้านอุณหภูมิภายนอกเริ่มที่จะเย็นลงและในช่วงกลางคืนช่วงที่เรานอนหลับอุณหภูมิภายนอกนั้นอยู่ในระดับที่สามารถนำมาใช้สร้างความสบายได้เราจึงน่าที่จะใช้ข้อได้เปรียบของธรรมชาติในช่วงเวลาดังกล่าวมาใช้ด้วยการนำอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำเข้ามา สร้างความสบายภายในห้องนอน การนำเอาอากาศภายนอกมาใช้นั้นนำมาได้ด้วยการถ่ายเทอุณหภูมิ ซึ่งประกอบด้วย การนำ (Conduction) การพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) จากข้อได้เปรียบของอุณหภูมิภายนอกที่ต่ำกว่าเราจึงควรนำอากาศภายนอกเข้ามาโดยตรงนั้นคือ การพา การพาความเย็นเข้ามาภายในห้องนอน ซึ่งเป็นการถ่ายเทอุณหภูมิที่ใช้ตัวแปรคืออากาศ การพาอากาศเย็นเข้ามาภายในห้องนอนนั้นต้องผ่านเข้ามาทางช่องเปิด ดังนั้นช่องเปิดจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการพาอากาศเข้ามาภายใน นอกจากการพาเอาอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำเข้ามาในห้องแล้วนั้น การที่อากาศเย็นจะใช้ประโยชน์กับร่างกายเราได้นั้นก็เมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกันระหว่างผิวหนังมนุษย์กับอากาศทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกเย็นขึ้นและสบายขึ้น และถ้าการแลกเปลี่ยนอุณหภูมินั้นเกิดได้เร็วขึ้นและบ่อยครั้งขึ้นจะทำให้ร่างกายเรารู้สึกสบายมากขึ้นด้วยหรืออาจจะรู้สึกเย็นสบายตลอดเวลาได้ เมื่อความเร็วลมสูงขึ้นจะทำให้ขอบเขตความสบายสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังภาพที่ 1.3 (แสดงขอบเขตความสบายบน Psychromatic chart) ดรุณี มงคลสวัสดิ์ พบว่าสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกินกว่าขอบเขตความสบาย แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมด้วยการระบายอากาศแล้วจะทำให้ขอบเขตความสบายของมนุษย์กว้างขึ้นครอบคลุมภูมิอากาศเฉลี่ยส่วนใหญ่ของกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.3 แผนภูมิแสดงขอบเขตความสบายของมนุษย์กับภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน เมื่อใช้กลวิธีการเพิ่มเติมขอบเขตความสบายด้วยการระบายอากาศ (พ.ศ.2532-2541)[2]

นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและวิจัยในหัวข้อต่างๆของช่องเปิด ทิศทางลม ความเร็วลม การเคลื่อนที่ของลม ฯลฯ โดยการศึกษาจากปัจจัยต่างๆของช่องเปิด เช่น รูปแบบ, ขนาด, สัดส่วน, ตำแหน่ง, สิ่งกีดขวาง และส่วนประกอบของช่องเปิดซึ่งทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้พัฒนาการออกแบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่ในปัจจุบัน การออกแบบสถาปัตยกรรมมีรูปแบบที่หลากหลายไร้ขีดจำกัดมากขึ้น ซึ่งช่องเปิดนั้นเป็นองค์ประกอบของอาคารอย่างหนึ่งที่ได้รับการออกแบบรูปแบบใหม่ๆมากมาย ช่องเปิดนั้นนอกจากเป็นหน้าต่างเพื่อใช้ระบายอากาศและช่องแสงแล้ว ยังเป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดสวยงามทางสถาปัตยกรรมด้วย เช่น สี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งแนวตั้งและแนวนอน วงกลม วงรี สามเหลี่ยม หรือฟรีฟอร์ม (Free form) ซึ่งรูปแบบของช่องเปิดที่มีลักษณะเด่นชัดเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้งสิ้น แต่การใช้งานในชีวิตจริงช่องเปิดที่ได้ใช้กันอย่างเป็นสากลจำนวนมากนั้นคือช่องเปิดที่เป็นสี่เหลี่ยมรูปร่างต่างๆ

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบช่องเปิดกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนอนโดยที่ใช้รูปร่างของช่องเปิดที่แตกต่างออกไป ว่าเมื่อช่องเปิดทางเข้าและทางออกต่างกันในรูปร่าง และ ตำแหน่งของช่องเปิดนั้นจะทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมเปลี่ยนแปลงไปเช่นใด โดยศึกษาบนพื้นฐานของสภาพจริงทางธรรมชาติ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมภายนอกเช่น ทิศทางลมและความเร็วลมภายนอก และ สภาพการใช้งานจริงจากตำแหน่งของช่องเปิดและผนังที่มีการเจาะช่องเปิด เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลใหม่ๆที่จะนำไปใช้ได้จริงในการออกแบบช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดต่อมนุษย์ซึ่งเป็นผู้คิดค้น สร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากสถาปัตยกรรมอาคารมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออก

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิด เมื่อได้รับอิทธิพลจากกระแสลมภายนอก (ความเร็วลม และ ทิศทางลม)

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิด เมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้าและทางออกต่างกัน

- ผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออก ตรงข้ามกัน
- ผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออก ติดกัน

1.2.4 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดเมื่อตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน (บน-ล่าง, ซ้าย-กลาง-ขวา)

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 รูปแบบของช่องเปิด (ทางเข้า และ ทางออก) ที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในต่างกันด้วย

1.3.2 อิทธิพลของกระแสลมภายนอก(ความเร็วลม และ ทิศทางลม)ทำให้ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดเปลี่ยนแปลงไป

1.3.3 ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกทำให้ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดเปลี่ยนแปลงไป

1.3.4 ตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้า-ออกทำให้ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดเปลี่ยนแปลงไป

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ใช้ห้องนอนขนาด 5*4*3 ม. (กว้าง*ยาว*สูง) ในการศึกษา

1.4.2 ศึกษารูปร่างของช่องเปิดที่เป็นช่องเปิดโล่งรูปสี่เหลี่ยม 3 ลักษณะคือ สี่เหลี่ยมจตุรัส, สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง

1.4.3 ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยการเจาะช่องเปิดตรงข้ามกัน (Cross ventilation) และเจาะช่องบนผนังที่ตั้งฉากกัน 2 ด้าน

1.4.4 ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องโดยไม่มีสิ่งกีดขวางภายในห้อง และวัสดุกันแมลง (มุ้งลวด) และลักษณะของบานหน้าต่าง

1.4.5 สัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดกับพื้นที่ผนัง ที่ใช่ในการทดลองคือ 1:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.6 ตำแหน่งของช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง ใช้ช่องเปิดสัดส่วน 1:3 โดยขอบล่างสุดของช่องเปิดมีระยะ 0.45 ม. จากระดับพื้นห้อง สำหรับสี่เหลี่ยมแนวนอนคือบน-ล่าง สำหรับสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งคือ ซ้าย-กลาง-ขวา

1.4.7 ความเร็วลมภายนอกที่ใช้ในการทดลองมี 3 ค่า คือ 1 m/s, 3 m/s และ 5 m/s

1.4.8 ทิศทางลมภายนอกที่ใช้ในการทดลองมี 3 ทิศทางคือ ตั้งฉากกับช่องเปิด (90°) และ ทำมุมเอียงกับช่องเปิดทั้ง 2 ด้าน (45° และ -45°)

1.4.9 หุ่นจำลองการทดลองมีอัตราส่วน 1:10 โดยเก็บข้อมูลการกระจายลมภายในห้องที่ระดับความสูง 0.6 ม.ทั้งหมด 20 จุด 1 จุดครอบคลุมพื้นที่ 1 ตารางเมตร

1.4.10 ทำการทดลองวัดความเร็วลมในอุโมงค์ลม และ ศึกษาลักษณะรูปแบบการเคลื่อนที่ลมด้วยโต๊ะน้ำ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1.5.1 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยมุ่งเน้นเรื่องลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง

- ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง เช่น ความเร็วลมภายนอก, ทิศทางของกระแสลมภายนอก, ตำแหน่งของช่องเปิดและผนังที่มีช่องเปิด, รูปแบบของช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออก โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่ผ่านมา

1.5.2 ศึกษาวิธีการทดลองที่เหมาะสมกับงานวิจัยทั้งโต๊ะน้ำ และอุโมงค์ลมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ตามการทดลอง

1.5.2.1 การเคลื่อนที่ของลมในแบบจำลองอุโมงค์ลม กล่าวถึงลักษณะของอุโมงค์ลมและการเลือกใช้งานอุโมงค์ลม

1.5.2.2 การวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมด้วยโต๊ะน้ำ

1.5.3 ออกแบบการทดลอง หุ่นจำลอง และเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

1.5.4 ทำการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง โดยใช้วิธีทดลองทั้ง 2แบบ คือ โต๊ะน้ำ และอุโมงค์ลม

1.5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง และรวบรวมผลการวิเคราะห์จากการทดลองทั้งหมด

1.5.6 สรุปผลการทดลอง และเสนอข้อเสนอแนะในการทดลองแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบของช่องเปิดต่างๆเป็นแนวทางและข้อมูลในการออกแบบช่องเปิดต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในงานวิจัยนี้ผู้จัดหวังที่จะเสนอรูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับห้องนอนที่มีลักษณะตรงกับงานวิจัยนี้ให้มีลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะสามารถนำลมภายนอกเข้ามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง โดยผลงานวิจัยจะทำให้ทราบข้อมูลความสัมพันธ์ต่างๆของรูปแบบช่องเปิดกับลักษณะการเคลื่อนที่ลมภายในห้องดังนี้

1.6.1 ข้อมูลลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เกิดจากรูปแบบช่องเปิดทางเข้าและทางออก ในลักษณะต่างๆ

1.6.2 ผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องจากอิทธิพลของความเร็วลมภายนอก, ทิศทางลมเข้าจากภายนอก

1.6.3 ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งต่างๆกัน

1.6.4 ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อห้องนอนมีผนังที่มีช่องเปิด 2 ด้านที่อยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้ามกัน และ ตั้งฉากกัน

1.7 ระยะเวลาในการศึกษา

เริ่ม และ เสร็จสิ้นปีการศึกษา 2546

การดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำวิจัย (เดือนที่)								หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ช่วงที่ 1	1	1							เสนอหัวข้อวิจัย
ช่วงที่ 2		2	2						ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
ช่วงที่ 3				3	3				ทำการทดลอง
ช่วงที่ 4					4	4			วิเคราะห์ผลการทดลอง
ช่วงที่ 5							5		สรุปและเสนอแนะ
ช่วงที่ 6								6	สอบและเรียบเรียงรูปเล่ม

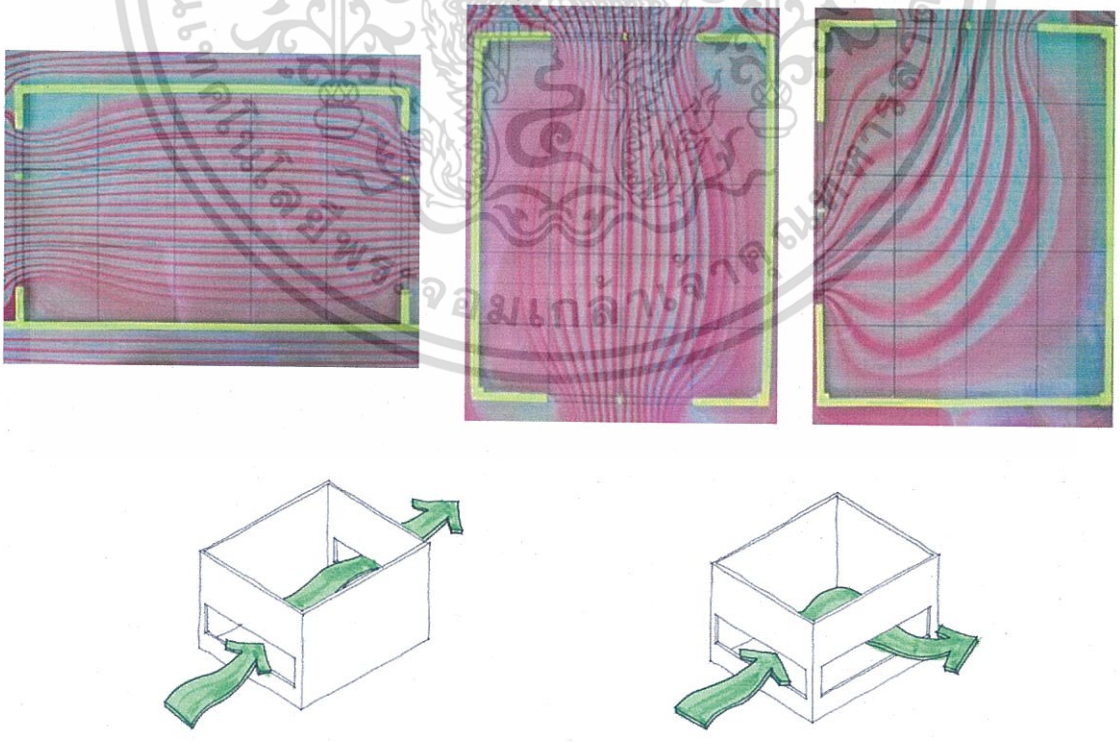
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าลมสามารถช่วยสร้างความสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัยได้ โดยวิธีทางธรรมชาติของลม ดังนั้นเราจึงควรใช้ข้อได้เปรียบทางธรรมชาตินี้มาใช้ให้เกิดความสบายภายในอาคาร นั้นคือการใช้การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ การระบายอากาศนั้นมีความสำคัญต่อความสบายของมนุษย์โดยมีหน้าที่หลักๆแบ่งออกได้ 3 ประการ[3]คือ

1. การนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในห้อง
2. การนำอากาศเย็นเข้ามาในห้อง
3. การทำให้ร่างกายรู้สึกเย็น

การระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอยู่หลายวิธี แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้จะกล่าวถึง **การระบายอากาศแบบข้ามฝาก** (Cross ventilation) ซึ่งเป็นการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพในการ ถ่ายเทสูง การระบายอากาศแบบ Cross ventilaion เกิดขึ้นเมื่อภายในอาคารหรือห้องนั้นมีช่องเปิด 2 ช่องที่อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันหรือตั้งฉากกัน โดยช่องเปิดทางเข้าหันไปยังทิศทางลมเข้าและช่องเปิดทางออกอยู่อีกฝั่งหนึ่ง และภายในไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างช่องเปิดทั้ง 2 ซึ่งทำให้การเคลื่อนที่ของลมเข้าทางช่องเปิดทางเข้าและลมเคลื่อนที่ผ่านห้องในแนวราบออกไปทางช่องเปิดทางออก



ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงตัวอย่างการระบายอากาศแบบข้ามฝาก (Cross ventilation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการระบายอากาศที่ดีต้องเกิดจากการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสม ปัจจัยที่ทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องประสบความสำเร็จในการระบายอากาศมีหลายปัจจัย ช่องเปิดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง และรูปร่างสัดส่วนของช่องเปิดนั้นมีผลกับการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องอย่างมาก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลกับการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เกิดจากรูปร่างของช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออกซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดแต่ละหัวข้อต่อไปเพื่อความเข้าใจของผู้อ่าน

2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง

ลมมีหลักการการเคลื่อนที่เหมือนกันไม่ว่าจะอยู่นอกห้องหรือในห้องคือ ลมจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ และการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของอากาศที่มีอุณหภูมิสูง หรือเมื่อบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันโดยบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นทำให้บริเวณนั้นมีอากาศเบาบางทำให้มีความกดอากาศต่ำดังนั้นอากาศในบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าจึงเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ทำให้เกิดลม แต่การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเกือบทั้งหมดเกิดจากความแตกต่างกันของความกดอากาศที่เกิดขึ้นที่ช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก ดังนั้นเมื่อช่องเปิดมีการเปลี่ยนแปลงหรือได้รับอิทธิพลจากลมภายนอกที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้ความกดอากาศในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไปด้วยทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน

ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง (ด้วยโต๊ะน้ำ)

ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นอธิบายได้ด้วย 2 สิ่งคือ ความเร็วลม และทิศทางของลมหรือการกระจายตัวของลมภายในห้อง ซึ่งทั้ง 2 สิ่งนี้สามารถบ่งบอกถึงความเหมาะสมของการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เกิดจากปัจจัยต่างๆได้ (ความเร็วลมที่เหมาะสมกับการใช้งาน และ การกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงภายในห้องโดยเฉพาะพื้นที่ใช้งาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

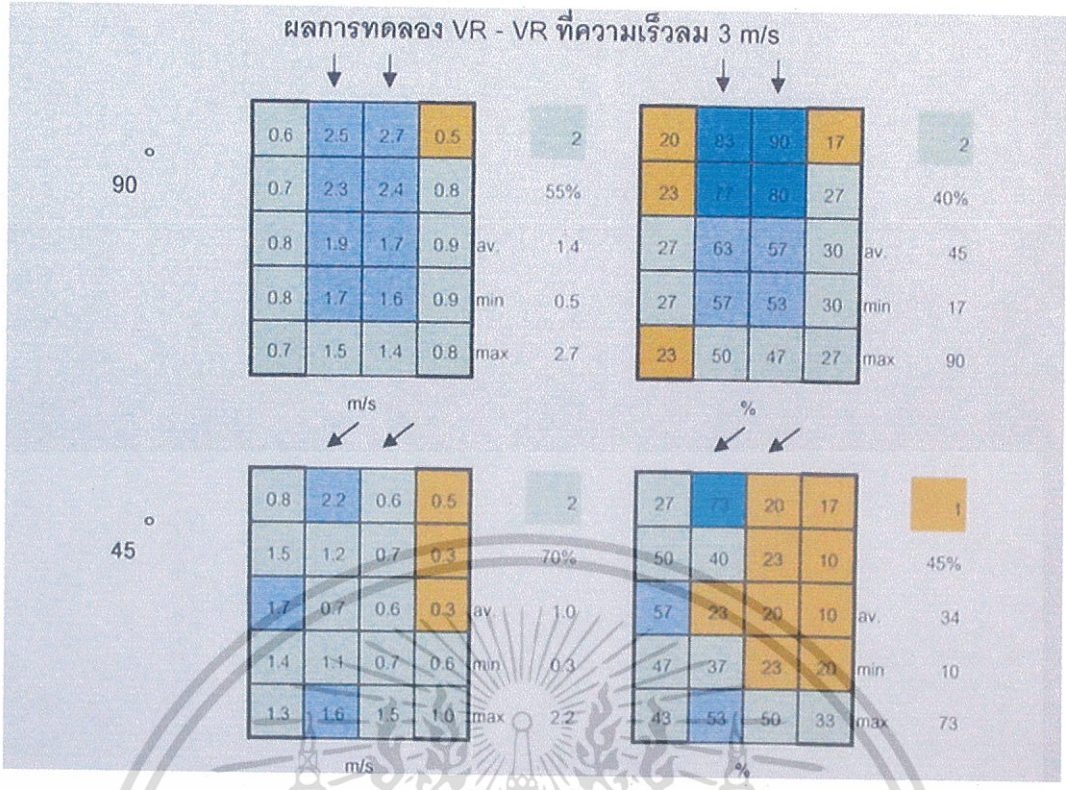
2.1.1 ความเร็วลมภายในห้อง

ความเร็วลมภายในห้องเกิดขึ้นเมื่อห้องมีความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก ยิ่งความกดอากาศทั้ง 2 ด้านต่างกันมากเท่าไรความเร็วลมจะมากขึ้นด้วย Victor Olgyay[4] อธิบายไว้ว่า เมื่อมีลมเข้ามาปะทะอาคารจะเกิดความกดอากาศสูง (+) ที่บริเวณผนังอาคารที่อยู่ด้านหน้าลม และจะเกิดความกดอากาศต่ำ (-) ที่บริเวณผนังด้านตรงข้ามลม เมื่อมีการเจาะช่องเปิดทั้ง 2 ด้านลมจากภายนอกจะวิ่งทะลุผ่านอาคารไปตามกฎการเคลื่อนที่ของลม (ลมจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำเสมอ) และพบว่าความเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่ภายในห้องจะมีความเร็วสูงที่สุดเมื่อ ช่องเปิดทางเข้ามีขนาดเล็กและช่องเปิดทางออกมีขนาดใหญ่ ซึ่งเรียกว่า **Venturi effect** (ปรากฏการณ์ที่อากาศถูกบีบโดยสิ่งกีดขวางหรือช่องที่แคบลงทำให้เกิดความกดอากาศที่แตกต่างกันมากขึ้น อากาศจึงเคลื่อนตัวด้วยความเร็วที่สูงขึ้น) แต่เมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศถูกเบี่ยงเบนหรือเปลี่ยนทิศทางซึ่งอาจเกิดจากตำแหน่งของช่องเปิดที่ไม่สมมาตรกันหรือมีสิ่งกีดขวางเกิดขึ้นระหว่างช่องเปิดเข้าและช่องเปิดออก ความเร็วของลมภายในห้องจะลดลงและเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งเรียกว่า **Inertia effect** (ปรากฏการณ์ที่อากาศมีการเบี่ยงเบนทิศทางทำให้เกิดแรงเฉื่อยขึ้นระหว่างอากาศกับสิ่งกีดขวางหรือผนังที่อากาศพุ่งไปกระทบทำให้อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ลดลง)

VENTURI EFFECT INERTIA EFFECT

ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องแบบ VENTURI EFFECT และ INERTIA EFFECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในห้อง

จากการทดลองของ Baruch Givoni พบว่าความเร็วลมภายในห้องเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความเร็วลมภายนอก, ขนาดช่องเปิดทางเข้า - ออก และทิศทางลมภายนอกเปลี่ยนไป จากผลการทดลองนี้ทำให้ได้สมการการหาค่าความเร็วเฉลี่ยภายในห้อง[6] คือ

$$\bar{V}_{(i)} = 0.45\left(1 - e^{-3.84X}\right)V_{(0)}$$

; $\bar{V}_{(i)}$ = ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง

X = อัตราส่วนของพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ผนัง

$V_{(0)}$ = ความเร็วลมภายนอก

เมื่อห้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสและช่องเปิดทางเข้า - ออกมีขนาดเท่ากันและอยู่ตรงข้ามกัน

จากสมการแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วลมภายนอกเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้ความเร็วลมภายในห้องเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน

แต่ความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้องนั้นควรเป็นความเร็วลมที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด นั้นคือความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์สัมผัสแล้วรู้สึกสบาย โดย Sir Fransic Beaufort ได้กำหนดระดับของความเร็วลมที่ก่อให้เกิดความรู้สึกต่างๆไว้ 10 ระดับรู้จักในชื่อว่า "Beaufort scale" และระดับความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายคือค่า "Beaufort number"[5] ความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์สัมผัสแล้วรู้สึกสบายมีความเร็วลมอยู่ระหว่าง 1.6-3.3 m/s

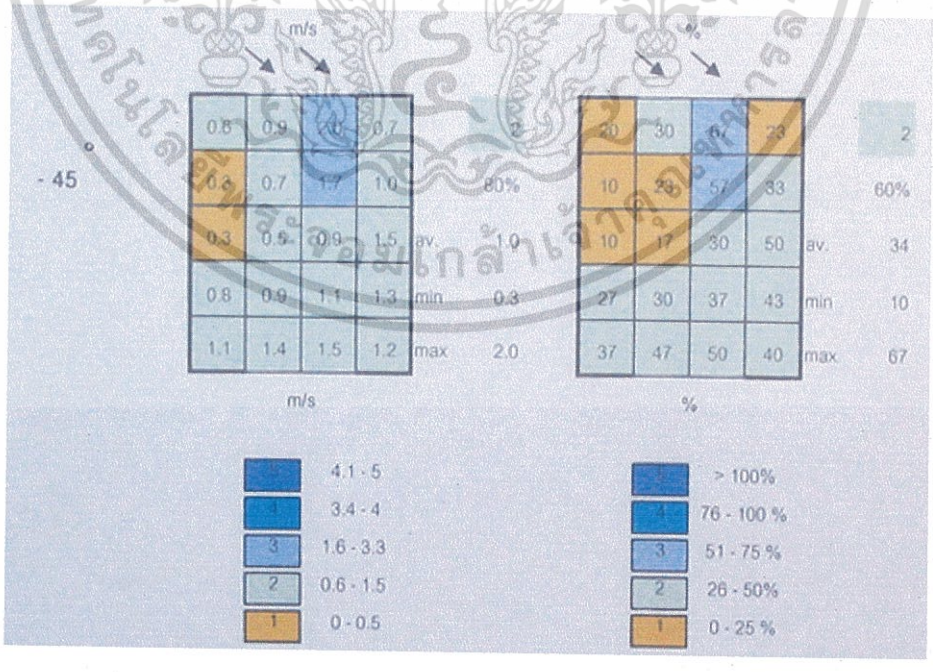
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ดูตารางที่ 2.1) ต่อมา A.D.Penwarder และ A.F.E.Wise[7] ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมพบว่า ภายในห้องนั้นต้องการลมที่สงบแต่ต้องทำให้มนุษย์สัมผัสแล้วรู้สึกสบายซึ่งมีความเร็วอยู่ระหว่าง 0.6-1.5 m/s แต่การที่จะทำให้ลมภายในห้องมีความเร็วที่เหมาะสมนั้นมีปัจจัยหลายประการซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป (ตาราง wind speeds and their effect)

2.1.2 การกระจายตัวและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง

การกระจายตัวและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของลมที่เข้ามาทางช่องเปิดทางเข้า-เคลื่อนตัวอยู่ภายในห้อง-และออกจากห้องไปทางช่องเปิดทางออก การกระจายตัวหรือทิศทางการเคลื่อนที่ของลมนั้นมีความสำคัญเพราะการที่ลมจะทำให้มนุษย์รู้สึกสบายได้นั้น ทางหนึ่งผิวหนังของมนุษย์ต้องได้สัมผัสกับลมโดยตรง อีกทางหนึ่งคือลมจะนำอากาศที่เย็นเข้ามาและนำอากาศที่ร้อนออกไป เราจึงควรคำนึงถึงการกระจายตัวและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วย

การกระจายตัวของลมภายในห้องที่ดีนั้น ลมที่เข้ามาภายในห้องควรจะเคลื่อนที่ไปได้อย่างทั่วถึงทุกบริเวณของห้อง ถ้ามีข้อจำกัดของห้องหรือไม่สามารถทำได้ อย่างน้อยควรจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่มีการใช้งานภายในห้อง เพื่อให้ลมได้สัมผัสกับร่างกายมนุษย์และนำความร้อนในส่วนนั้นออกไป ลมจะสามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่เราต้องการได้โดยการกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก (ความกดอากาศสูง – ความกดอากาศต่ำ) และการได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆต่อช่องเปิดนั้นมีผลต่อการกระจายตัวของลมทั้งสิ้นไม่มากก็น้อย



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงตัวอย่างการกระจายตัวของลมภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความรู้สึกของมนุษย์ที่มีต่อความเร็วลมตาม Beaufort scale (Wind speed and their effect) (7)

Beaufort scale	Description	Speed (m/s)	3 second gusts (m/s)	Effect on man	Effect on building vegetation and ground
0	Calm	0 - 0.5		None	Smoke oses vertically, water surfaces smooth
1	Light air	0.6 - 1.5		Movement percepticle impossible due to cooling effect	Wind direction shown by smoke but not by wind vanes
2	Light breeze	1.6 - 3.3	5.7	Cool air felt on the face	Leaves rustle
3	Gentle breeze	3.4 - 5.4	9.3	Hair is misturbed, light clothing flaps, discomfort gusts	Leaves and twigs in motion, light flags extended
4	Moderate breeze	5.5 - 7.9	13.6	Hair disarrangeed; fairly uncomfortable	Raises dust and loose paper, sand swept along the ground
5	Fresh breeze	8.0 - 10.7	18.4	Force of the wind felt on the body,uncomfortable	Trees in leaf begin to sway,sand driven
6	strong breeze	10.8 - 13.8	23.7	Wind noise in ears; hair blown straight, difficult to walk steadily	Sand and snow blown above head height, large branches in motion
7	Near gale	13.9 - 17.1	29.3	Walking against wind equivalent to climbing 1/7 slope	Whole trees in motion
8	Gale	17.2 - 20.7	35.3	Generally impedes progress, equivalent to climbing 1/5 slope	Twing broken off trees
9	Strong gale	20.8 - 24.4	41.8	People blown over by gusts, equivalent to climbing 1/4 slope	Slight structural damage, slates or tiles removed
10	Storm	24.5 - 28.4	48	Walking against wind equivalent to climbing 1/3 slope, but gusts make movement percepticle impossible	Seldom experienced inland; Trees uprooted; considerable structural damage

Notes: 1. Wind speeds are measureed at 10 m. high in open ground.

2. The muscular energy required to climb a slope can be equated with that required to walk against the wind. The slopes shown in the table relate to the average wind speed. Turbulance will cause fluctuation in the wind speed and make waling more difficult.

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นมีหลายประการ ซึ่งสิ่งเหล่านั้นมีผลต่อความกดอากาศทั้งสิ้นทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเปลี่ยนทิศทางหรือความเร็วไป สภาพของแต่ละปัจจัยนั้นๆ เนื่องจากตัวแปรหลักบางประการได้มีการกล่าวถึงในการวิจัยหลายชิ้นแล้ว ในงานวิจัยนี้จึงจะกล่าวถึงปัจจัยหลักๆบางประการที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เกิดจากรูปร่างของช่องเปิดดังต่อไปนี้

2.2.1 ความเร็วลมภายนอก

ความเร็วลมภายนอกนั้นส่งผลกระทบกับการเคลื่อนที่ของลมอย่างเต็มที่ เพราะเมื่อความเร็วลมภายนอกสูงขึ้น ความเร็วลมภายในก็จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยอธิบายได้ด้วยสมการอัตราการไหลแทนที่ของอากาศ[4] เมื่อขนาดของช่องเปิดทางเข้าและทางออกเท่ากัน คือ

$$Q = 3150\,AV$$

; Q =อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/hr)

A =พื้นที่ของช่องเปิดทางเข้า (ft^2)

V =ความเร็วลม (mph)

แต่เมื่อช่องเปิดทางเข้าและทางออกมีขนาดไม่เท่ากันค่าคงที่ในสมการจะเปลี่ยนแปลงไปตามตารางนี้[4] คือ

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าคงที่ในสมการการหาอัตราการไหลของอากาศ[4]

พื้นที่ช่องเปิดทางออก : พื้นที่ช่องเปิดทางเข้า	ค่าคงที่ในสมการ
1 : 1	3150
2 : 1	4000
3 : 1	4250
4 : 1	4350
5 : 1	4400
3 : 4	2700
1 : 2	2000
1 : 4	1100

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าถ้าความเร็วภายนอกเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการไหลของอากาศสูงขึ้นด้วยแสดงว่าความเร็วลมภายในห้องต้องมีความเร็วสูงขึ้นเช่นกัน และจากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลมภายในเฉลี่ยที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 2.1.1 ข้างต้นของ Baruch Givoni เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายนอกและความเร็วลมภายในห้องที่สอดคล้องกัน

นอกจากความเร็วลมภายในที่จะเปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายนอกแล้ว ความเร็วลมภายนอกยังมีผลต่อการกระจายตัวของลมภายในด้วย เมื่อลมภายนอกมีความเร็วสูงขึ้น ลมภายในจะมีการกระจายตัวภายในห้องมากขึ้นด้วย แต่นั้นต้องมีผลจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่นเมื่อความเร็วลมภายนอกต่างกันกับรูปร่างของช่องเปิดทางเข้า – ออกที่ต่างกันแบบหนึ่งจะทำให้ลมภายในเบี่ยงเบนต่างกันด้วย

2.2.2 ทิศทางลมภายนอก

ทิศทางลมภายนอกนั้นมีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องโดย เมื่อทิศทางลมเปลี่ยนทำให้ลมที่พุ่งเข้ามาในห้องเป็นไปตามทิศทางลมภายนอกทำให้การกระจายตัวเปลี่ยนไปและมีผลต่อความเร็วลมภายในด้วย Baruch Givoni กล่าวว่าถ้าช่องเปิดทางเข้า - ออกอยู่ตรงข้ามในแนวเดียวกันและทิศทางลมภายนอกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า ลมจะพัดเข้าและเคลื่อนที่ออกไปอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าทิศทางลมภายนอกทำมุมเอียงกับช่องเปิดทางเข้า ลมที่เข้าไปในห้องจะพุ่งกระทบกับผนังด้านข้างทำให้เกิดลมหมุนวนในห้อง ซึ่งทำให้ลมเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งห้อง และทำให้มีความเร็วลมเฉลี่ยภายในสูงขึ้นด้วย โดยจากการทดลองของ Baruch Givoni พบว่าสำหรับห้องรูปสี่เหลี่ยมจตรัสที่มีการระบายอากาศแบบ Cross ventilation โดยมีขนาดช่องเปิดทางเข้า – ออกเท่ากัน เมื่อทิศทางลมภายนอกทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าจะทำให้ความเร็วลมสูงสุดและความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องสูงกว่าลมที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า ดังตารางผลการทดลอง[6]

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยเมื่อขนาดช่องเปิดทางเข้า-ออกและทิศทางลมภายนอกต่างกัน[6]

Wind direction	Inlet size						
	Outlet 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิด

ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเนื่องจากเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของช่องเปิดและความกดอากาศด้วย จึงทำให้การเคลื่อนที่ของลมที่เป็นไปตามความแตกต่างของความกดอากาศ การเคลื่อนที่จึงเปลี่ยนแปลงไป ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดที่ทำให้เกิดการระบายอากาศแบบ Cross ventilation นั้นคือ ผนังที่มีช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกันหรือตั้งฉากกัน

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยจากการระบายอากาศแบบข้ามฝาก (Cross ventilation) (โดยแสดงเป็น % ของความเร็วลมภายนอก)[6]

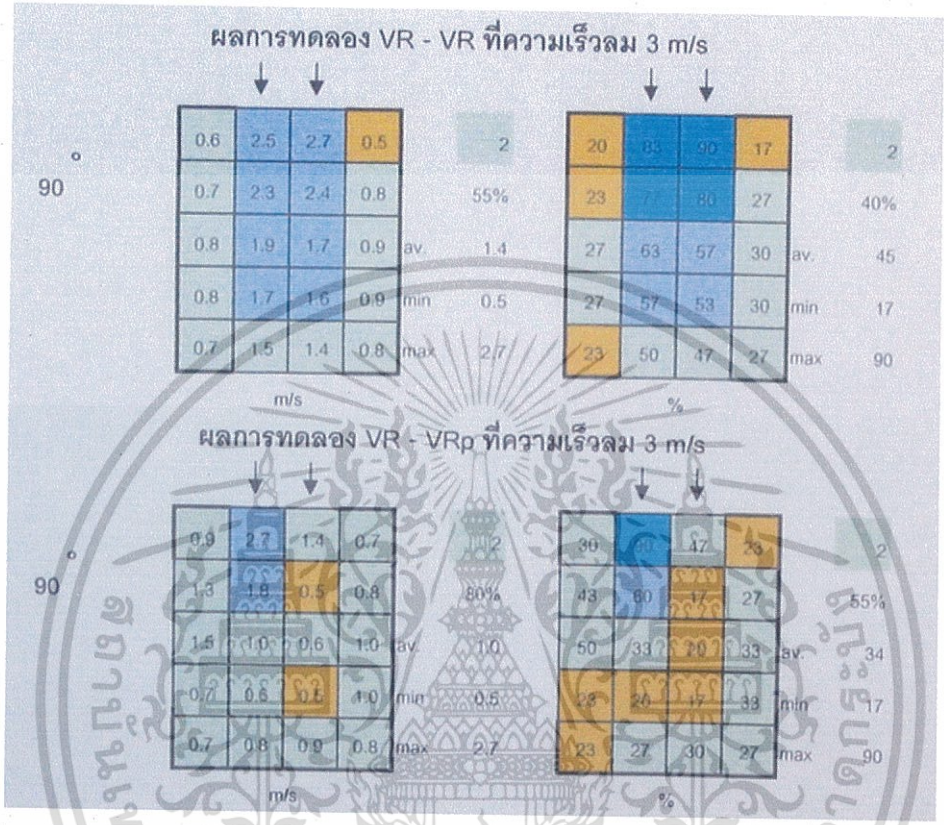
Cross ventilation	Location of openings	Direction of wind	Total width of opening			
			2/3 of the wall		3/3 of the wall	
			Av.	Max.	Av.	Max.
None	Single opening in pressure zone	Perpendicular	13	18	16	20
		Oblique	15	33	23	36
	Single opening in suction zone	Oblique	17	44	17	39
	Single opening in suction zone	Oblique	22	56	23	50
Provided	Single opening in adjacent walls	Perpendicular	45	68	51	103
		Oblique	37	118	40	110
	Single opening in opposite walls	Perpendicular	35	65	37	102
		Oblique	42	83	42	94

Baruch Givoni[6] ทดลองและพบว่า สำหรับห้องสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขนาดช่องเปิดเข้า–ออกเท่ากันและทิศทางลมภายนอกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า ห้องที่มีช่องเปิดทางเข้า–ออกตั้งฉากกันจะมีความเร็วลมภายในเฉลี่ยและความเร็วลมภายในสูงสุด สูงกว่าห้องที่มีช่องเปิดทางเข้า–ออกตรงข้ามกัน เนื่องจากลมภายในห้องมีการกระจายตัวมากขึ้นจากการปะทะของลมภายในกับผนังห้องลมจึงเกิดการเบี่ยงเบนและกระจายไปทั่วห้องมากขึ้นทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้น และแรงลมจากภายนอกที่เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดทางออกทำให้พัดพาลมที่ออกมาจากภายในห้องได้เร็วขึ้นทำให้ลมที่เข้ามาในห้องมีความเร็วสูงขึ้นด้วย ความเร็วลมภายในห้องจึงสูงขึ้นเช่นกัน แต่เมื่อทิศทางลมเข้าทำมุมเอียงกับช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกอยู่ฝั่งตรงข้ามกับทิศทางลมภายนอก

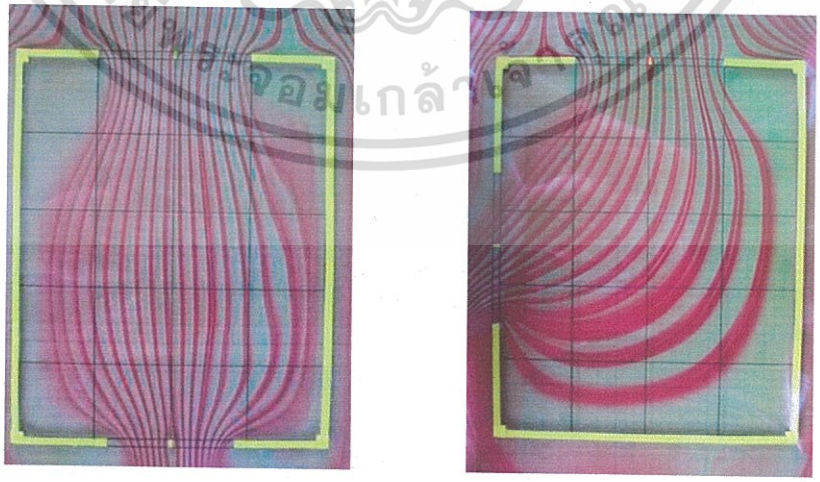
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ห้องที่มีช่องเปิดทางเข้า–ออกตั้งฉากกันจะมีความเร็วลมภายในเฉลี่ยต่ำกว่าแต่มีความเร็วลมภายในสูงสุด สูงกว่าห้องที่มีช่องเปิดทางเข้า–ออกตรงข้ามกัน เนื่องจากลมเคลื่อนที่เข้าแล้วออกอย่างรวดเร็ว จึงไม่ได้เคลื่อนที่ผ่านบางพื้นที่ภายในห้องทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องต่ำกว่าแต่ความเร็วลมสูงสุดสูงกว่า



ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงข้อมูลความเร็วลมภายในห้องเฉลี่ยเมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน



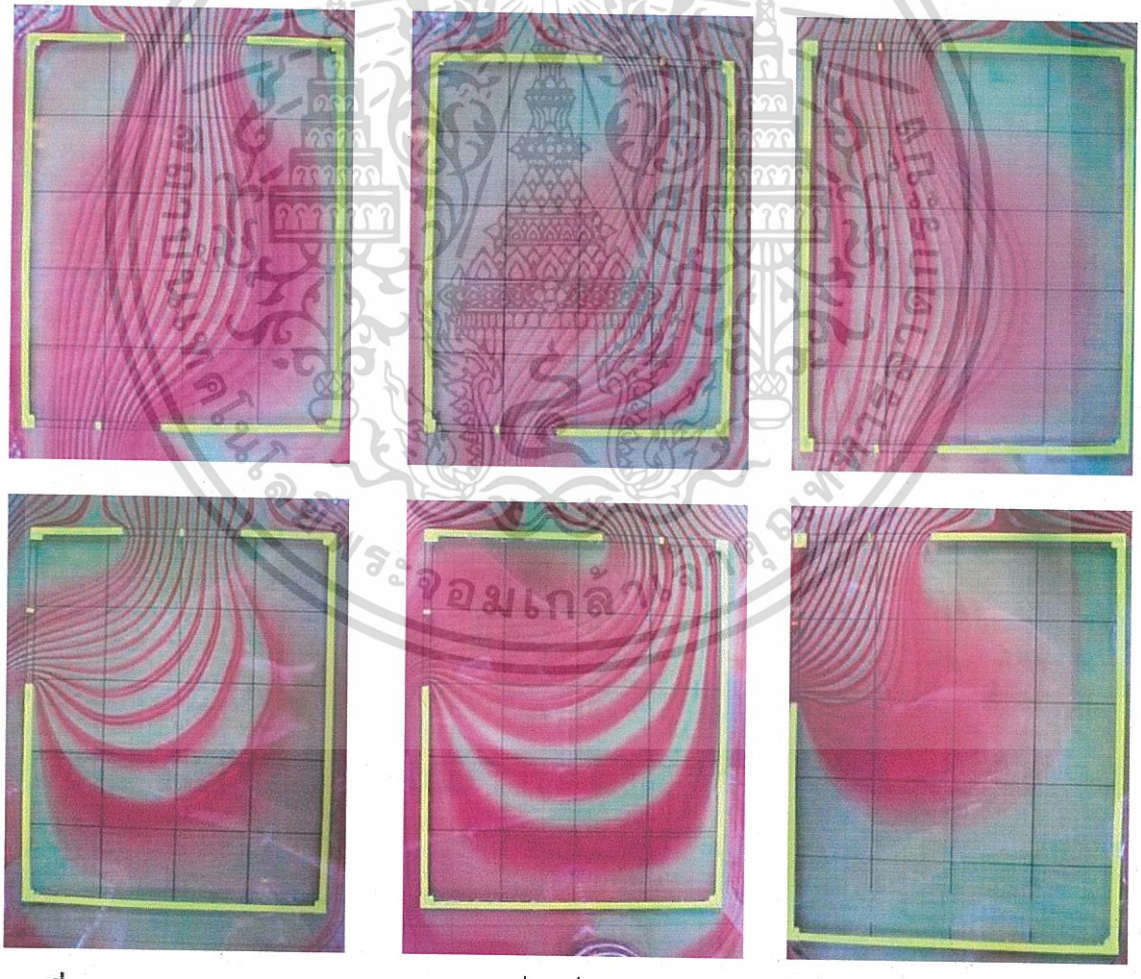
ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่มีตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51575

2.2.4 ตำแหน่งช่องเปิด

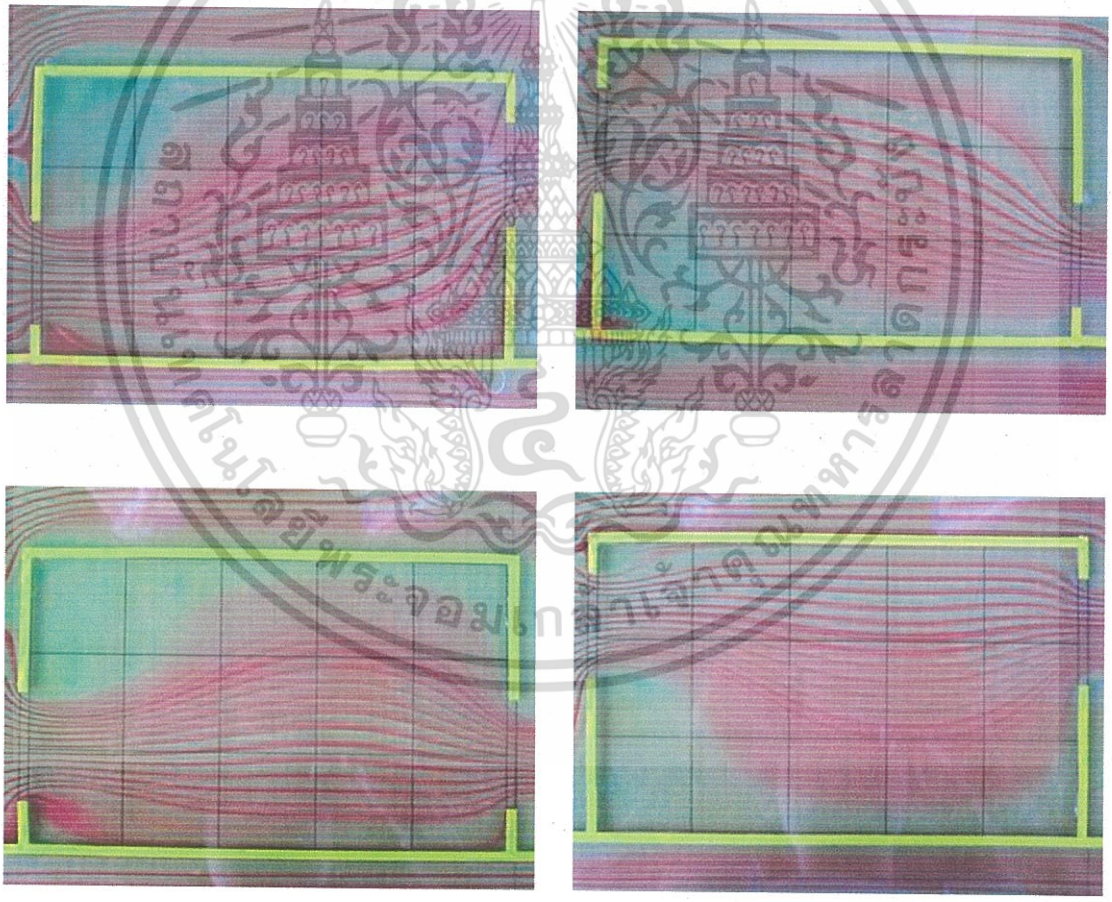
จากที่กล่าวมาในหัวข้อที่แล้วนั้น ช่องเปิดที่อยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันจะทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องต่างกันด้วย แต่ลมไม่ได้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจากช่องเปิดทางเข้าไปยังช่องเปิดทางออกเนื่องจากลมที่เข้ามาในห้องจะมีความเร็วและเคลื่อนที่จากตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าแล้วค่อยๆเบี่ยงเบนจากการถูกดูดออกทางช่องเปิดทางออกซึ่งส่วนของลมที่อยู่ใกล้กับช่องเปิดทางออกจะเบี่ยงเบนไปได้ง่ายกว่าลมที่อยู่ห่างจากช่องเปิดทางออกที่จะค่อยๆลดความเร็วลงและเคลื่อนที่เบนไปทางช่องเปิดทางออกทำให้เราเห็นรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมเป็นเส้นโค้ง และถ้าความเร็วนั้นยังสูงกว่าแรงดูดจากช่องเปิดทางออกจะทำให้ลมพุ่งไปกระทบกับผนังในส่วนที่ตรงกับช่องเปิดทางเข้าแล้วจึงหมุนวนเบนไปหาช่องเปิดทางออก ซึ่งตรงกับที่ Victor Olgyay กล่าวไว้ว่าตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าเป็นสาเหตุหลักที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง[4] แต่เมื่อมีปัจจัยอื่นเข้ามาร่วม เช่น ความเร็วลมภายนอก หรือตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิด เป็นต้น จะทำให้มีผลต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วย



ภาพที่ 2.8 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า-ออกที่ต่างกัน (ผัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

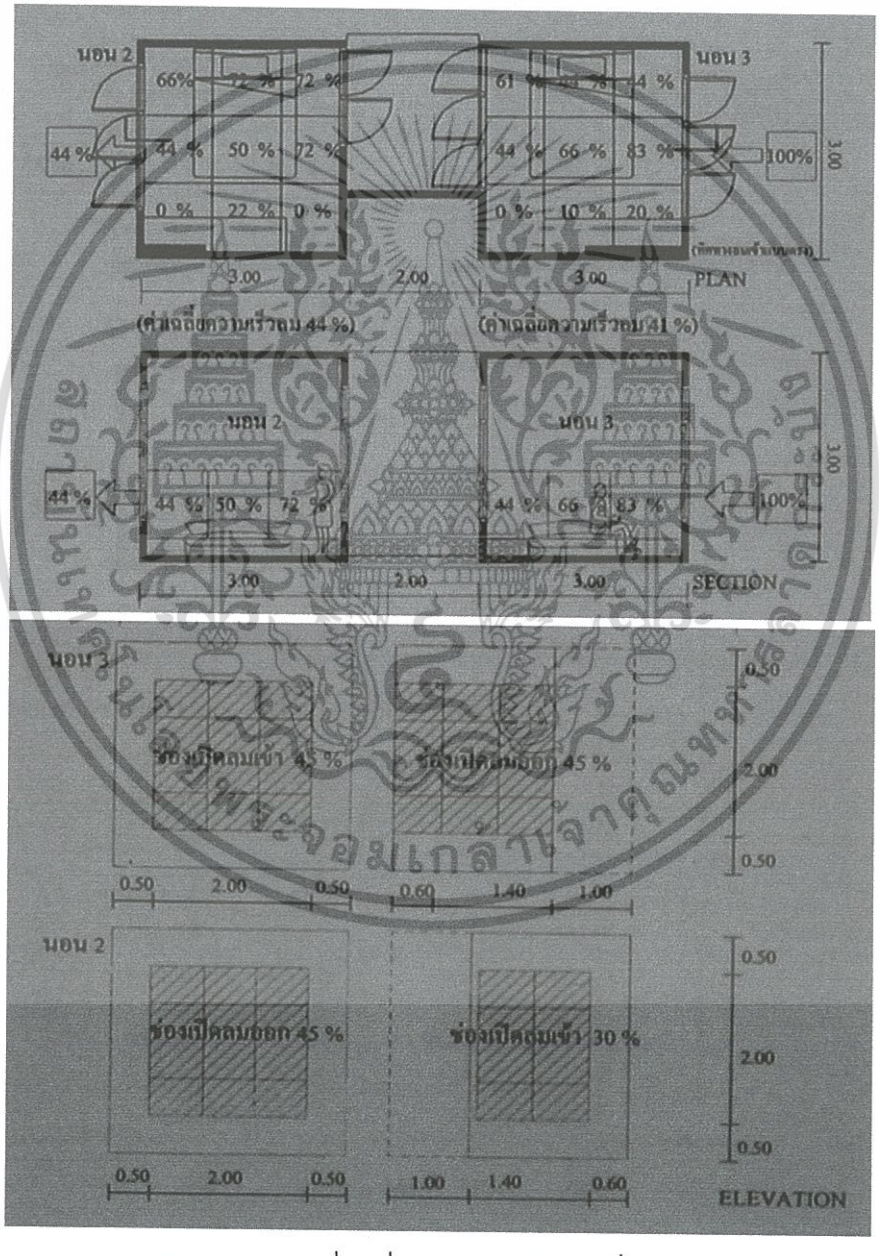
จากการทดลองของ มาลินี ศรีสุวรรณ พบว่าช่องเปิดทางเข้าควรอยู่ในตำแหน่งที่กระแสลมพัดผ่านเป็นประจำแต่ควรคำนึงถึง กลิ่นและควันภายนอกด้วย ช่องเปิดทางเข้าควรอยู่ในระดับ Body zone และช่องเปิดทางออกควรอยู่ในระดับเหนือร่างกาย ข้อควรหลีกเลี่ยงคือการเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกเพียงด้านเดียวและการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาคารข้างเคียง[9] ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการให้ความสำคัญกับตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้ามากกว่า ซึ่งควรอยู่ในระดับใช้งานหรือระดับ Body zone ซึ่งในแต่ละห้องนั้นมีกิจกรรมและท่าทางการใช้งานของมนุษย์ที่แตกต่างกัน เช่น ห้องนอน, ห้องรับประทานอาหาร, ห้องครัว ฯลฯ เมื่อเราเข้าไปใช้งานภายในห้องต่างๆ พฤติกรรมของมนุษย์ที่เข้าไปทำกิจกรรมเฉพาะอย่างภายในห้องนั้นต่างกันไม่ว่าจะ นอน, นั่ง หรือ ยืน ระดับ Body zone จะแตกต่างกัน ทำให้เราต้องคำนึงถึงตำแหน่งช่องเปิดของแต่ละห้องด้วย และการนำช่องเปิดทางออกไปอยู่บริเวณเหนือร่างกายเพื่อช่วยในการระบายความร้อนที่ลอยตัวขึ้นไปสะสมบนระดับใต้ฝ้าเพดานให้ออกจากห้องด้วย



ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเมื่อตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (รูปตัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองของ พัชรินทร์ มณีรัตน์ พบว่าเมื่อขนาดช่องเปิดเท่ากัน ระดับความสูงเท่ากัน แต่ช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่จะต่างกัน[1] โดยพื้นที่บริเวณใกล้ช่องเปิดออกจะมีความเร็วสูงกว่าบริเวณที่เป็นผนังทึบ พื้นที่ส่วนที่ตรงกับช่องเปิดทางเข้า-ออกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งช่องเปิดในทางแนวนอนมีผลต่อความเร็วลมและทิศทางลมภายในห้องด้วย นั้นเกิดจากเมื่อส่วนหนึ่งของช่องทางเปิดเข้าตรงกับผนังทึบจะทำให้ลมถูกเบี่ยงเบนออกไปทางช่องเปิดทางออกที่มีความกดอากาศต่ำกว่า แต่ทั้งนี้ยังมีตัวแปรอีกหลายประการที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่ต้องนำมาคิดด้วย

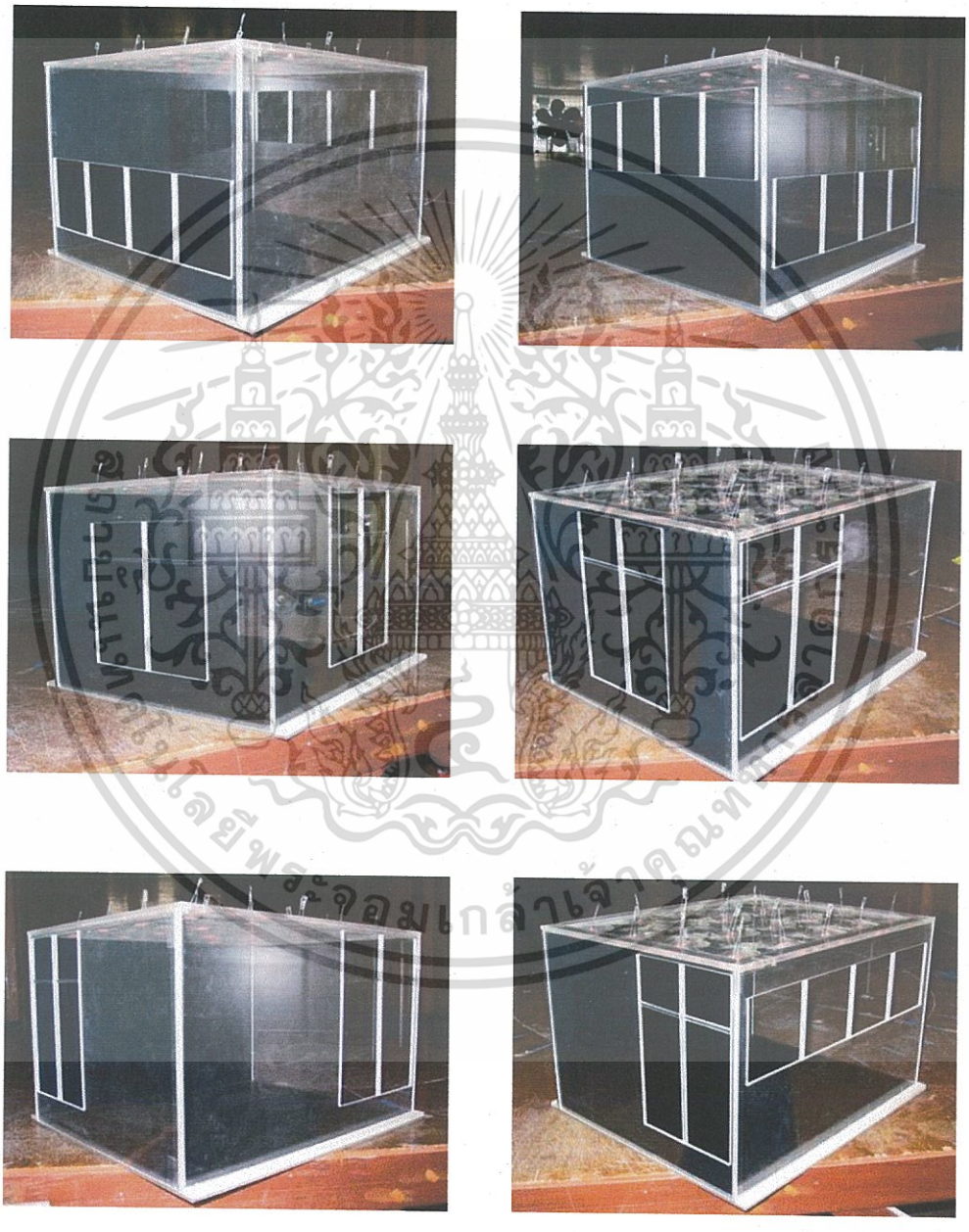


ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่มีขนาดของช่องเปิดทางเข้า-ออกเท่ากัน แต่ตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 รูปร่างช่องเปิด

รูปร่างช่องเปิด มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ลมภายในห้อง เนื่องจากเมื่อรูปร่างช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออก เปลี่ยนรูปร่างไป ตำแหน่งของความต่างของความกดอากาศก็จะเปลี่ยนไปด้วย ทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นเปลี่ยนแปลงไป ตามกฎของการเคลื่อนที่ลม รูปร่างช่องเปิดนั้นมีผลกับการกระจายตัวของลมอย่างชัดเจน



ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงตัวอย่างรูปร่างช่องเปิดที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมจากภายนอกจะเคลื่อนที่เข้ามาภายในห้องตามขอบเขตของช่องเปิดทางเข้า การกระจายตัวของลมภายในห้องจึงกระจายตัวสอดคล้องกับรูปร่างของช่องเปิดทางเข้า และเคลื่อนที่ออกตามรูปร่างของช่องเปิดทางออกที่มีผลกับตำแหน่งของความกดอากาศต่ำด้วยเช่นกัน ทำให้ลมภายในห้องบางส่วนจะถูกบีบและเบี่ยงเบนให้ออกจากห้องไปตามรูปร่าง ช่องเปิดทางออก โดยบางส่วนที่ช่องเปิดทางเข้า–ออกตรงกันลมจะเคลื่อนที่ออกไปตรงๆ แต่บางส่วนที่ช่องเปิดทางเข้า–ออกไม่ตรงกันลมจะเคลื่อนที่เข้าตามช่องเปิดทางเข้า ส่วนหนึ่งจะพุ่งเข้ากระทบกับผนังแล้วหมุนอยู่ในห้องหรือเบนไปทางช่องเปิดทางออก อีกส่วนหนึ่งจะเบี่ยงเบนการเคลื่อนที่ไปตามช่องเปิดทางออกเลย ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกบางประการ เช่น ทิศทางและความเร็วลมภายนอก ,รูปร่างช่องเปิดทางเข้า–ออกลักษณะต่างๆ ฯลฯ

ส่วนของความเร็วลมภายในห้อง จากการทดลองของ Baruch Givoni พบว่าเมื่อช่องเปิดทางเข้าและทางออกมีขนาดเท่ากัน จะทำให้ความเร็วลมภายในปานกลาง (ต่ำกว่าช่องเปิดทางเข้าเล็ก–ทางออกใหญ่ แต่สูงกว่าช่องเปิดทางเข้าใหญ่–ทางออกเล็ก)[6] แต่ถ้าขนาดของช่องเปิดทางทางเข้าและทางออกเท่ากันแต่รูปร่างช่องเปิดต่างกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า รูปร่างช่องเปิดที่ต่างกันจะทำให้ความเร็วลมภายในบางพื้นที่ลดลง เนื่องจากลมภายในห้องเกิดการเบี่ยงเบนและกระทบกับผนังห้องในส่วนที่ช่องเปิดทางเข้าไม่ตรงกับช่องเปิดทางออก จึงมีผลทำให้ความกดอากาศ ในบริเวณนั้นสูงขึ้น ทำให้ความต่างระหว่าง ความกดอากาศภายนอกห้องกับภายในห้องลดลง ทำให้ความเร็วลมภายในห้องลดลงด้วย แต่ความเร็วลมภายในบางส่วนจะสูง เนื่องจากบริเวณที่ช่องเปิดทางเข้า-ออกตรงกันทำให้ความต่างของความกดอากาศบริเวณนั้นยังสูงอยู่ทำให้ลมเคลื่อนที่ออกไปได้อย่างสะดวก โดยแต่ละรูปร่างช่องเปิดจะทำให้พื้นที่ภายในห้องมีความเร็วลมต่างกันตามรูปร่างของช่องเปิดทำให้ค่าความเร็วเฉลี่ยจะแตกต่างกันในแต่ละแบบด้วย ทำให้ความเหมาะสมของรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบต้องพิจารณากันหลายค่าเช่น ค่าการกระจายตัว, ค่าความเร็วลมเฉลี่ย และพื้นที่ภายในห้องที่มีความเร็วลมเหมาะสมตามต้องการ เป็นต้น ซึ่งในปัจจัยเรื่องรูปร่างช่องเปิดจะได้ถูกทดลองและกล่าวถึงในส่วนของการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การทดลอง

ในการทดลองของงานวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปแบบของช่องเปิดนี้ได้โดยมุ่งเน้นการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างกันของรูปแบบช่องเปิดต่างๆที่ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นปัจจัยที่มีผลกระทบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่จะนำมาเป็นตัวแปรหลักในการทดลองนั้นแบ่งออกเป็นปัจจัยหลักได้ 2 ปัจจัยคือ

1. กระแสลมภายนอก
2. ช่องเปิด

ซึ่งยังมีรายละเอียดของปัจจัยหลักทั้ง 2 นั้นอีกดังนั้นในการออกแบบการทดลองจึงได้ศึกษาโดยแบ่งการทดลองออกตามปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องดังนี้

การทดลองที่ 1 **การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิด**

การทดลองที่ 2 **การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิดเมื่อตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (ตรงข้ามกัน และ ตั้งฉากกัน)**

การทดลองที่ 3 **การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างของช่องเปิดเมื่อตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน**

3.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนอนจากรูปแบบต่าง ๆของช่องเปิดทางเข้าและทางออกโดยได้กำหนดสภาพแวดล้อมในการทดลองต่าง ๆที่มีอิทธิพลกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง

3.1.2 ขอบเขตการทดลอง

ในการทดลองเพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้น ผลการทดลองที่ต้องการทราบนั้นมี 2 ประการคือ

1. ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมและการกระจายตัวของลมภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้อง

โดยในแต่ละการทดลองได้กำหนดขอบเขตการทดลองโดยละเอียดไว้แล้ว รวมทั้งตัวแปรควบคุม และ ตัวแปรศึกษาในแต่ละการทดลองด้วย

3.1.3 เครื่องมือในการทดลอง

1. หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองมี 2 ลักษณะ คือ หุ่นจำลอง 3 มิติ ใช้ทดลองในอุโมงค์ลม และหุ่นจำลอง 2 มิติ ใช้ทดลองกับโต๊ะน้ำ

1.1 หุ่นจำลอง 3 มิติ เป็นกล่องอะคิลิคใสขนาด 40*50*30 เซนติเมตร (กว้าง*ยาว*สูง จำลองด้วยมาตราส่วน 1:10 จาก 4*5*3 เมตร) พื้นและผนังด้านหลังทึบสีดำ สามารถเปลี่ยนแผ่นผนังหรือฝาได้ 3 ด้านเพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนแผ่นรูปร่างช่องเปิดต่างๆตามกำหนดดังนี้

แผ่นที่ 1 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 20.5*20.5 เซนติเมตร 2 แผ่น เรียกว่า S (Square)

แผ่นที่ 2 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนขนาด 11*37.5 ซม. โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม. จำนวน 2 แผ่น เรียกว่า HR (Horizontal Rectangle)

แผ่นที่ 3 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนขนาด 11*37.5 ซม. โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 15.5 ซม. จำนวน2 แผ่น เรียกว่า HRu (Horizontal Rectangle upper)

แผ่นที่ 4 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 16.5*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ตรงกลาง จำนวน 2 แผ่น เรียกว่า VR (Vertical Rectangle)

แผ่นที่ 5 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 16.5*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ริมซ้าย จำนวน 2 แผ่น เรียกว่า VRl (Vertical Rectangle left)

แผ่นที่ 6 แผ่นอะคิลิคขนาด 40*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 16.5*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ริมขวา จำนวน 2 แผ่น เรียกว่า VRr (Vertical Rectangle right)

แผ่นที่ 7 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 22.9*22.9 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า Sp (Square perpendicular)

แผ่นที่ 8 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนขนาด 11*47 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า HRp (Horizontal Rectangle perpendicular)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นที่ 9 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนขนาด 11*47 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 15.5 ซม จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า HRpu (Horizontal Rectangle perpendicular upper)

PU

แผ่นที่ 10 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 20.9*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ตรงกลาง จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า VRp (Vertical Rectangle perpendicular)

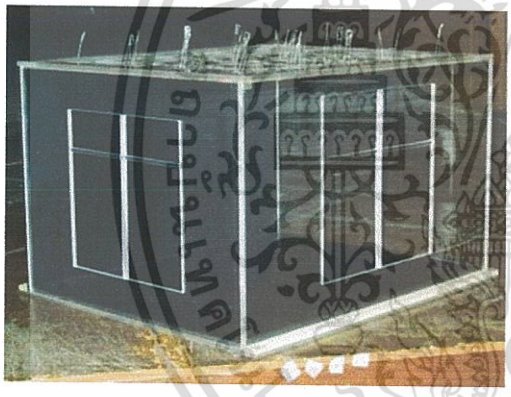
P

แผ่นที่ 11 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 20.9*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ริมซ้าย จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า VRpl (Vertical Rectangle perpendicular left)

PL

แผ่นที่ 12 แผ่นอะคิลิคขนาด 50*30 เซนติเมตรที่มีช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งขนาด 20.9*25 เซนติเมตร โดยขอบล่างของช่องเปิดอยู่สูงจากขอบล่างของแผ่น 4.5 ซม และตำแหน่งช่องเปิดอยู่ริมขวา จำนวน 1 แผ่น เรียกว่า VRpr (Vertical Rectangle perpendicular right)

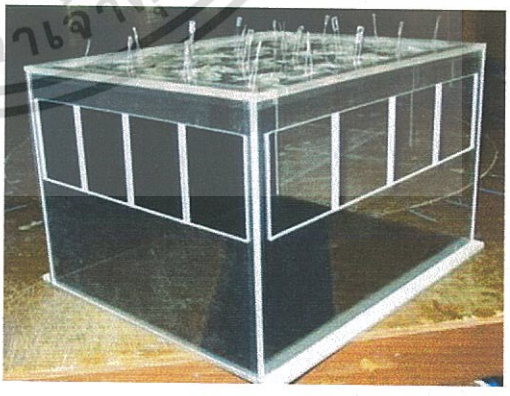
PR



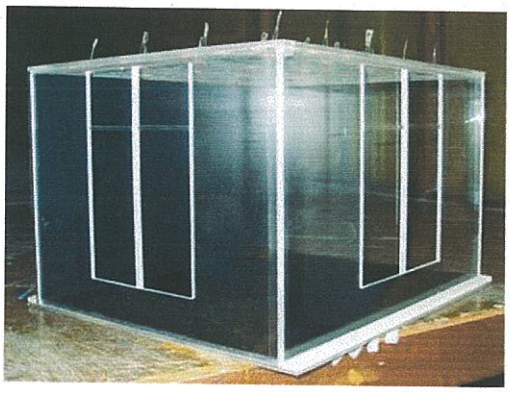
รูปซ้ายบน : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) และ (Sp)

รูปซ้ายล่าง : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และ (HRp)

รูปขวาล่าง : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) และ (HRpu)



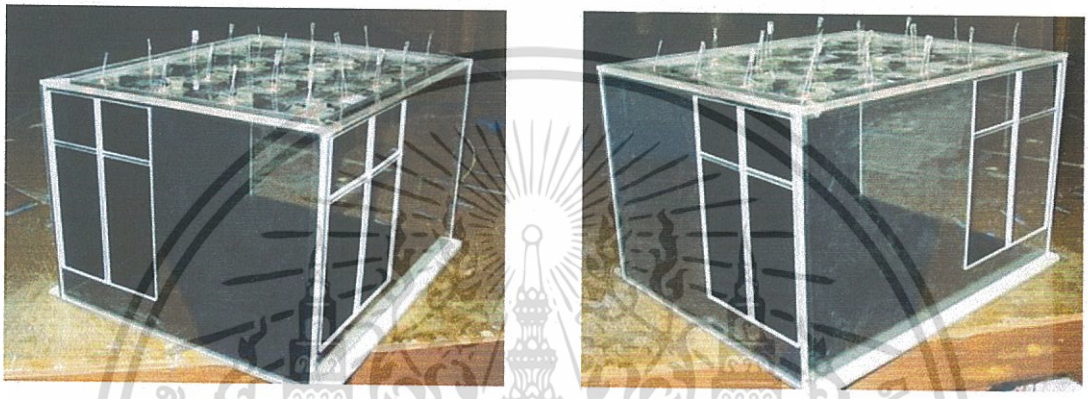
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปซ้ายบน : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) และ (VRp)

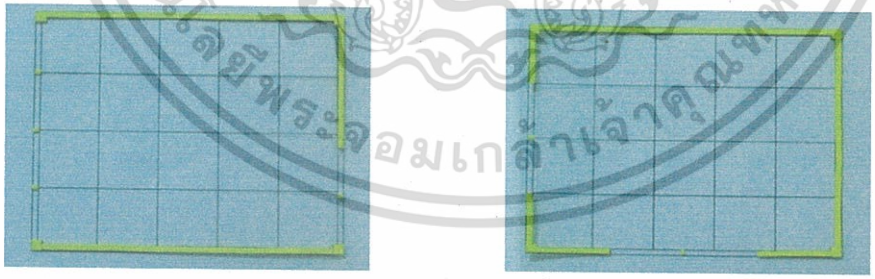
รูปซ้ายล่าง : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) และ (VRpl)

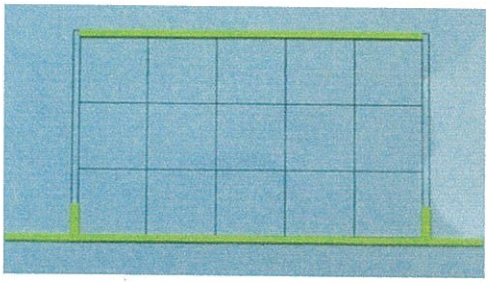
รูปขวาล่าง : ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) และ (VRpr)



ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ

1.2 หุ่นจำลอง 2 มิติ เป็นแผ่นใสและฟองน้ำจำลองผังพื้นและรูปตัดของหุ่นจำลอง โดยใช้มาตราส่วน 1:15 กำหนดรูปแบบตามการทดลองต่างๆ





รูปซ้ายบน : ตัวอย่างหุ่นจำลองผังพื้น เมื่อช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกัน

รูปขวาบน : ตัวอย่างหุ่นจำลองผังพื้น เมื่อช่องเปิดอยู่ตั้งฉากกัน

รูปซ้ายล่าง : ตัวอย่างหุ่นจำลองรูปตัด เฉพาะเมื่อช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกัน

ภาพที่ 3.2 ภาพแสดงตัวอย่างหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุโมงค์ลม ขนาดกว้าง 2.05 เมตร สูง 1.15 เมตร ลึก 9.40 เมตร (พื้นที่หน้าตัดของหุ่นจำลองมีขนาดคิดเป็น 5 % ของพื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ลม)

3. โต๊ะน้ำ

4. กล้องถ่ายรูป เพื่อใช้เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของลมภายในหุ่นจำลอง

5. เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม Hot wire (Airflow meter KM4003 Kane-May, UK) มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) วัดในตำแหน่งต่างๆ

6. คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้รวบรวมและเก็บข้อมูลผลการทดลอง

3.1.4 วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการการทดลอง 2 แบบคือ อุโมงค์ลม และโต๊ะน้ำ แต่วิธีการทดลองจะมีลักษณะคล้ายกันจะแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานของเครื่องมือนั้นๆจึงแยกออกเป็น 2 แบบตามเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.4.1 วิธีการทดลองด้วยอุโมงค์ลม

การทดลองด้วยอุโมงค์ลมนั้นทดลองเพื่อให้ทราบข้อมูลของความเร็วลมภายในที่ต้องการวัดในแต่ละจุดที่กำหนดไว้ในหุ่นจำลอง ตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการทดลองคือ

1. ทิศทางของกระแสลมภายนอกที่ทำมุมกับช่องเปิดทางเข้า : 90° , 45° และ -45°

2. ความเร็วลมภายนอก : 1m/s, 3m/s และ 5m/s

ในการกำหนดตัวแปรควบคุมนั้นอ้างอิงมาจากสภาพที่เกิดขึ้นจริงโดยทิศทางลมนั้นเปรียบได้กับลมที่พัดตามธรรมชาติเข้าหาอาคารในแนวตรง และเอียงทั้ง 2 ด้าน ส่วนความเร็วลมนั้นที่ 1 m/s เป็นค่าความเร็วลมที่ค่อนข้างอ่อนแต่อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการตาม Beaufort scale (ตารางที่ 2.1; หน้า 13) ซึ่งใกล้เคียงกับความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร (1.16 m/s) ความเร็วลมภายนอก 3 m/s นั้นเป็นความเร็วลมระดับปานกลางที่มนุษย์สามารถสัมผัสและรู้สึกถึงลมพัดได้แต่สูงเกินความต้องการเมื่อพัดเข้ามาภายในห้อง (เป็นลมที่ทำให้รู้สึกสบายแต่กระดาษจะปลิวตาม Beaufort scale) แต่เนื่องจากโดยธรรมชาติความเร็วลมภายในห้องนั้นมักจะต่ำกว่าความเร็วลมภายนอกเสมอในการกำหนดค่าความเร็วลมในการทดลองจึงกำหนดให้มีความเร็วลมภายนอกสูงกว่าค่าความเร็วลมที่ต้องการเพื่อที่จะสามารถสร้างความสบายภายในห้องด้วยการระบายอากาศแบบธรรมชาติได้ เพราะคงไม่มีประโยชน์แต่อย่างใดถ้ามีลมพัดเข้ามาในห้องแต่ไม่สามารถนำมาใช้สร้างความสบายภายในห้องได้ และความเร็วลมภายนอกที่ 5 m/s จัดว่าเป็นลมที่แรง แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกายมนุษย์ (เป็นลมที่ทำให้ผมปลิว และเสื้อผ้าปลิวเล็กน้อยเริ่มรู้สึกไม่สบายเป็นพักๆ ตาม Beaufort scale) ซึ่งผู้ทำวิจัยต้องการแสดงผลให้เห็นชัดเจนว่าที่ความเร็วลมปานกลางและแรงกว่าจะเกิดผลกระทบต่อลักษณะของลมภายในห้องอย่างไร แต่เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของผลการทดลองผู้ทำวิจัยจึงเลือกรูปแบบช่องเปิดลักษณะหนึ่งมาทำการทดลองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลม 2 m/s เพื่อศึกษาแนวโน้มของผลการทดลองผู้ทำวิจัยได้เลือกรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR-HR และ HR-HRp) ทั้งคู่มาทดลองทั้งตรงข้ามกันและตั้งฉากกันเนื่องจากเป็นรูปร่างช่องเปิดที่สันนิษฐานว่าจะให้ผลการตอบสนองได้ดีที่สุด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือสัดส่วนการลดลงของความเร็วลมจากภายนอกเมื่อเข้าสู่ภายในจะค่อยๆลดลงจากความเร็วลมภายนอกที่ 1m/s – 2 m/s – 3 m/s และ 5 m/s ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของความเร็วลมภายในห้องจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆเมื่อเทียบกับความเร็วลมภายนอกที่สูงขึ้น หรือเมื่อความเร็วลมภายนอกสูงขึ้นสัดส่วนของความเร็วลมภายในเมื่อเทียบกับความเร็วลมภายนอกจะลดลง

ส่วนตัวแปรศึกษานั้นคือ รูปร่างของช่องเปิดทั้งทางเข้า และทางออก แต่เนื่องจากรูปร่างของช่องเปิดในการศึกษามีหลายลักษณะ และในการทดลองต้องมีการสลับปรับเปลี่ยนรูปร่างของช่องเปิดทั้งทางเข้า และทางออก รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงหุ่นจำลองตามตัวแปรควบคุมในการศึกษาด้วย เพื่อให้การทดลองเกิดความรวดเร็วผู้ทำวิจัยจึงแบ่งรูปร่างช่องเปิดออกเป็นกลุ่มการทดลองโดยใช้รูปร่างช่องเปิดทางเข้าเป็นเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นรูปร่างของช่องเปิดมีทั้งหมด 6 ลักษณะ คือ

1. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส S
2. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน HR
3. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน HRu
4. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง VR
5. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย* VRl
6. ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา* VRr

* (เมื่อใช้เป็นทางเข้าและทางออกที่ตั้งฉากกันให้มองจากด้านนอกของหุ่นจำลอง แต่เมื่อใช้เป็นทางออกที่อยู่ตรงข้ามกันให้มองจากด้านในของหุ่นจำลอง)

เมื่อจัดกลุ่มตามรูปร่างช่องเปิดแล้วแบ่งออกเป็นกลุ่มการทดลองแต่ละกลุ่มจะใช้ช่องเปิดทางเข้าเป็นหลักแล้วเปลี่ยนรูปร่างช่องเปิดทางออกจนครบตามที่ต้องการโดยจะแสดงเป็นตัวย่อตามรูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก) ดังนี้

<u>กลุ่มการทดลองที่ 1</u> กลุ่ม S สี่เหลี่ยมจตุรัส : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส S

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ จตุรัส – จตุรัส (S – S), จตุรัส – ผืนผ้าแนวนอน (S – HR), จตุรัส – ผืนผ้าแนวตั้ง (S – VR)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ จตุรัส – จตุรัส (S – Sp), จตุรัส – ผืนผ้าแนวนอน (S – HRp), จตุรัส – ผืนผ้าแนวตั้ง (S – VRp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มการทดลองที่ 2 กลุ่ม HR สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน HR

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวนอน – จตุรัส (HR – S), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวนอน (HR – HR), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้ง (HR – VR), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR – VRl), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR – VRr), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR – HRu)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวนอน – จตุรัส (HR – Sp), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวนอน (HR – HRp), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้ง (HR – VRp), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR – VRpl), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR – VRpr), ผืนผ้าแนวนอน – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR – HRpu)

กลุ่มการทดลองที่ 3 กลุ่ม VR สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง VR

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้ง - จตุรัส (VR – S), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวนอน (VR – HR), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้ง (VR – VR), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VR – VRl), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VR – VRr), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VR – HRu)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้ง -จตุรัส (VR – Sp), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวนอน (VR – HR), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้ง (VR – VRp), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VR – VRpl), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VR – VRpr), ผืนผ้าแนวตั้ง - ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VR – HRpu)

กลุ่มการทดลองที่ 4 กลุ่ม HRu สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน Hru

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวนอน (HRu – HR), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้ง (HRu – VR), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HRu – VRl), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HRu – VRr), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu – HRu)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวนอน (HRu – HRp), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้ง (HRu – VRp), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HRu – VRpl), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HRu – VRpr), ผืนผ้าแนวนอนด้านบน – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu – HRpu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มการทดลองที่ 5 กลุ่ม VRl สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย VRl

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวนอน (VRl – HR), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้ง (VRl – VR), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl – VRl), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRl – VRr), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VRl – HRu)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวนอน (VRl – HRp), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้ง (VRl – VRp), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl – VRpl), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRl – VRpr), ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VRl – HRpu)

กลุ่มการทดลองที่ 6 กลุ่ม VRr สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา : มีช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา VRr

ช่องเปิดตรงข้ามกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวนอน (VRr – HR), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้ง (VRr – VR), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRr – VRl), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr – VRr), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VRr – HRu)

ช่องเปิดตั้งฉากกัน ได้แก่ ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวนอน (VRr – HRp), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้ง (VRr – VRp), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRr – VRpl), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr – VRpr), ผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา – ผืนผ้าแนวนอนด้านบน (VRr – HRpu)

เมื่อแบ่งกลุ่มการทดลองได้แล้วนำแต่ละกลุ่มมาทำการทดลองโดยขั้นตอนต่อมาให้ทำการทดลองตามตัวแปรควบคุมที่ได้กำหนดไว้คือ ทิศทางลมภายนอก ที่ละองศา และ ความเร็วลมภายนอก โดยเริ่มปรับที่ละค่าตามแต่ละการทดลอง บันทึกผลแล้วเปลี่ยนรูปร่างช่องเปิดทางออกจนครบตามกลุ่มทดลอง แล้วจึงเปลี่ยนตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดไปอีกลักษณะหนึ่งแล้วปรับเปลี่ยนหุ่นจำลองตามขั้นตอนข้างต้นอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นนี้จนครบทุกแบบตามการทดลอง

3.1.4.2 วิธีการทดลองด้วย โต๊ะน้ำ

การทดลองด้วยโต๊ะน้ำนั้นเพื่อให้ทราบถึงทิศทางการเคลื่อนที่และลักษณะการกระจายตัวของลมภายในห้องในลักษณะ 2 มิติ เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ถึงการเจาะช่องเปิดที่ทำให้ลมภายในห้องเคลื่อนที่อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำการทดลองทั้งผังพื้นและรูปตัดของห้อง โดยใช้หุ่นจำลอง มาตราส่วน 1:15 เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของโต๊ะน้ำ แต่ตัวแปรศึกษาบางรูปร่างช่องเปิดนั้นไม่สามารถแสดงในผังหรือรูปตัดได้เช่น HR – Hru หรือ Hru – HR นั้นไม่สามารถแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลองในผังพื้นได้เนื่องจากอยู่คนละระดับกันจึงจะทดลองเพียงรูปตัดเท่านั้น และในการทดลองเรื่องตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดเช่น HR – HRp หรือ VRr - VRl นั้นไม่สามารถแสดงในรูปตัดได้จึงทดลองในหุ่นจำลองผังพื้นเท่านั้นซึ่งสามารถมองเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจน ส่วนในขั้นตอนของการทดลองจะลำดับเช่นเดียวกับวิธีการทดลองด้วยอุโมงค์ลม

3.1.5 การบันทึกผลการทดลอง

ในการบันทึกผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะตามการทดลองคือ ผลการทดลองในอุโมงค์ลม และผลการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ ข้อมูลที่ทำการบันทึกจากการทดลองด้วยอุโมงค์ลมคือความเร็วลมในแต่ละจุด (ทั้งหมด 20 จุดต่อ 1 รูปแบบการทดลอง) ประมวลผลออกมาเป็น

1. ค่าความเร็วลมสูงสุดและต่ำสุด [Maximum (Max) และ Minimum (Min)]
2. ค่าความเร็วเฉลี่ย [Average (Av.)]
3. ค่าการกระจายตัว (%) โดยคิดจากเปอร์เซนต์ของจำนวนช่องที่มีความเร็วลมอยู่ในระดับที่ต้องการกับจำนวนช่องทั้งหมดเช่น ในการทดลองวัดความเร็วแต่ละจุดอยู่ในระดับที่ต้องการ 10 จุดจากทั้งหมด 20 จุด จึงได้ค่าการกระจายตัว 50%
4. ระดับความเร็วลมที่ต้องการ แบ่งเป็นช่วงทั้งหมด 5 ช่วง โดยช่วงความเร็วที่ต้องการแบ่งตาม Beaufort scale 2 ช่วงคือ 0.6 - 1.5 m/s และ 1.6 – 3.3 m/s ช่วงที่เหลือคือ 0 - 0.5, 3.4 – 4 และ มากกว่า 4 (>4) ซึ่งระดับความเร็วลมที่ต้องการคือช่วงที่ 2 (0.6 – 1.5 m/s)

เมื่อบันทึกค่าความเร็วลมที่ต้องการแล้ว ให้แปลงค่าทั้งหมดเป็น % อีกทีหนึ่งโดยเทียบกับความเร็วลมภายนอก เพื่อใช้เป็นข้อมูลไว้ดูเปรียบเทียบเป็นปริมาณลมหรือความเร็วลมภายในเมื่อเทียบกับลมภายนอกในการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

ส่วนการบันทึกผลการทดลองด้วยโต๊ะน้ำนั้น บันทึกเป็นภาพถ่ายลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้งรูปผังพื้น และรูปตัดตามทิศทางลม เพื่อใช้ประกอบคงวามเข้าใจในการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นเอง

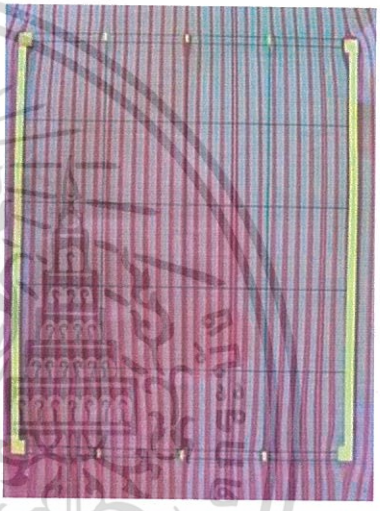
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ



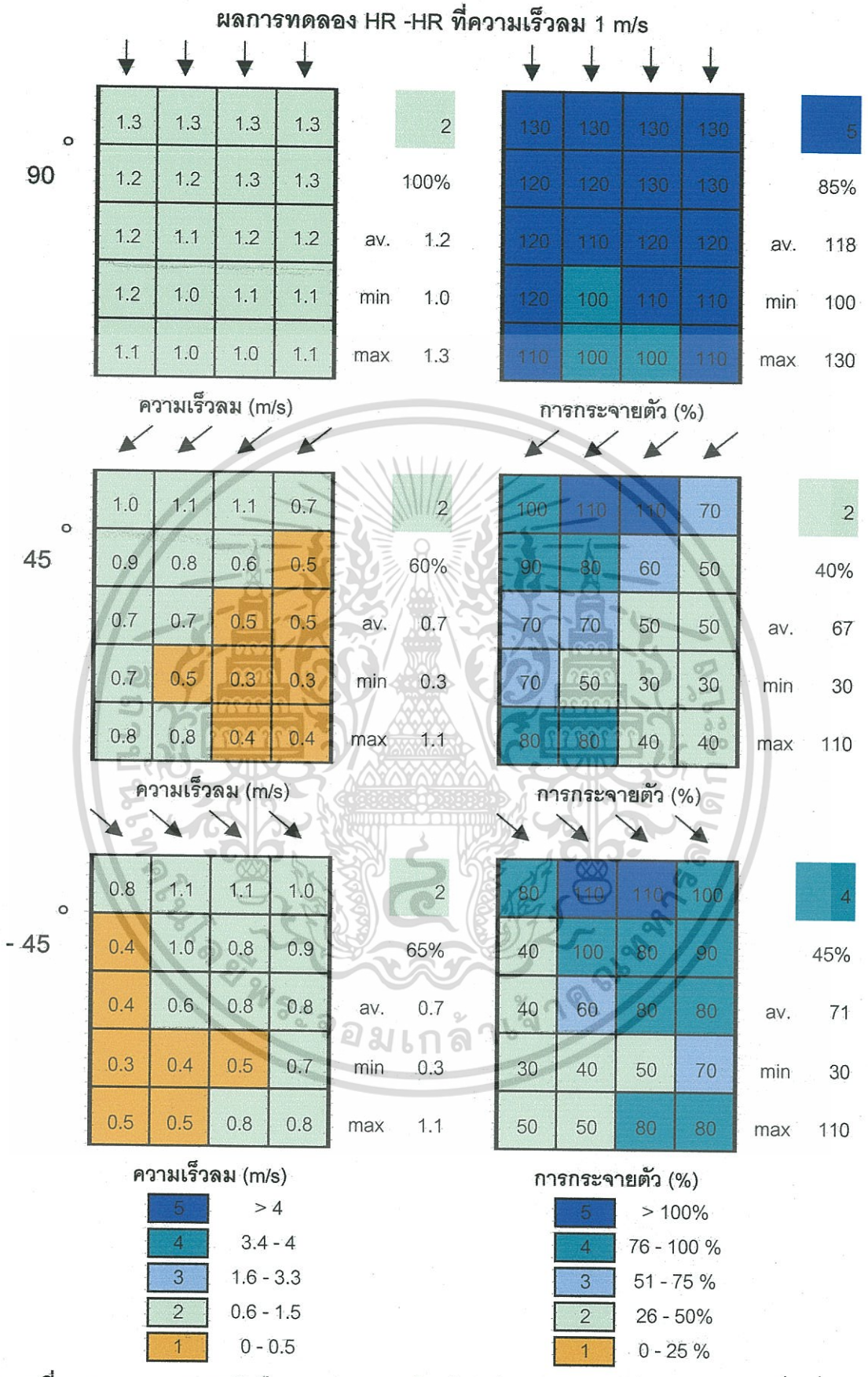
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

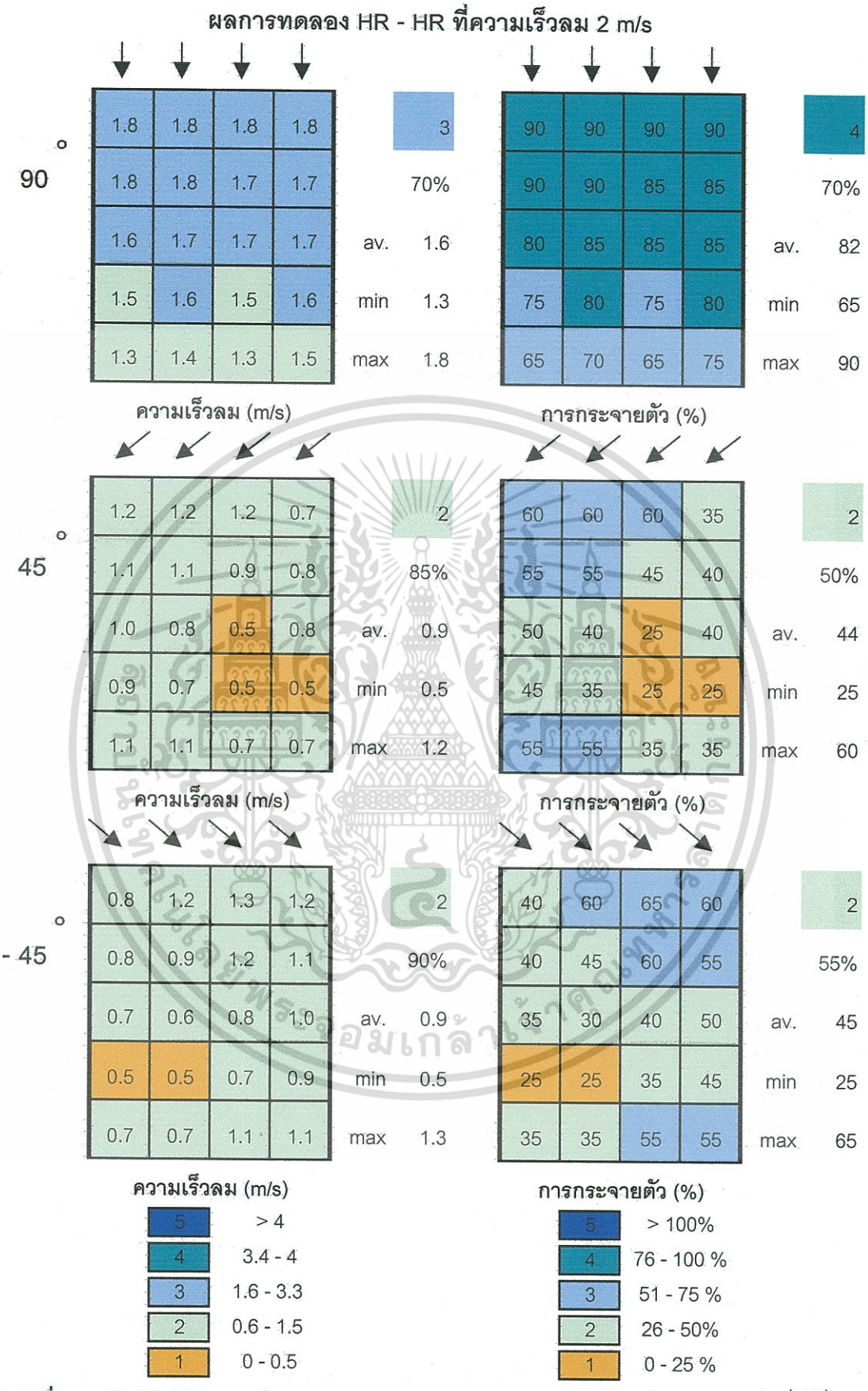
ภาพที่ 3.3 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



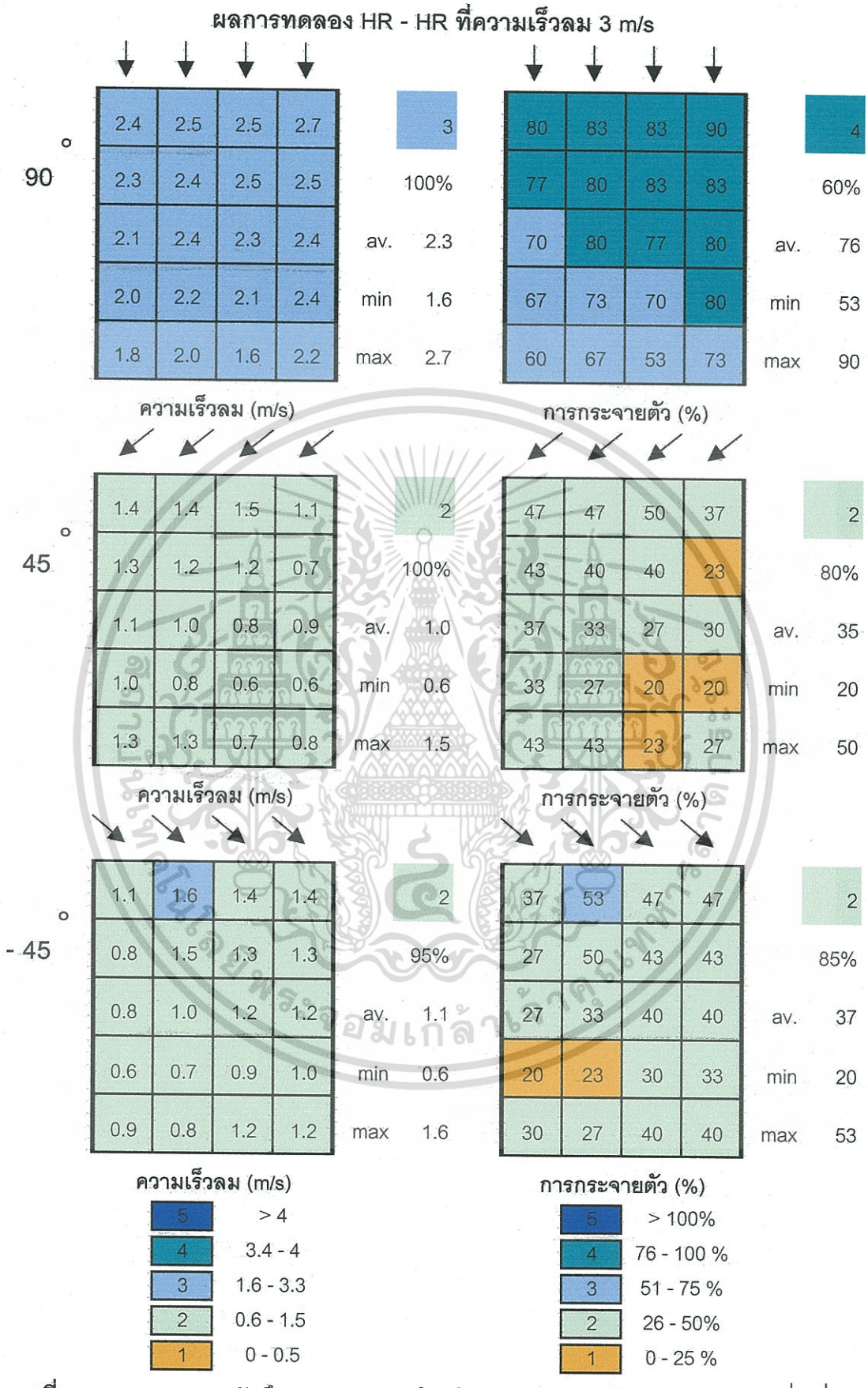
ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตรงข้ามกัน (HR - HR) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



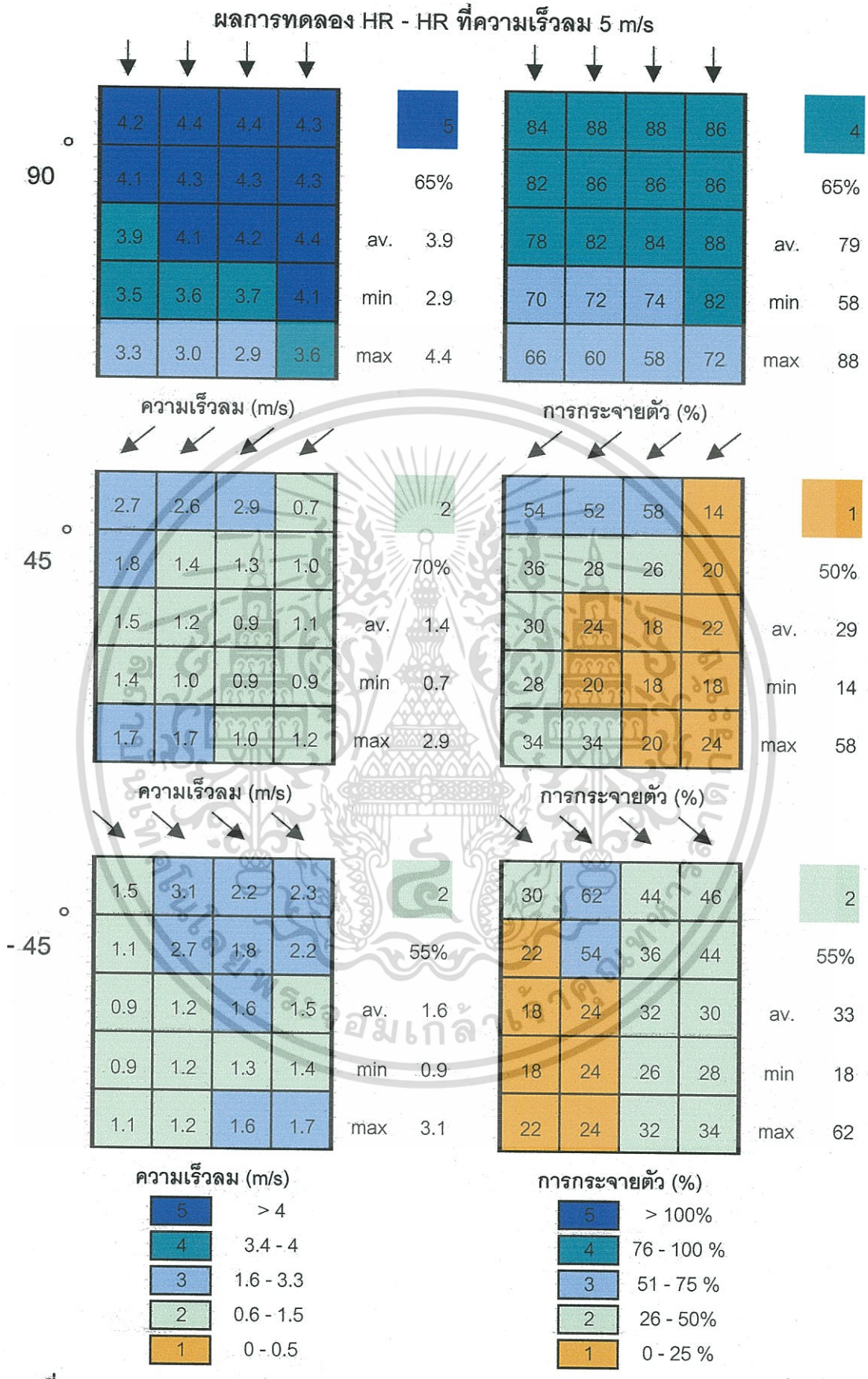
ภาพที่ 3.5 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตรงข้ามกัน (HR - HR) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 2 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตรงข้ามกัน (HR - HR) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตรงข้ามกัน (HR - HR) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

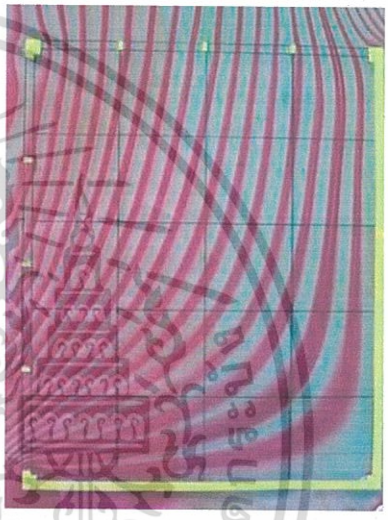
ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HRp)

(ช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกัน)

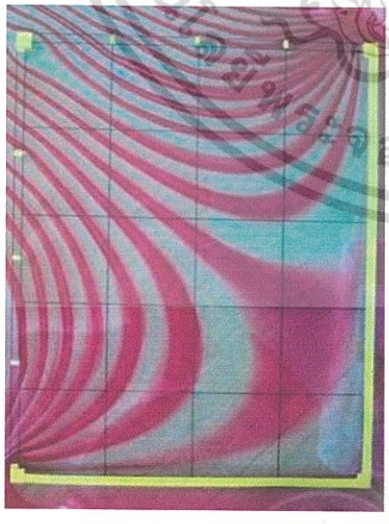
ไม่สามารถแสดงรูปตัดได้

เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละแนวกัน

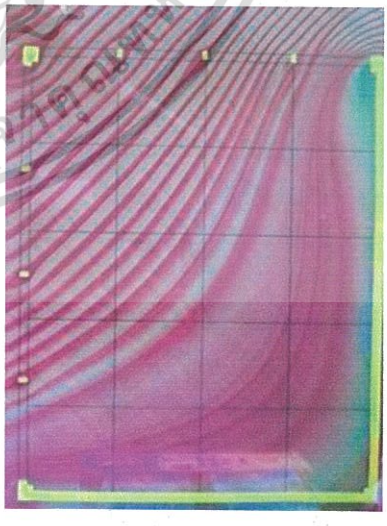
รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ



หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °



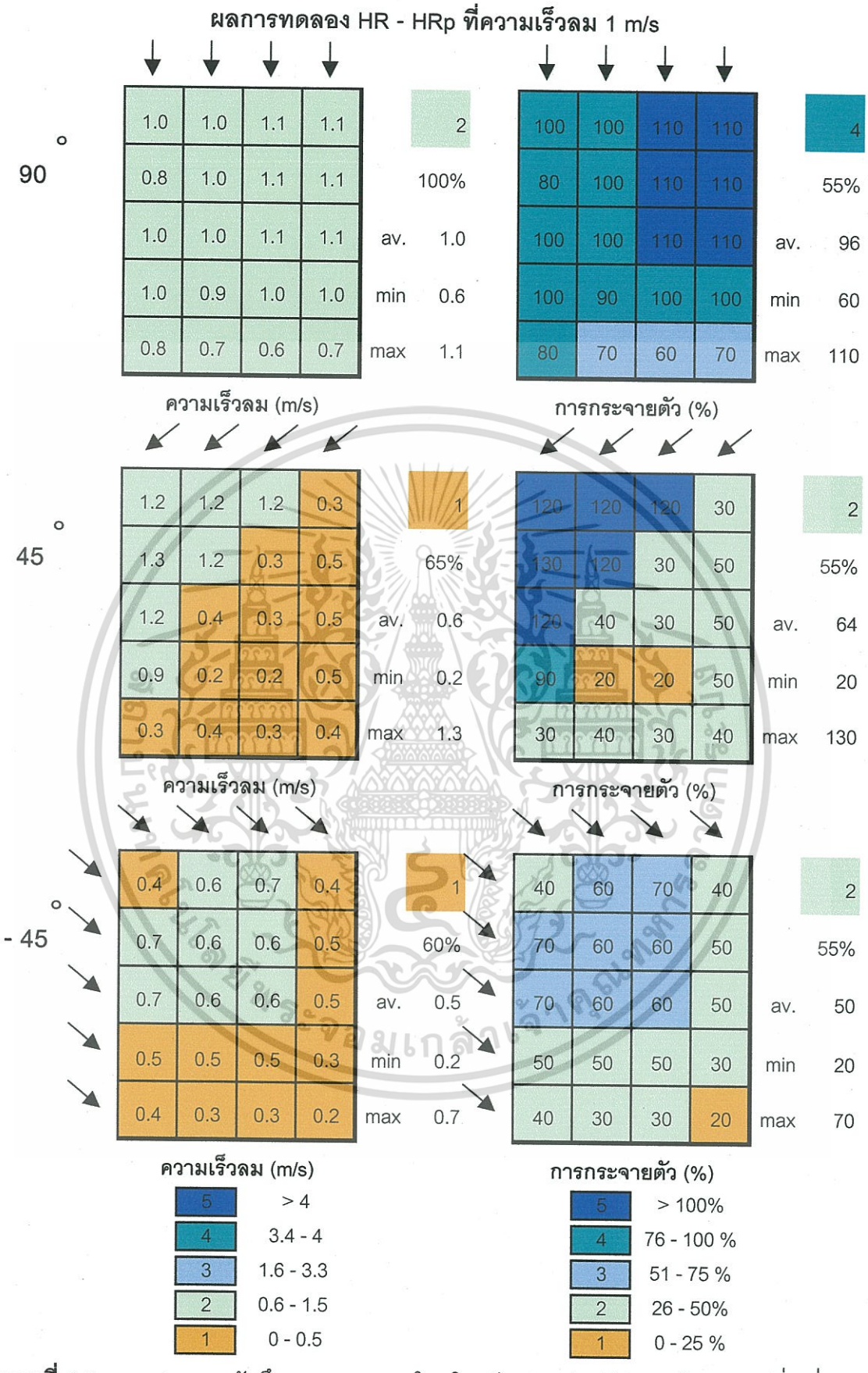
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °



หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

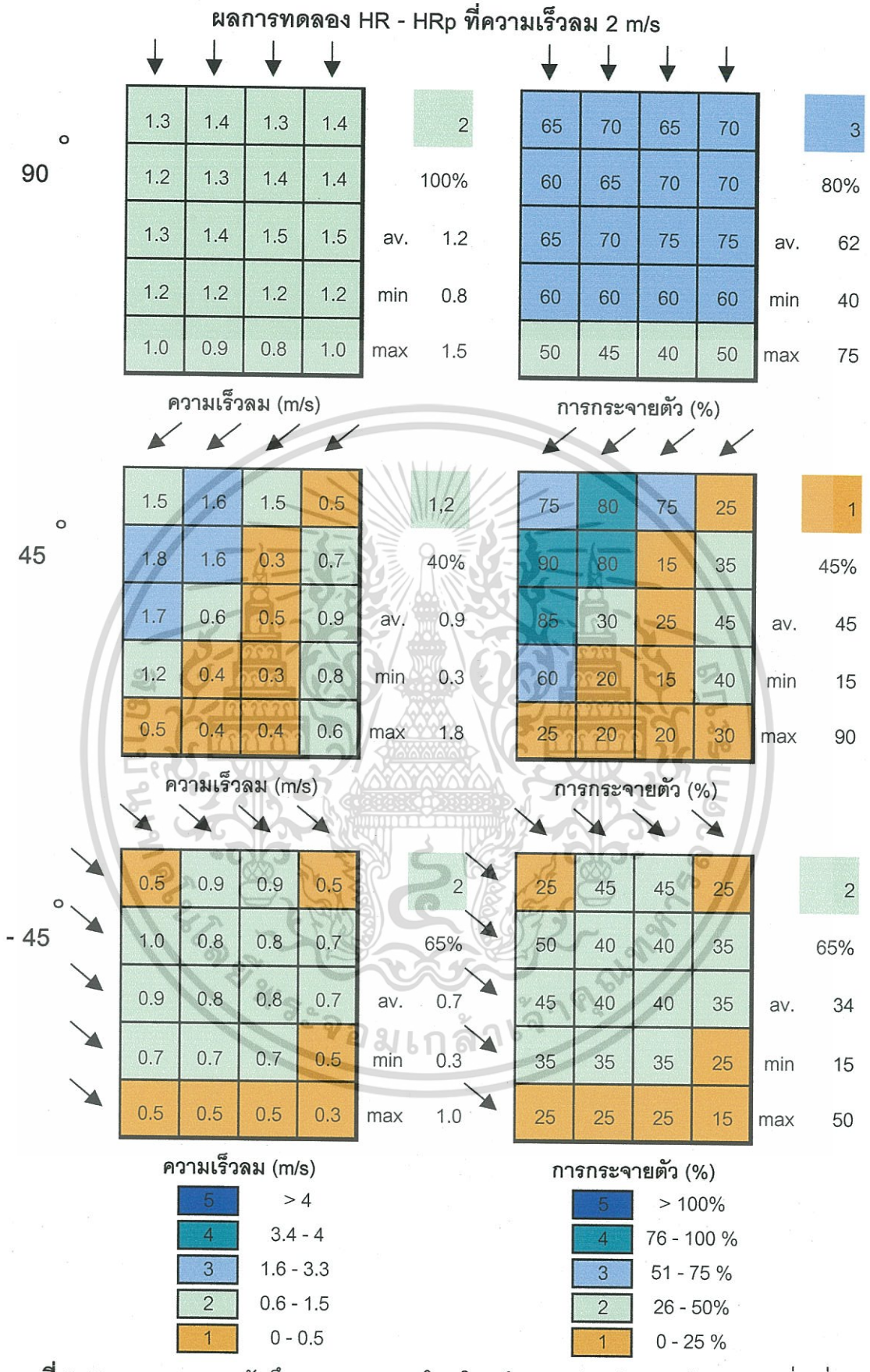
ภาพที่ 3.8 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



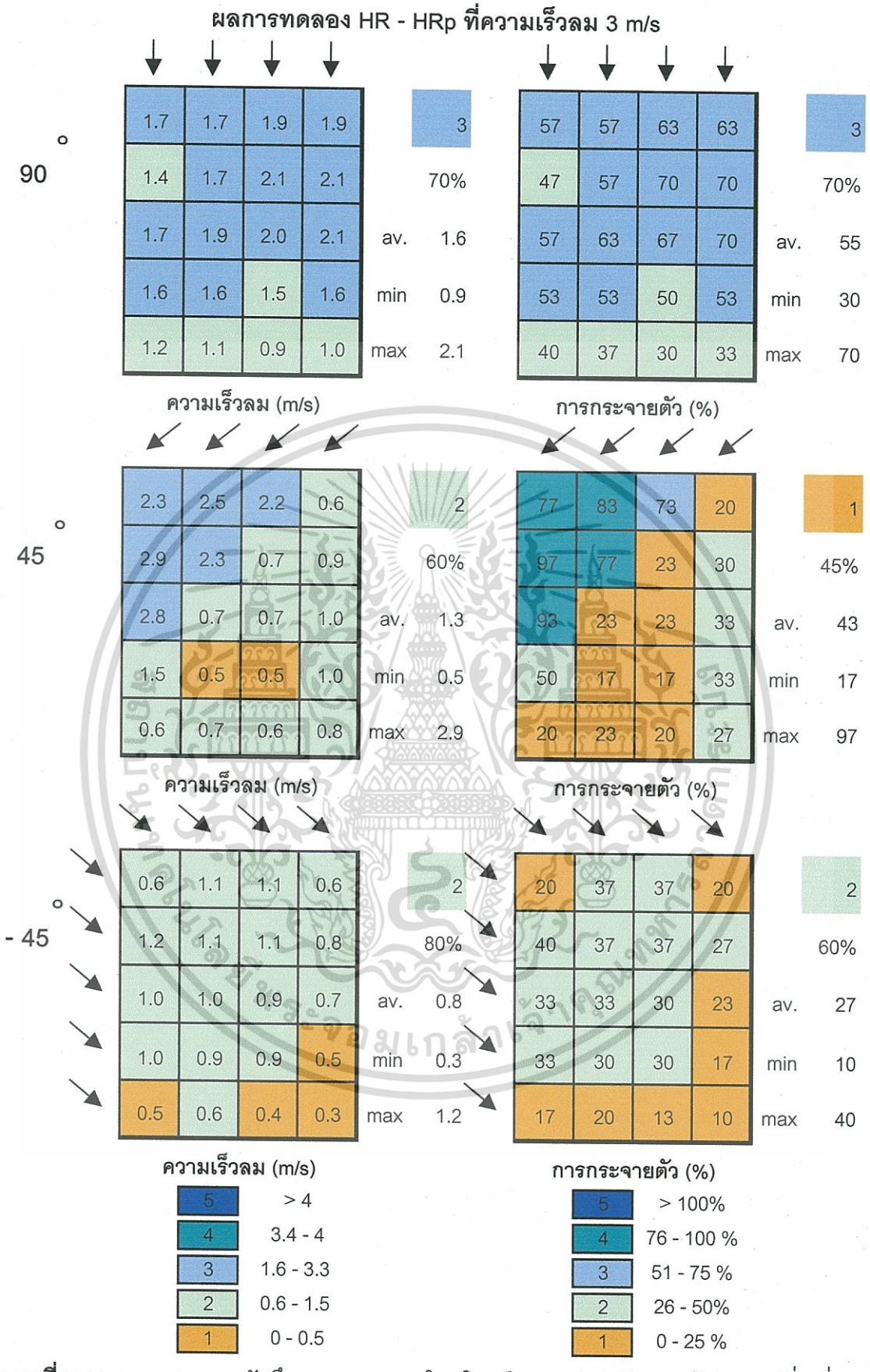
ภาพที่ 3.9 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตั้งฉากกัน (HR - HRp) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



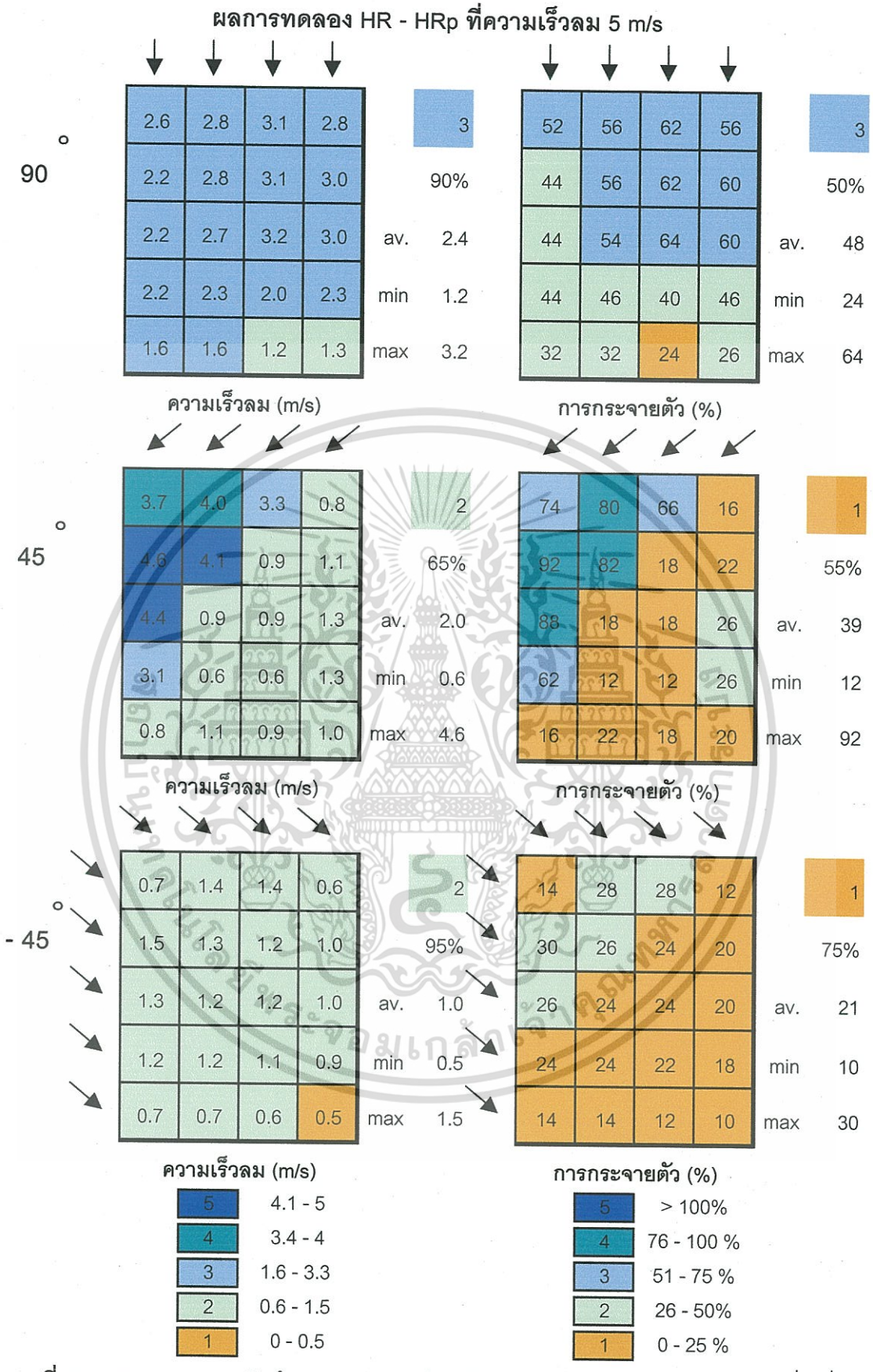
ภาพที่ 3.10 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตั้งฉากกัน (HR - HRp) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 2 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตั้งฉากกัน (HR - HRp) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งคู่ตั้งฉากกัน (HR - HRp) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRpu)

(ช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกัน)

ไม่สามารถแสดงรูปตัดได้ เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละแนวกัน

รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ

ไม่สามารถแสดงรูปผังพื้นได้ เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละระดับกัน

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °

ไม่สามารถแสดงรูปผังพื้นได้ เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละระดับกัน

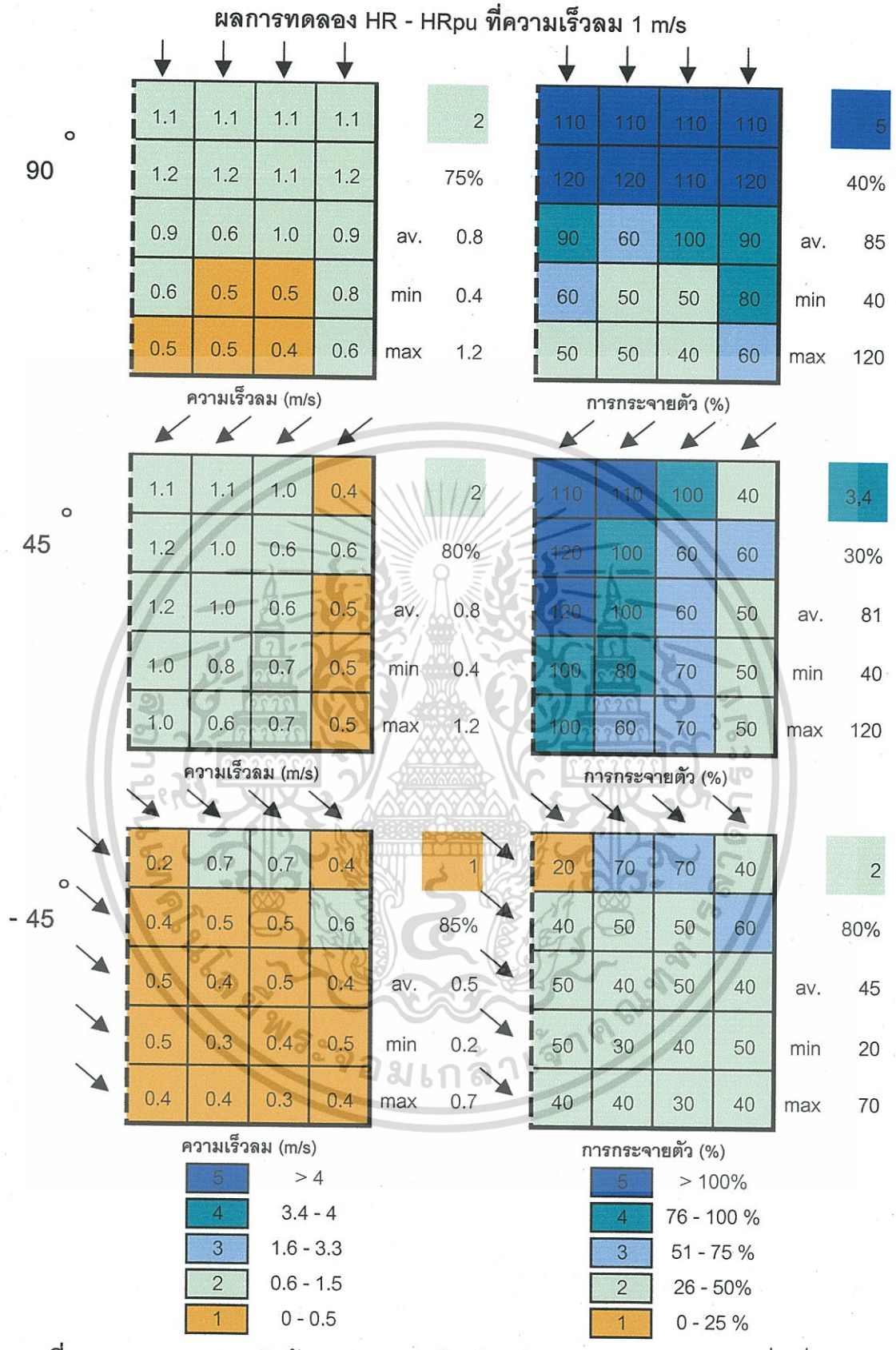
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °

ไม่สามารถแสดงรูปผังพื้นได้ เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละระดับกัน

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

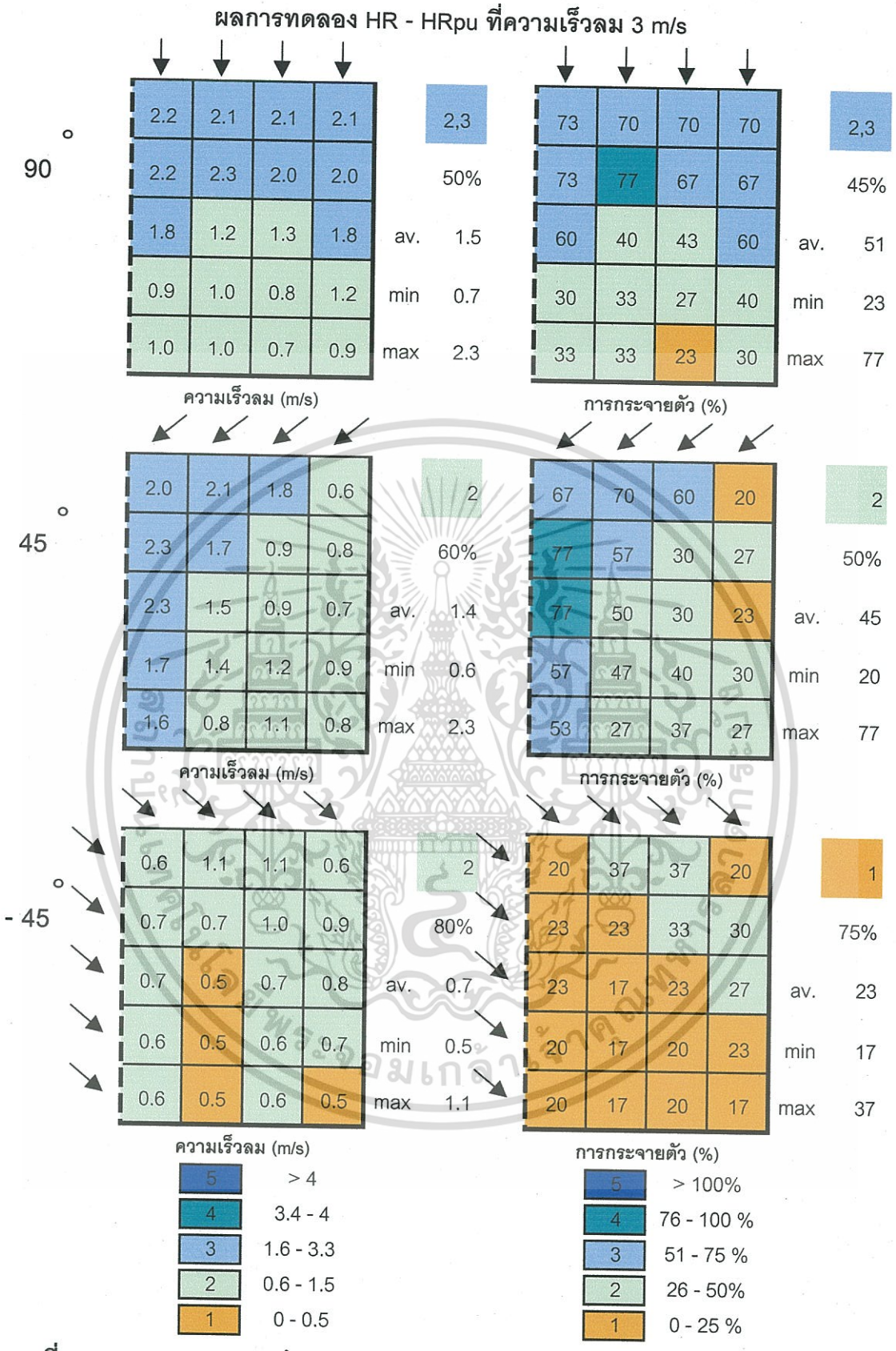
ภาพที่ 3.13 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



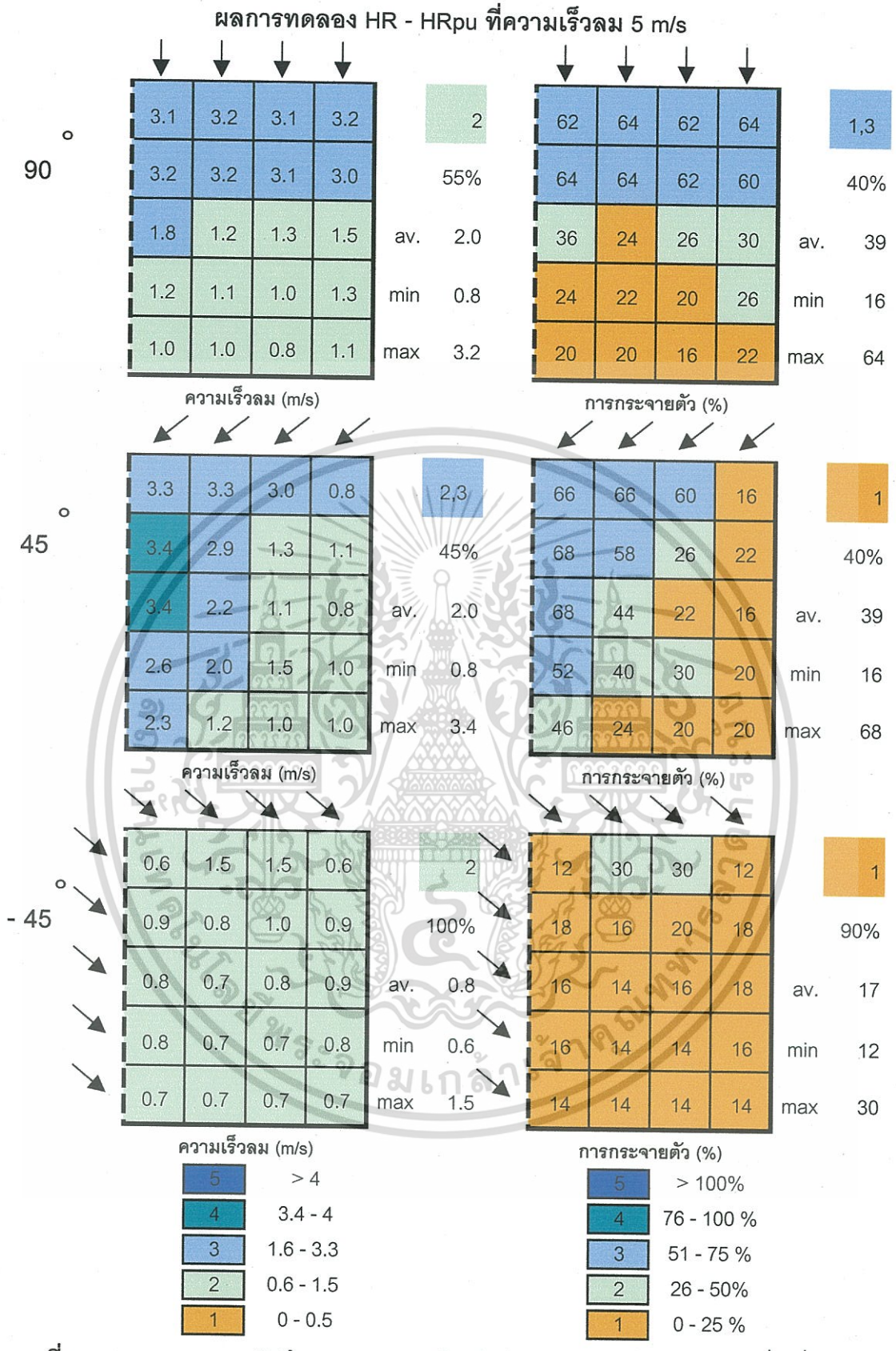
ภาพที่ 3.14 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน ตั้งฉากกัน (HR - HRpu) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน ตั้งฉากกัน (HR - HRpu) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน ตั้งฉากกัน (HR - HRpu) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

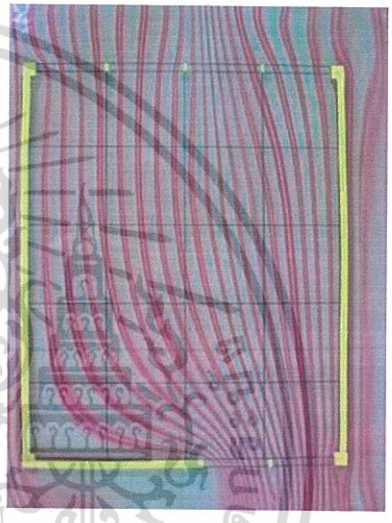
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) (มองจากด้านใน)

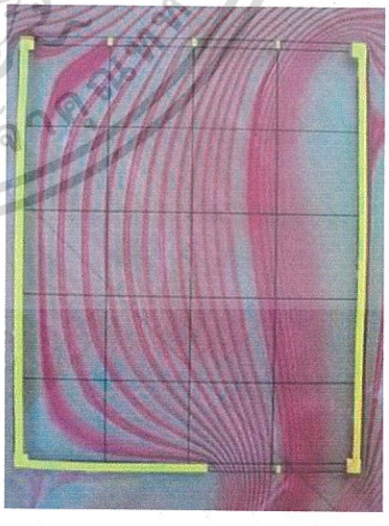
หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ



หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °

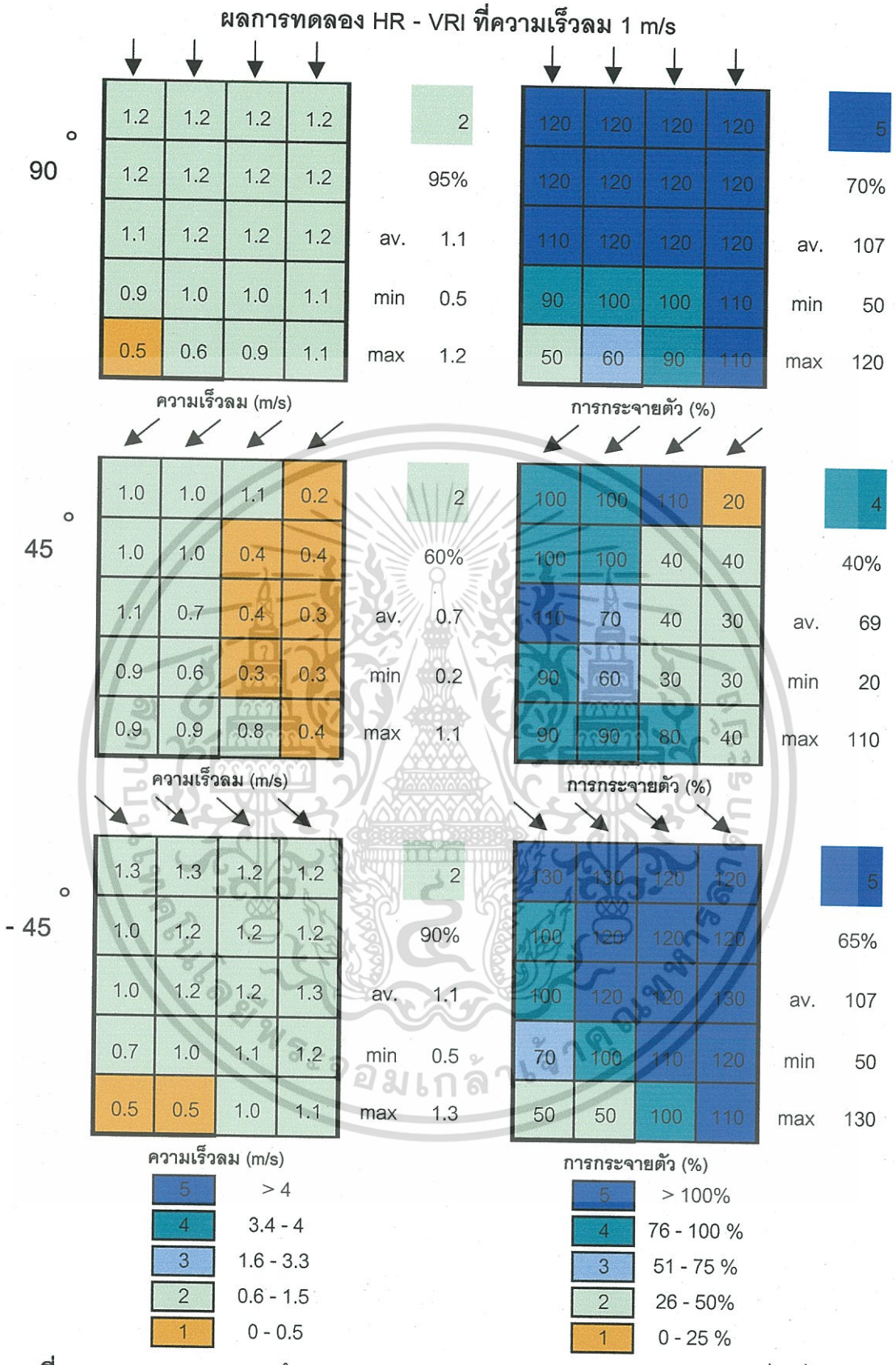
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °



หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

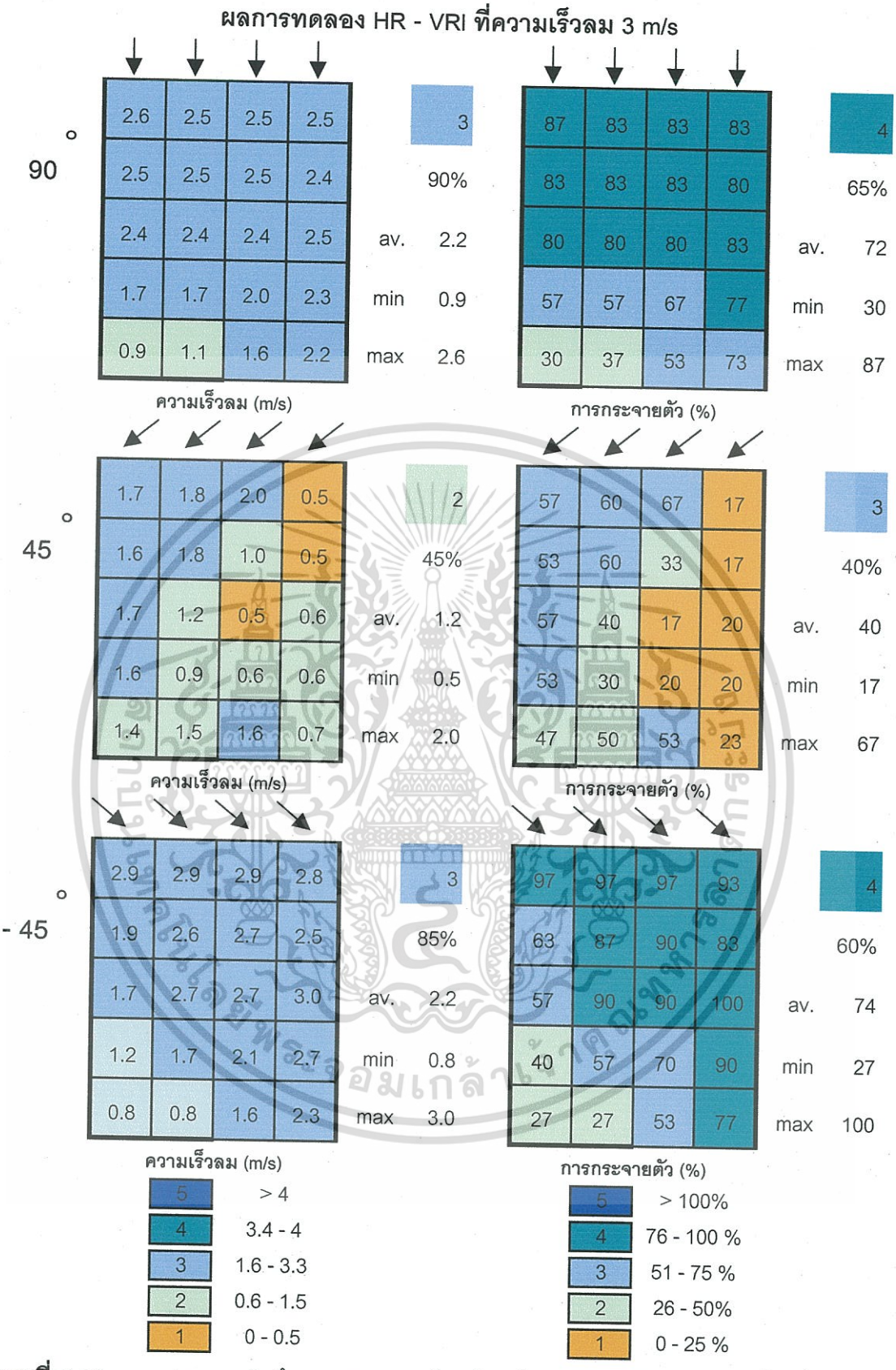
ภาพที่ 3.17 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



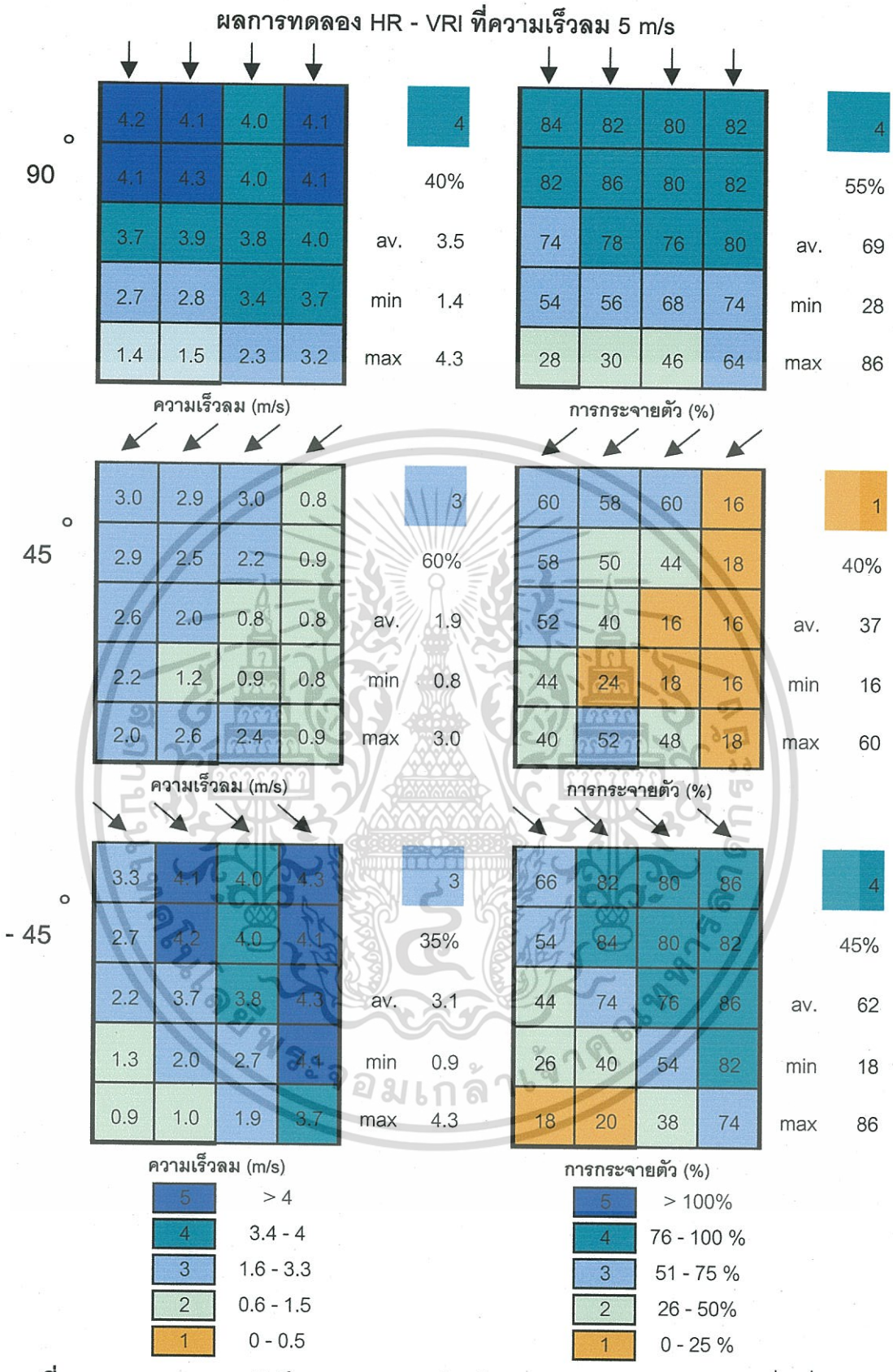
ภาพที่ 3.18 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตรงข้ามกัน (HR - VRI) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



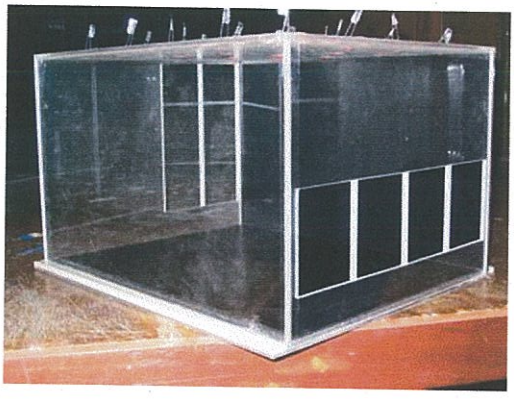
ภาพที่ 3.19 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตรงข้ามกัน (HR - VRI) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.20 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตรงข้ามกัน (HR - VRI) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

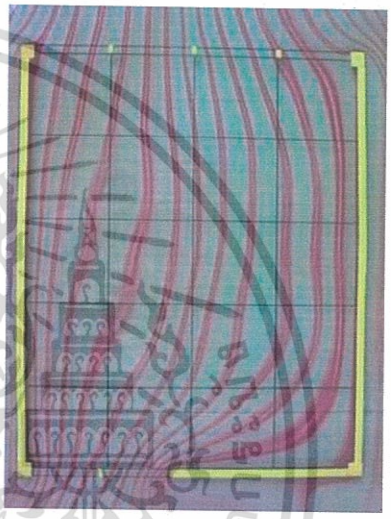


หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) (มองจากด้านใน)

รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ



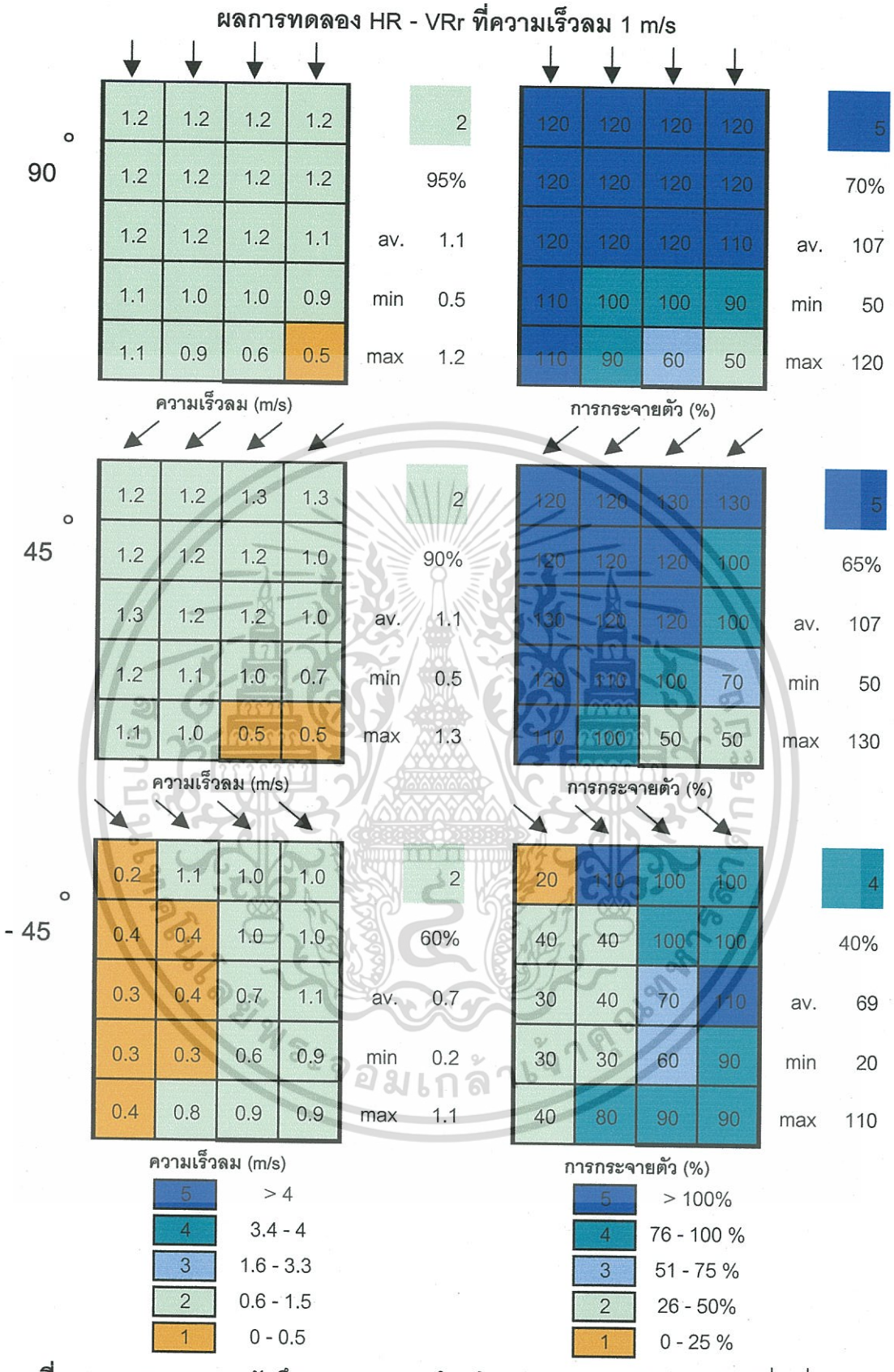
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

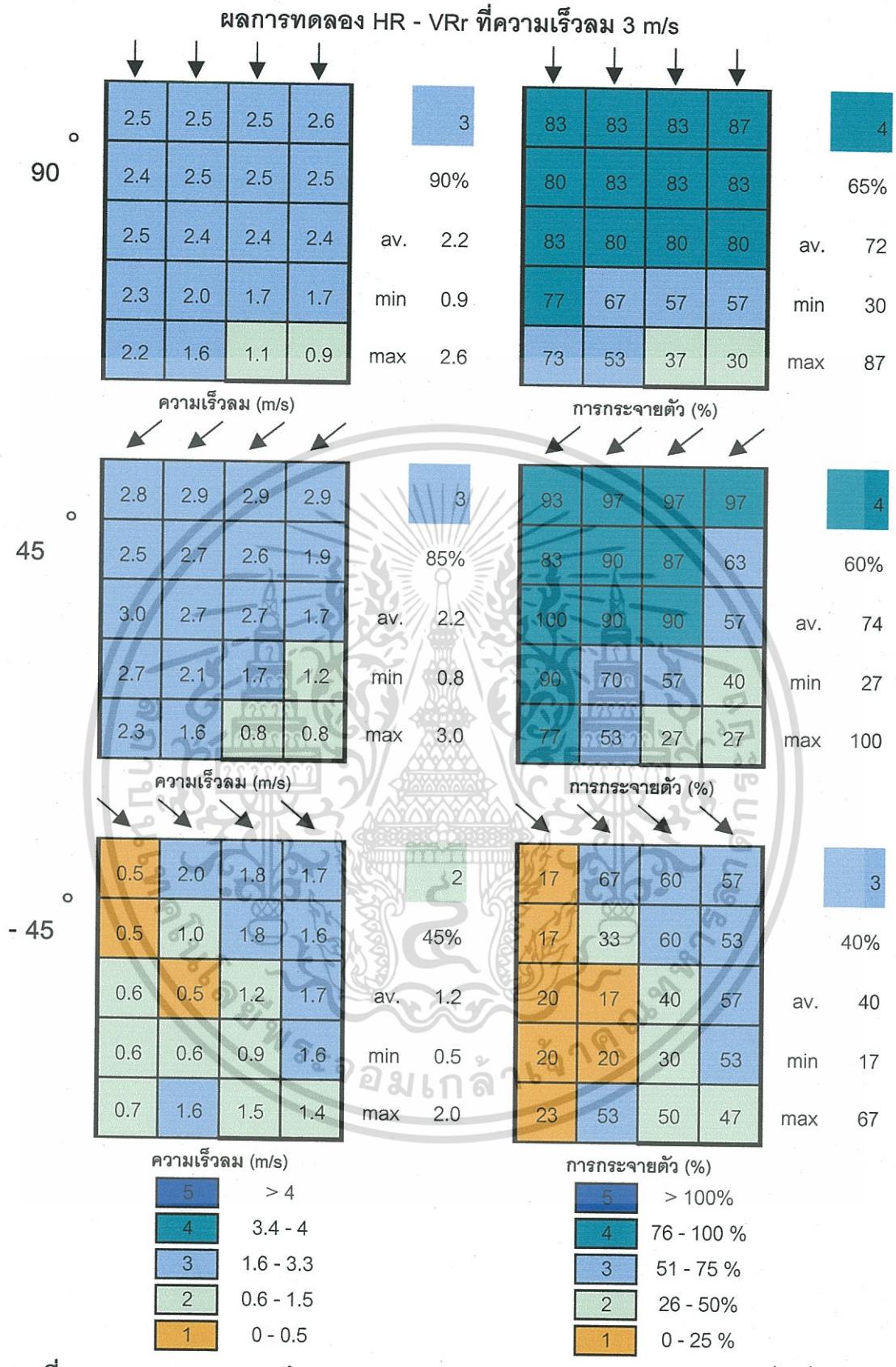
ภาพที่ 3.21 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



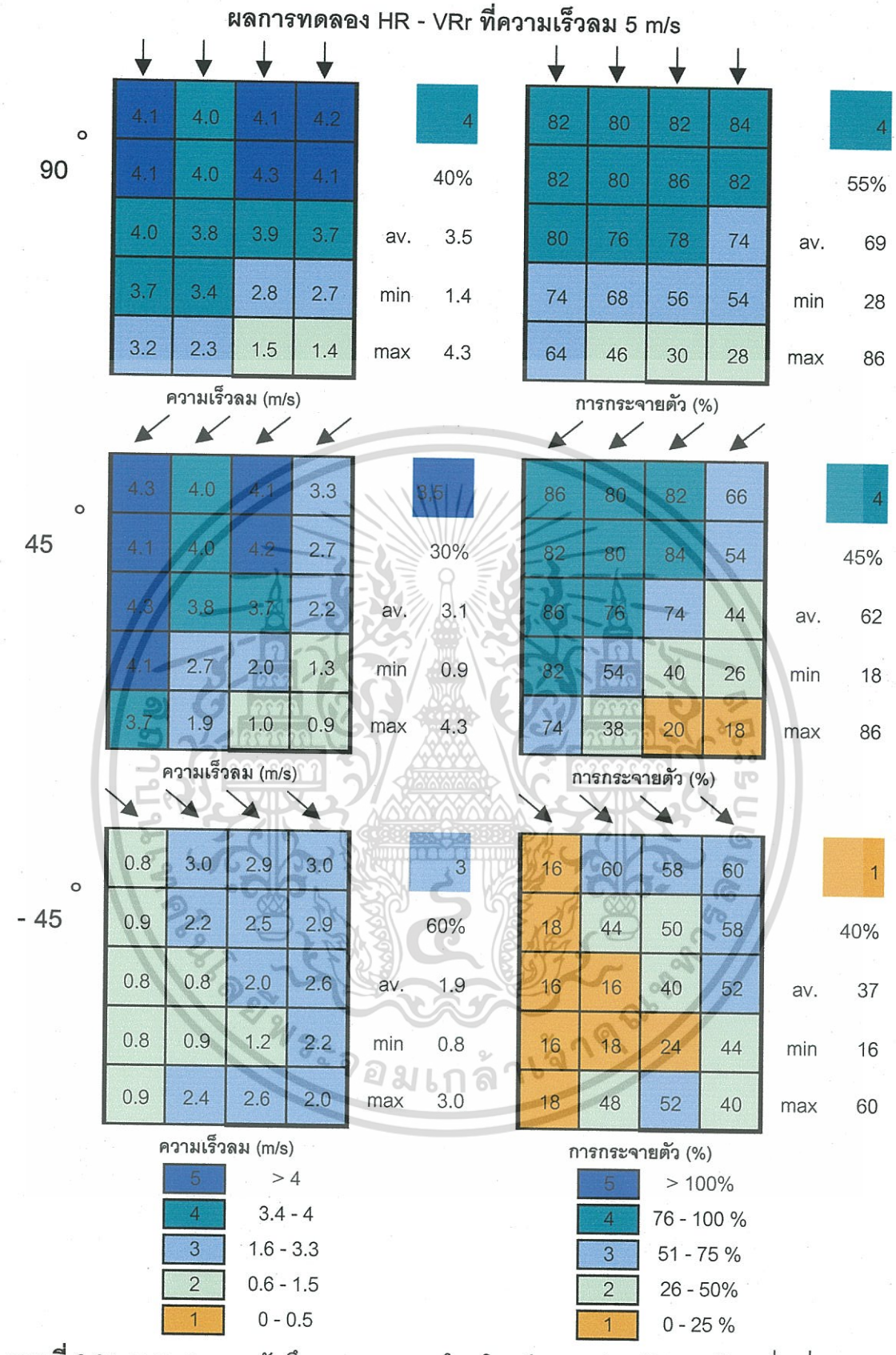
ภาพที่ 3.22 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา ตรงข้ามกัน (HR - VRr) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



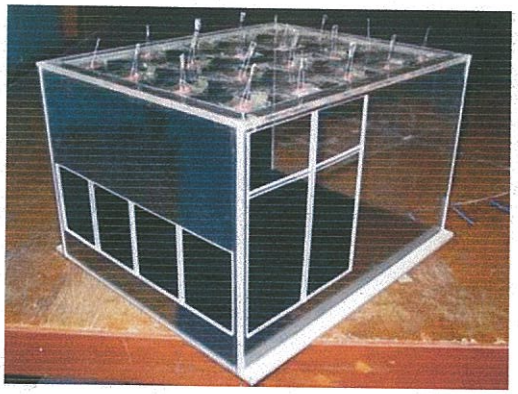
ภาพที่ 3.23 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา ตรงข้ามกัน (HR - VRr) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.24 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา ตรงข้ามกัน (HR - VRr) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หุ่นจำลองการทดลองในอุโมงค์ลม

ช่องเปิดทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ช่องเปิดทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl) (มองจากด้านนอก)

(ช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกัน)

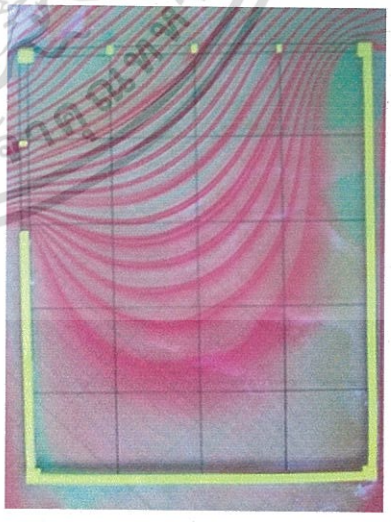
ไม่สามารถแสดงรูปตัดได้

เนื่องจากช่องเปิดอยู่คนละแนวกัน

รูปตัดหุ่นจำลองโต๊ะน้ำ

หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 90 °

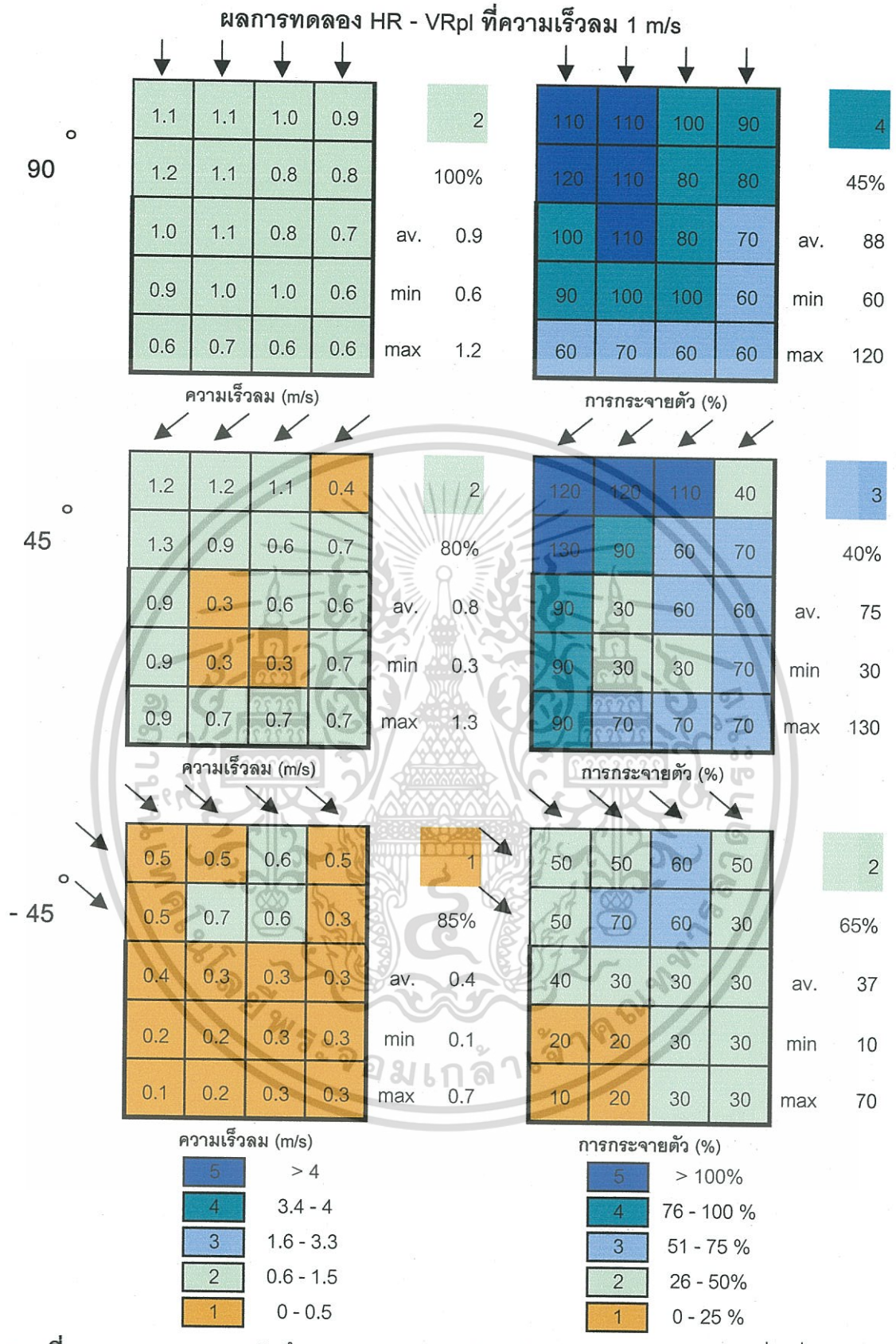
หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า -45 °



หุ่นจำลองผังพื้น ทิศทางลมเข้า 45 °

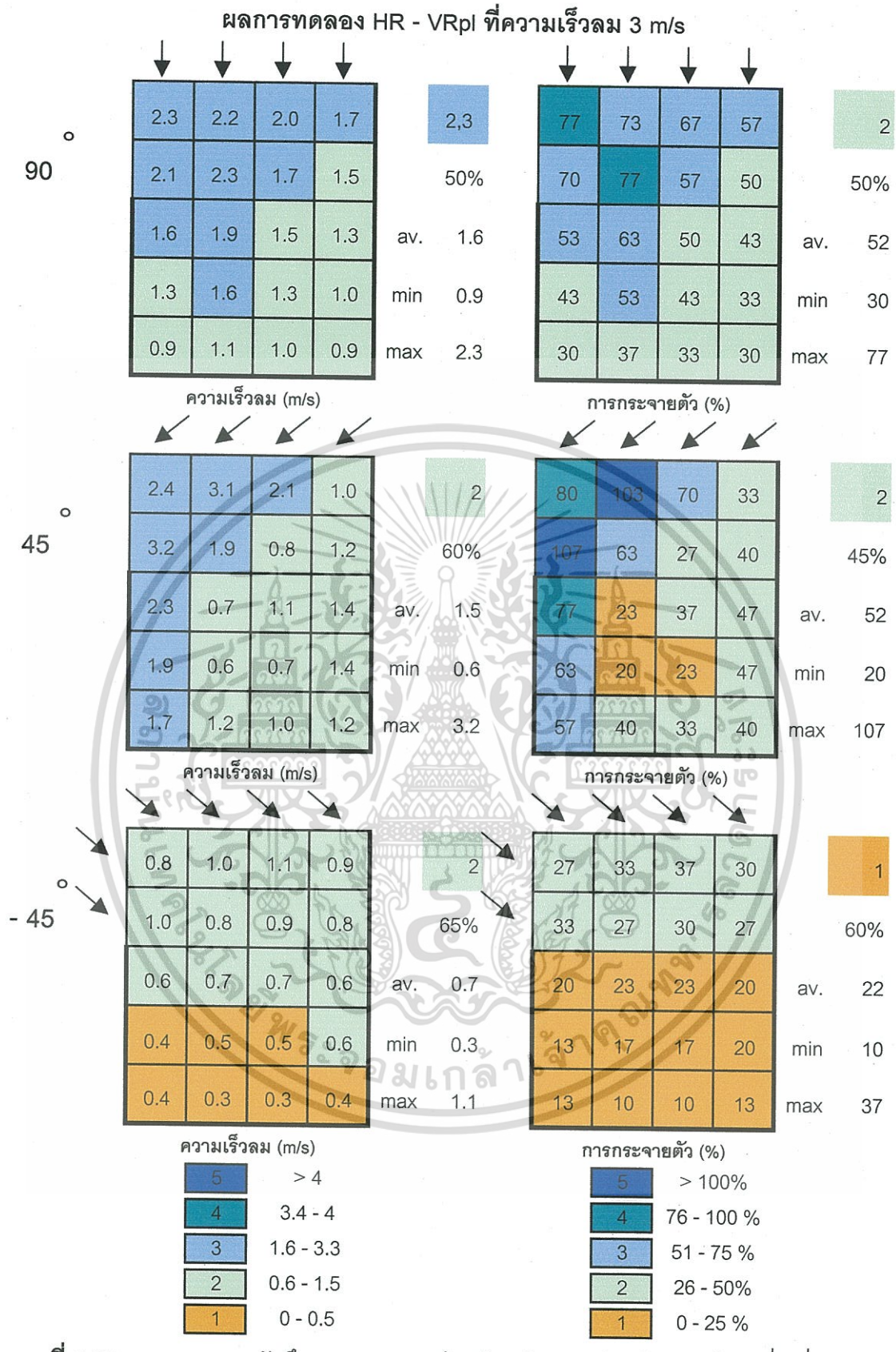
ภาพที่ 3.25 ภาพแสดงผลการทดลอง : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



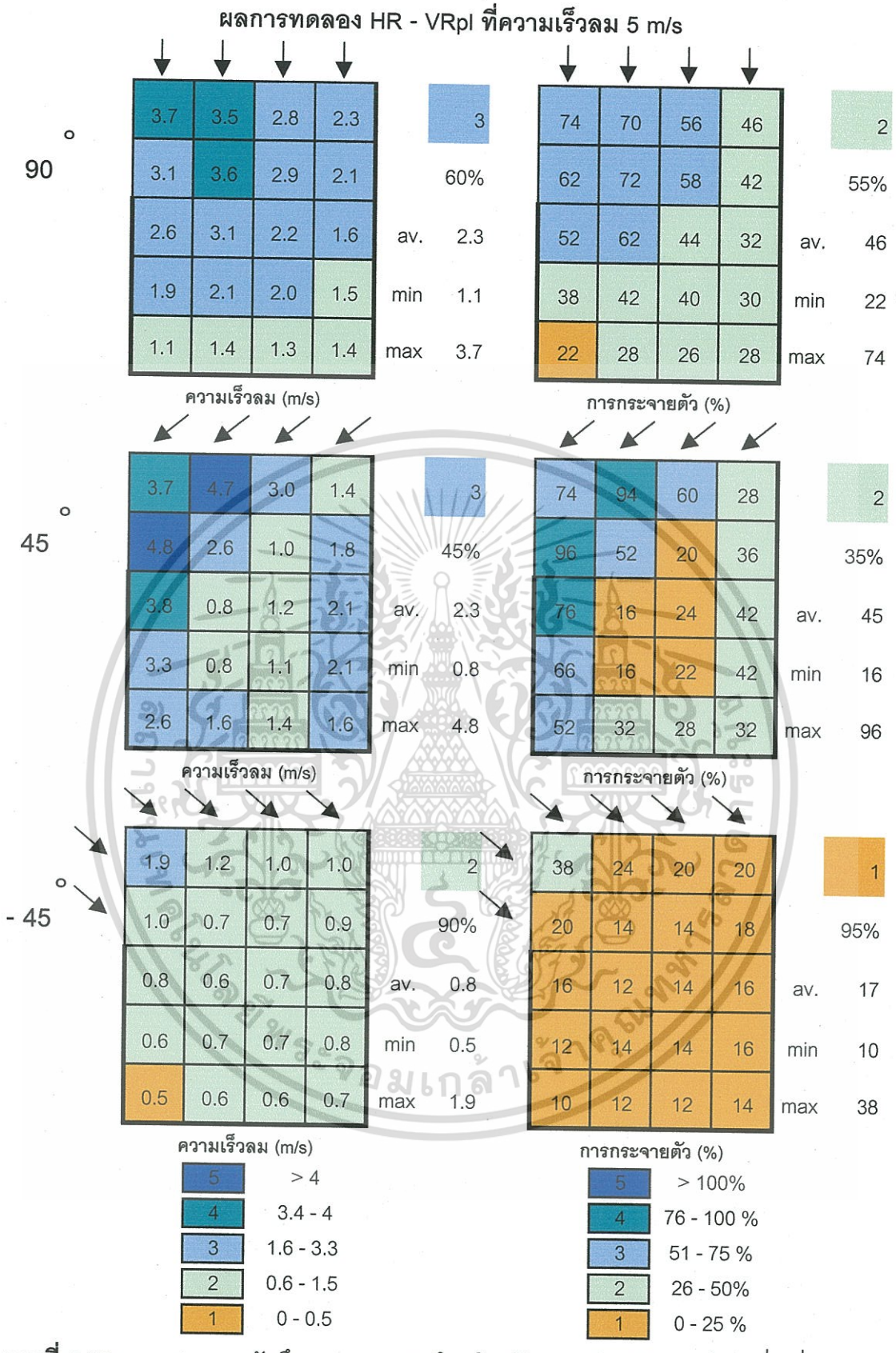
ภาพที่ 3.26 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตั้งฉากกัน (HR - VRpl) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.27 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตั้งฉากกัน (HR - VRpl) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.28 ภาพแสดงการบันทึกผลการทดลองในอุโมงค์ลมของช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย ตั้งฉากกัน (HR - VRpl) เมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ผลการทดลอง

3.2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างช่องเปิด

ขอบเขตการทดลอง

1. สัดส่วนช่องเปิด 1:3
2. รูปร่างช่องเปิด สี่เหลี่ยมจตุรัส (S), สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR), สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR)
3. ตำแหน่งของช่องเปิดอยู่ตรงกึ่งกลางห้อง และขอบล่างช่องเปิดอยู่สูงจากพื้นห้อง 0.45 ม.
4. ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกัน
5. ความเร็วลม 1, 3, 5 m/s
6. ทิศทางลมภายนอก 90°, 45° และ -45°
7. ห้องโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางภายใน
8. ช่องเปิดโล่งไม่มีองค์ประกอบใดๆ หรือสิ่งที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของลม
9. เก็บข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 20 จุดตามผังที่ความสูง 0.6 ม.
10. ทำการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ และ อุโมงค์ลม

ตัวแปรควบคุม
1. ทิศทางลมภายนอกทำมุม 90°, 45°, -45° กับช่องเปิดทางเข้า
2. ความเร็วลมภายนอก 3 ระดับ 1, 3, 5 m/s

ตัวแปรศึกษา รูปร่างช่องเปิดแบบต่างๆ

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองที่ 1 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
S - S	1 m/s	0.1	1.3	0.6	50	1,2	0.1	1.1	0.5	65	1	0.1	1.0	0.5	55	1
จตุรัส - จตุรัส	3 m/s	0.5	2.6	1.5	55	2	0.2	1.8	0.9	40	2	0.2	1.8	1.0	65	2
□ – □	5 m/s	0.5	4.6	2.2	40	2	0.4	3.4	1.4	55	2	0.4	3.8	1.7	50	2
S - HR	1 m/s	0.2	1.1	0.7	60	2	0.2	1.2	0.6	55	1	0.2	1.1	0.6	50	1,2
จตุรัส - แนวนอน	3 m/s	0.3	2.3	1.1	70	2	0.4	2.2	1.0	50	2	0.5	1.8	1.0	65	2
□ – ▭	5 m/s	0.5	4.4	1.7	60	2	0.6	4.2	1.7	65	2	0.6	3.6	1.7	70	2
S - VR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	50	1,2	0.1	1.1	0.6	50	1,2	0.2	1.1	0.7	65	2
จตุรัส - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.4	1.1	65	2	0.2	2.0	1.0	65	2	0.4	1.7	1.1	60	2
□ – ▯	5 m/s	0.3	4.5	2.0	45	2	0.4	3.4	1.6	50	2	0.4	3.5	1.6	45	2
HR - S	1 m/s	0.8	1.1	1.0	100	2	0.2	1.0	0.6	60	2	0.3	1.0	0.7	60	2
แนวนอน - จตุรัส	3 m/s	1.2	2.2	1.7	60	3	0.5	1.6	1.1	85	2	0.6	1.8	1.2	75	2
▭ – □	5 m/s	2.1	3.6	3.0	55	3	0.7	3.3	1.7	55	3	0.6	3.2	1.9	55	3
HR - HR	1 m/s	1.0	1.3	1.2	100	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวนอน - แนวนอน	3 m/s	1.6	2.7	2.3	100	3	0.5	1.5	1.0	100	2	0.6	1.6	1.1	95	2
▭ – ▭	5 m/s	2.9	4.4	3.9	65	5	0.7	2.9	1.4	70	2	0.9	3.1	1.6	55	2
HR - VR	1 m/s	0.8	1.2	1.1	100	2	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.8	75	2
แนวนอน - แนวตั้ง	3 m/s	1.3	2.2	1.7	70	3	0.6	1.7	1.2	80	2	0.5	1.7	1.2	70	2
▭ – ▯	5 m/s	1.9	3.5	2.9	85	3	0.8	2.9	1.9	60	3	0.8	3.0	1.9	65	3
VR - S	1 m/s	0.2	1.2	0.6	50	1,2	0.2	1.1	0.6	50	1,2	0.2	1.2	0.6	65	2
แนวตั้ง - จัตุรัส	3 m/s	0.5	2.4	1.1	75	2	0.4	2.3	1.1	60	2	0.4	2.1	1.1	70	2
▯ – □	5 m/s	0.8	4.5	2.1	50	2	0.5	3.7	1.6	60	2	0.6	3.6	1.7	55	2
VR - HR	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.2	1.1	0.7	60	2
แนวตั้ง - แนวนอน	3 m/s	0.4	1.1	1.8	50	2	0.4	1.7	1.0	65	2	0.5	1.9	1.1	85	2
▯ – ▭	5 m/s	0.6	3.2	1.7	50	2,3	0.6	3.3	1.5	70	2	0.7	3.3	1.5	70	2
VR - VR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	60	2	0.2	1.1	0.6	55	1	0.2	1.1	0.6	50	1,2
แนวตั้ง - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.7	1.4	55	2	0.3	2.2	1.0	70	2	0.3	2.0	1.0	80	2
▯ – ▯	5 m/s	0.7	4.8	2.3	50	2	0.5	3.9	1.5	55	2	0.6	3.9	1.7	65	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างช่องเปิดเมื่อตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน (ตรงข้ามกัน และ ตั้งฉากกัน)

ขอบเขตการทดลอง

1) สัดส่วนช่องเปิด 1:3
2) รูปร่างช่องเปิด สี่เหลี่ยมจตุรัส (S, Sp), สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR, HRp), สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR, VRp)
3) ตำแหน่งของช่องเปิดอยู่ตรงกึ่งกลางห้อง และขอบล่างช่องเปิดอยู่สูงจากพื้นห้อง 0.45 ม.
4) ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดอยู่ตั้งฉากกัน
5) ความเร็วลม 1, 3, 5 m/s
6) ทิศทางลมภายนอก 90°, 45°, -45°
7) ห้องโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางภายใน
8) ช่องเปิดโล่งไม่มีองค์ประกอบใดๆ หรือสิ่งที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของลม
9) เก็บข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 20 จุดตามผังที่ความสูง 0.6 ม.
10) ทำการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ และ อุโมงค์ลม

ตัวแปรควบคุม 1. ทิศทางลมภายนอกทำมุม 90°, 45°, -45° กับช่องเปิดทางเข้า
2. ความเร็วลมภายนอก 3 ระดับ 1, 3, 5 m/s

ตัวแปรศึกษา รูปร่างช่องเปิดแบบต่างๆ

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการทดลองที่ 2 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
S - S	1 m/s	0.1	1.3	0.6	50	1,2	0.1	1.1	0.5	65	1	0.1	1.0	0.5	55	1
จตุรัส - จตุรัส	3 m/s	0.5	2.6	1.5	55	2	0.2	1.8	0.9	40	2	0.2	1.8	1.0	65	2
□ — □	5 m/s	0.5	4.6	2.2	40	2	0.4	3.4	1.4	55	2	0.4	3.8	1.7	50	2
S - Sp	1 m/s	0.2	1.2	0.5	65	1	0.1	1.3	0.5	60	1	0.0	0.4	0.2	100	1
จตุรัส - จตุรัส	3 m/s	0.5	2.0	1.1	80	2	0.4	2.9	1.0	75	2	0.3	1.0	0.6	50	1,2
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.7	3.7	1.5	70	2	0.5	4.8	1.4	75	2	0.3	1.2	0.7	65	2
□ — P																
S - HR	1 m/s	0.2	1.1	0.7	60	2	0.2	1.2	0.6	55	1	0.2	1.1	0.6	50	1,2
จตุรัส - แนวนอน	3 m/s	0.3	2.3	1.1	70	2	0.4	2.2	1.0	50	2	0.5	1.8	1.0	65	2
□ — ▭	5 m/s	0.5	4.4	1.7	60	2	0.6	4.2	1.7	65	2	0.6	3.6	1.7	70	2
S - HRp	1 m/s	0.3	1.0	0.6	55	1	0.2	1.3	0.6	55	1	0.1	0.6	0.3	90	1
จตุรัส - แนวนอน	3 m/s	0.5	1.8	1.0	80	2	0.3	3.0	1.1	80	2	0.3	1.3	0.6	60	1
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.6	3.0	1.4	65	2	0.5	4.3	1.5	65	2	0.5	1.4	0.8	75	2
□ — P																
S - VR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	50	1,2	0.1	1.1	0.6	50	1,2	0.2	1.1	0.7	65	2
จตุรัส - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.4	1.1	65	2	0.2	2.0	1.0	65	2	0.4	1.7	1.1	60	2
□ — □	5 m/s	0.3	4.5	2.0	45	2	0.4	3.4	1.6	50	2	0.4	3.5	1.6	45	2
S - VRp	1 m/s	0.2	1.1	0.6	65	1	0.1	1.2	0.6	55	1	0.1	0.4	0.3	100	1
จตุรัส - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.2	1.1	65	2	0.4	3.1	1.0	65	2	0.3	1.2	0.6	55	2
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.6	3.7	1.5	70	2	0.5	4.8	1.5	75	2	0.4	1.4	0.7	65	2
□ — P																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดลองที่ 2 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
HR - S	1 m/s	0.8	1.1	1.0	100	2	0.2	1.0	0.6	60	2	0.3	1.0	0.7	60	2
แนวนอน - จตุรัส	3 m/s	1.2	2.2	1.7	60	3	0.5	1.6	1.1	85	2	0.6	1.8	1.2	75	2
□ — □	5 m/s	2.1	3.6	3.0	55	3	0.7	3.3	1.7	55	3	0.6	3.2	1.9	55	3
HR - Sp	1 m/s	0.2	1.0	0.8	80	2	0.2	1.1	0.6	60	1	0.1	0.8	0.3	90	1
แนวนอน - จตุรัส	3 m/s	0.4	1.6	1.2	65	2	0.3	2.1	1.0	40	1	0.2	1.0	0.5	65	1
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.6	3.0	2.0	60	3	0.5	3.4	1.5	55	2	0.4	1.5	0.9	75	2
□ — P																
HR - HR	1 m/s	1.0	1.3	1.2	100	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวนอน - แนวนอน	2 m/s	1.3	1.8	1.6	70	3	0.5	1.2	0.9	85	2	0.5	1.3	0.9	90	2
□ — □	3 m/s	1.6	2.7	2.3	100	3	0.5	1.5	1.0	100	2	0.6	1.6	1.1	95	2
	5 m/s	2.9	4.4	3.9	65	5	0.7	2.9	1.4	70	2	0.9	3.1	1.6	55	2
HR - HRp	1 m/s	0.6	1.1	1.0	100	2	0.2	1.3	0.6	65	1,2	0.2	0.7	0.5	60	1
แนวนอน - แนวนอน	2 m/s	0.8	1.5	1.2	100	2	0.3	1.8	0.9	40	1,2	0.3	1.0	0.7	65	2
(ตั้งฉากกัน)	3 m/s	0.9	2.1	1.5	70	3	0.5	2.9	1.3	60	2	0.3	1.2	0.8	80	2
□ — P	5 m/s	1.2	3.2	2.4	90	3	0.6	4.6	2.0	65	2	0.5	1.5	1.0	95	2
HR - VR	1 m/s	0.8	1.2	1.1	100	2	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.8	75	2
แนวนอน - แนวตั้ง	3 m/s	1.3	2.2	1.7	70	3	0.6	1.7	1.2	80	2	0.5	1.7	1.2	70	2
□ — □	5 m/s	1.9	3.5	2.9	85	3	0.8	2.9	1.9	60	3	0.8	3.0	1.9	65	3
HR - VRp	1 m/s	0.3	1.2	0.9	80	2	0.2	1.2	0.6	55	1	0.2	0.7	0.4	85	1
แนวนอน - แนวตั้ง	3 m/s	0.6	2.2	1.5	60	3	0.4	2.7	1.1	60	2	0.4	1.2	0.7	80	2
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.8	3.2	2.1	60	3	0.5	4.1	1.6	60	2	0.3	1.5	0.7	80	2
□ — P																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดลองที่ 2 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
VR - S	1 m/s	0.2	1.2	0.6	50	1,2	0.2	1.1	0.6	50	1,2	0.2	1.2	0.6	65	2
แนวตั้ง - จัตุรัส	3 m/s	0.5	2.4	1.1	75	2	0.4	2.3	1.1	60	2	0.4	2.1	1.1	70	2
□ — □	5 m/s	0.8	4.5	2.1	50	2	0.5	3.7	1.6	60	2	0.6	3.6	1.7	55	2
VR - Sp	1 m/s	0.3	1.3	0.6	60	1	0.2	1.3	0.6	50	1,2	0.1	0.5	0.3	100	1
แนวตั้ง - จัตุรัส	3 m/s	0.5	2.8	1.1	80	2	0.4	3.2	1.1	75	2	0.3	1.0	0.5	50	1,2
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.7	4.3	1.4	75	2	0.6	4.8	1.4	85	2	0.3	1.1	0.6	65	2
□ — P																
VR - HR	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.2	1.1	0.7	60	2
แนวตั้ง - แนวนอน	3 m/s	0.4	1.1	1.8	50	2	0.4	1.7	1.0	65	2	0.5	1.9	1.1	85	2
□ — ▭	5 m/s	0.6	3.2	1.7	50	2,3	0.6	3.3	1.5	70	2	0.7	3.3	1.5	70	2
VR - HRp	1 m/s	0.3	1.2	0.6	50	1	0.1	1.2	0.5	60	1	0.1	0.7	0.4	80	1
แนวตั้ง - แนวนอน	3 m/s	0.6	2.6	1.1	90	2	0.4	2.7	1.0	75	2	0.3	1.1	0.6	55	1
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.6	3.9	1.4	80	2	0.6	4.0	1.3	75	2	0.4	1.6	0.8	75	2
□ — P																
VR - VR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	60	2	0.2	1.1	0.6	55	1	0.2	1.1	0.6	50	1,2
แนวตั้ง - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.7	1.4	55	2	0.3	2.2	1.0	70	2	0.3	2.0	1.0	80	2
□ — □	5 m/s	0.7	4.8	2.3	50	2	0.5	3.9	1.5	55	2	0.6	3.9	1.7	65	2
VR - VRp	1 m/s	0.3	1.2	0.5	65	1	0.2	1.3	0.6	60	1	0.1	0.6	0.3	95	1
แนวตั้ง - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.7	1.0	80	2	0.4	3.3	1.1	80	2	0.3	0.8	0.5	55	2
(ตั้งฉากกัน)	5 m/s	0.7	4.3	1.4	75	2	0.6	5.0	1.5	85	2	0.3	1.3	0.6	55	2
□ — P																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องกับรูปร่างช่องเปิดเมื่อตำแหน่งของช่องเปิดต่างกัน

ขอบเขตการทดลอง

1) สัดส่วนช่องเปิด 1:3
2) รูปร่างช่องเปิด สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน, สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง
3) ตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างกัน โดยใช้ช่องเปิด HR, Hru, VR, VRl, VRr, HRp, Hrpu, VRp, VRpl, VRpr
4) ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกัน และตั้งฉากกัน
5) ความเร็วลม 1, 3, 5 m/s
6) ทิศทางลมภายนอก 90°, 45° , -45°
7) ห้องโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางภายใน
8) ช่องเปิดโล่งไม่มีองค์ประกอบใดๆ หรือสิ่งที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของลม
9) เก็บข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 20 จุดตามผังที่ความสูง 0.6 ม.
10) ทำการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ และ อุโมงค์ลม

ตัวแปรควบคุม 1. ทิศทางลมภายนอกทำมุม 90°, 45° , -45° กับช่องเปิดทางเข้า
2. ความเร็วลมภายนอก 3 ระดับ 1, 3, 5 m/s

ตัวแปรศึกษา รูปร่างช่องเปิดในตำแหน่งต่างๆ

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทดลองที่ 3 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
ตรงข้ามกัน																
HR - HR	1 m/s	1.0	1.3	1.2	100	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวนอน - แนวนอน	2 m/s	1.3	1.8	1.6	70	3	0.5	1.2	0.9	85	2	0.5	1.3	0.9	90	2
▭ — ▭	3 m/s	1.6	2.7	2.3	100	3	0.5	1.5	1.0	100	2	0.6	1.6	1.1	95	2
	5 m/s	2.9	4.4	3.9	65	5	0.7	2.9	1.4	70	2	0.9	3.1	1.6	55	2
HR - VR	1 m/s	0.8	1.2	1.1	100	2	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.8	75	2
แนวนอน - แนวตั้ง	3 m/s	1.3	2.2	1.7	70	3	0.6	1.7	1.2	80	2	0.5	1.7	1.2	70	2
▭ — ▯	5 m/s	1.9	3.5	2.9	85	3	0.8	2.9	1.9	60	3	0.8	3.0	1.9	65	3
HR - VRl	1 m/s	0.5	1.2	1.1	95	2	0.2	1.1	0.7	60	2	0.5	1.3	1.1	90	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.9	2.6	2.2	90	3	0.5	2.0	1.2	45	2	0.8	3.0	2.2	85	3
▭ — L	5 m/s	1.4	4.3	3.5	40	4	0.8	3.0	1.9	60	3	0.9	4.3	3.1	35	3
HR - VRr	1 m/s	0.5	1.2	1.1	95	2	0.5	1.3	1.1	90	2	0.2	1.1	0.7	60	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.9	2.6	2.2	90	3	0.8	3.0	2.2	85	3	0.5	2.0	1.2	45	2
▭ — R	5 m/s	1.4	4.3	3.5	40	4	0.9	4.3	3.1	30	3,5	0.8	3.0	1.9	60	3
HR - HRu	1 m/s	0.5	1.2	1.0	90	2	0.4	1.2	0.8	70	2	0.5	1.2	0.9	90	2
แนวนอน - แนวนอนบน	3 m/s	0.7	2.3	1.9	70	3	0.6	2.2	1.3	55	2	0.7	2.3	1.6	55	3
▭ — U	5 m/s	1.2	3.9	3.1	55	4	0.6	3.5	2.0	50	3	0.6	3.5	2.1	60	3
ตั้งฉากกัน																
HR - HRp	1 m/s	0.6	1.1	1.0	100	2	0.2	1.3	0.6	65	1	0.2	0.7	0.5	60	1
แนวนอน - แนวนอน	2 m/s	0.8	1.5	1.2	100	2	0.3	1.8	0.9	40	1,2	0.3	1.0	0.7	65	2
▭ — P	3 m/s	0.9	2.1	1.5	70	3	0.5	2.9	1.3	60	2	0.3	1.2	0.8	80	2
	5 m/s	1.2	3.2	2.4	90	3	0.6	4.6	2.0	65	2	0.5	1.5	1.0	95	2
HR - VRp	1 m/s	0.3	1.2	0.9	80	2	0.2	1.2	0.6	55	1	0.2	0.7	0.4	85	1
แนวนอน - แนวตั้ง	3 m/s	0.6	2.2	1.5	60	3	0.4	2.7	1.1	60	2	0.4	1.2	0.7	80	2
▭ — P	5 m/s	0.8	3.2	2.1	60	3	0.5	4.1	1.6	60	2	0.3	1.5	0.7	80	2
HR - VRpl	1 m/s	0.6	1.2	0.9	100	2	0.3	1.3	0.8	80	2	0.1	0.7	0.4	85	1
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.9	2.3	1.6	50	2,3	0.6	3.2	1.5	60	2	0.3	1.1	0.7	65	2
▭ — PL	5 m/s	1.1	3.7	2.3	60	3	0.8	4.8	2.3	45	3	0.5	1.9	0.8	90	2
HR - VRpr	1 m/s	0.5	1.2	1.0	90	2	0.2	1.2	0.6	50	1,2	0.2	0.8	0.5	60	1
แนวนอน - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.8	2.6	1.9	65	3	0.4	2.7	1.2	35	2,3	0.4	1.4	0.8	80	2
▭ — PR	5 m/s	1.0	3.8	2.6	45	3	0.5	4.1	1.8	50	2	0.4	1.5	0.9	80	2
HR - HRpu	1 m/s	0.4	1.2	0.8	75	2	0.4	1.2	0.8	80	2	0.2	0.7	0.5	85	1
แนวนอน - แนวนอนบน	3 m/s	0.7	2.3	1.5	50	2,3	0.6	2.3	1.4	60	2	0.5	1.1	0.7	80	2
▭ — PU	5 m/s	0.8	3.2	2.0	55	2	0.8	3.4	2.0	45	2,3	0.6	1.5	0.8	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทดลองที่ 3 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
ตรงข้ามกัน																
VR - HR	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.1	0.6	55	2	0.2	1.1	0.7	60	2
แนวตั้ง - แนวนอน	3 m/s	0.4	1.1	1.8	50	2	0.4	1.7	1.0	65	2	0.5	1.9	1.1	85	2
	5 m/s	0.6	3.2	1.7	50	2,3	0.6	3.3	1.5	70	2	0.7	3.3	1.5	70	2
VR - VR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	60	2	0.2	1.1	0.6	55	1	0.2	1.1	0.6	50	1,2
แนวตั้ง - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.7	1.4	55	2	0.3	2.2	1.0	70	2	0.3	2.0	1.0	80	2
	5 m/s	0.7	4.8	2.3	50	2	0.5	3.9	1.5	55	2	0.6	3.9	1.7	65	2
VR - VRl	1 m/s	0.4	1.3	0.7	65	2	0.2	1.1	0.6	55	1	0.2	1.3	0.7	65	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.8	2.2	1.2	85	2	0.5	2.2	1.0	70	2	0.6	3.3	1.4	70	2
	5 m/s	1.0	4.8	2.0	45	2,3	0.6	3.2	1.5	65	2	0.7	4.9	1.9	55	2
VR - VRr	1 m/s	0.4	1.3	0.7	65	2	0.2	1.3	0.7	65	2	0.2	1.1	0.60	55	1
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.8	2.2	1.2	85	2	0.6	3.3	1.4	70	2	0.5	2.3	1.0	70	2
	5 m/s	1.0	4.7	2.0	45	2,3	0.7	4.8	1.9	55	2	0.7	3.2	1.5	65	2
VR - HRu	1 m/s	0.5	1.3	0.8	90	2	0.4	1.3	0.7	75	2	0.3	1.2	0.7	75	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน	3 m/s	0.7	3.1	1.5	65	2	0.6	2.7	1.3	80	2	0.6	2.8	1.3	80	2
	5 m/s	0.8	4.2	2.1	60	2	0.7	4.1	1.8	45	2,3	0.7	4.0	1.7	45	2,3
ตั้งฉากกัน																
VR - HRp	1 m/s	0.3	1.2	0.6	50	1	0.1	1.2	0.5	60	1	0.1	0.7	0.4	80	1
แนวตั้ง - แนวนอน	3 m/s	0.6	2.6	1.1	90	2	0.4	2.7	1.0	75	2	0.3	1.1	0.6	55	1
	5 m/s	0.6	3.9	1.4	80	2	0.6	4.0	1.3	75	2	0.4	1.6	0.8	75	2
VR - VRp	1 m/s	0.3	1.2	0.5	65	1	0.2	1.3	0.6	60	1	0.1	0.6	0.3	95	1
แนวตั้ง - แนวตั้ง	3 m/s	0.5	2.7	1.0	80	2	0.4	3.3	1.1	80	2	0.3	0.8	0.5	55	2
	5 m/s	0.7	4.3	1.4	75	2	0.6	5.0	1.5	85	2	0.3	1.3	0.6	55	2
VR - VRpl	1 m/s	0.2	1.2	1.5	65	1	0.2	1.3	0.6	50	1,2	0.1	0.4	0.3	100	1
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.5	2.2	1.0	80	2	0.3	3.4	1.1	70	1	0.3	0.7	0.5	60	1
	5 m/s	0.6	3.3	1.2	85	2	0.5	4.7	1.5	80	2	0.4	1.0	0.7	75	2
VR - VRpr	1 m/s	0.1	1.1	0.6	55	2	0.1	1.2	0.5	80	1	0.1	0.7	0.4	75	1
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.6	2.0	1.0	95	2	0.4	2.6	0.9	60	2	0.3	1.2	0.7	75	2
	5 m/s	0.7	3.4	1.4	75	2	0.5	4.2	1.3	75	2	0.3	1.7	0.9	80	2
VR - HRpu	1 m/s	0.2	1.2	0.6	50	1,2	0.2	1.3	0.6	55	1	0.3	0.6	0.4	95	1
แนวตั้ง - แนวนอนบน	3 m/s	0.4	2.7	1.0	70	2	0.4	3.1	1.1	75	2	0.5	0.8	0.7	95	2
	5 m/s	0.6	4.3	1.5	75	2	0.6	4.9	1.6	70	2	0.6	1.1	0.8	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงผลการทดลองที่ 3 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
ตรงข้ามกัน																
VRl - HR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	65	2	0.4	1.2	0.6	55	2	0.3	1.3	0.7	70	1
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน	3 m/s	0.5	2.7	1.2	70	2	0.6	2.6	1.1	95	2	0.5	2.6	1.1	90	2
L —	5 m/s	0.6	3.8	1.7	65	2	0.8	2.7	1.3	85	2	0.6	3.6	1.4	75	2
VRl - VR	1 m/s	0.2	1.2	0.6	55	1	0.4	1.0	0.6	50	1,2	0.3	1.2	0.6	60	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง	3 m/s	0.4	2.8	1.2	50	2	0.7	2.2	1.1	90	2	0.4	2.2	1.0	60	2
L —	5 m/s	0.5	4.1	1.7	60	2	0.9	3.3	1.4	75	2	0.6	4.1	1.4	70	2
VRl - VRl	1 m/s	0.3	1.4	0.8	70	2	0.4	1.1	0.6	55	2	0.3	1.4	0.7	55	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.7	3.7	1.6	70	2	0.5	2.1	1.0	85	2	0.5	3.3	1.3	65	2
L — L	5 m/s	0.9	5.6	2.2	70	2	0.9	3.2	1.4	80	2	0.6	4.7	1.8	70	2
VRl - VRr	1 m/s	0.4	1.2	0.7	55	1	0.3	1.2	0.6	50	1,2	0.2	1.1	0.6	60	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.5	2.3	1.2	60	2	0.5	1.8	0.9	90	2	0.6	2.4	1.0	90	2
L — R	5 m/s	0.6	3.4	1.5	70	2	0.7	2.8	1.3	80	2	0.7	3.3	1.2	80	2
VRl - HRu	1 m/s	0.3	1.3	0.8	80	2	0.4	1.2	0.7	80	2	0.3	1.2	0.7	55	2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน	3 m/s	0.5	2.7	1.3	65	2	0.7	2.5	1.2	85	2	0.6	2.6	1.2	70	2
L — U	5 m/s	0.6	4.6	2.0	60	2	0.8	2.8	1.4	85	2	0.6	3.8	1.7	65	2
ตั้งฉากกัน																
VRl - HRp	1 m/s	0.2	1.0	0.7	70	2	0.2	1.1	0.5	70	1	0.1	0.7	0.3	85	1
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน	3 m/s	0.5	1.8	1.2	75	2	0.6	2.9	1.3	80	2	0.2	0.8	0.5	60	1
L — P	5 m/s	0.8	2.5	1.6	60	2	0.6	3.9	1.5	80	2	0.4	1.6	0.8	65	2
VRl - VRp	1 m/s	0.3	1.1	0.7	70	2	0.3	1.2	0.7	75	2	0	0.5	0.3	100	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง	3 m/s	0.7	2.2	1.3	75	2	0.6	2.9	1.3	80	2	0.2	0.8	0.5	60	1
L — P	5 m/s	0.9	3.3	1.9	70	3	0.8	4.8	1.9	50	2	0.4	1.3	0.8	90	2
VRl - VRpl	1 m/s	0.4	1.2	0.7	80	2	0.3	1.2	0.7	70	2	0.2	0.6	0.4	100	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.8	2.8	1.4	70	2	0.5	3	1.3	70	2	0.5	1.0	0.7	80	2
L — PL	5 m/s	0.8	3.6	1.7	60	2	0.5	4.5	1.7	45	2	0.6	1.2	0.9	100	2
VRl - VRpr	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	0.3	1.3	0.7	70	2	0.2	0.5	0.4	100	1
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.6	2.4	1.4	55	2	0.5	2.7	1.2	80	2	0.4	0.9	0.6	55	2
L — PR	5 m/s	0.7	3.3	1.8	60	3	0.7	4.6	1.7	75	2	0.3	0.9	0.7	85	2
VRl - HRpu	1 m/s	0.4	1.1	0.8	75	2	0.3	1.1	0.7	75	2	0.2	0.6	0.4	85	1
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน	3 m/s	0.7	2.3	1.4	60	2	0.6	2.1	1.2	80	2	0.4	1.0	0.7	70	2
L — PU	5 m/s	0.9	3.3	2.0	75	3	0.7	4.0	1.7	65	2	0.5	1.2	0.8	80	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการทดลองที่ 3 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
ตรงข้ามกัน																
VRr - HR	1 m/s	0.3	1.2	0.7	65	2	0.3	1.2	0.7	60	2	0.4	1.1	0.6	55	1
แนวตั้งขวา - แนวนอน	3 m/s	0.5	2.7	1.2	70	2	0.4	2.6	1.0	90	2	0.7	2.6	1.1	90	2
R —	5 m/s	0.6	3.8	1.7	65	2	0.6	3.6	1.4	75	2	0.8	2.7	1.3	85	2
VRr - VR	1 m/s	0.2	1.2	0.6	55	1	0.3	1.2	0.6	60	1	0.4	1.0	0.6	50	1,2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง	3 m/s	0.4	2.8	1.2	50	2	0.4	2.2	1.0	60	2	0.7	2.2	1.1	90	2
R —	5 m/s	0.5	4.1	1.7	60	2	0.6	4.1	1.4	70	2	0.9	3.3	1.4	75	2
VRr - VRl	1 m/s	0.4	1.2	0.7	55	1	0.2	1.1	0.6	60	1	0.3	1.0	0.6	50	1,2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.5	2.3	1.2	60	2	0.6	2.4	1.0	90	2	0.5	1.8	0.9	90	2
R — L	5 m/s	0.6	3.4	1.5	70	2	0.7	3.3	1.2	80	2	0.7	2.8	1.3	80	2
VRr - VRr	1 m/s	0.3	1.4	0.8	70	2	0.3	1.4	0.7	55	1	0.4	1.1	0.6	55	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.7	3.7	1.6	70	2	0.5	3.3	1.3	65	2	0.5	2.1	1.0	85	2
R — R	5 m/s	0.9	5.7	2.3	70	2	0.6	4.9	1.8	70	2	0.9	3.2	1.4	80	2
VRr - HRu	1 m/s	0.3	1.3	0.8	80	2	0.3	1.2	0.7	55	2	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน	3 m/s	0.5	2.7	1.3	65	2	0.6	2.6	1.2	70	2	0.7	2.5	1.2	85	2
R — U	5 m/s	0.6	4.6	2.0	60	2	0.6	3.8	1.7	65	2	0.8	2.8	1.4	85	2
ตั้งฉากกัน																
VRr - HRp	1 m/s	0.1	1.1	0.5	75	1	0.2	1.3	0.4	75	1	0.2	0.6	0.3	95	1
แนวตั้งขวา - แนวนอน	3 m/s	0.5	2.2	0.9	90	2	0.5	2.9	0.9	75	2	0.3	1.1	0.7	70	2
R — P	5 m/s	0.7	3.2	1.3	80	2	0.6	3.8	1.21	80	2	0.5	1.3	0.8	95	2
VRr - VRp	1 m/s	0.1	1.1	0.5	75	1	0.1	1.2	0.4	90	1	0.2	0.7	0.3	95	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง	3 m/s	0.4	2.2	0.8	70	2	0.3	2.6	0.7	50	1	0.5	1.0	0.7	75	2
R — P	5 m/s	0.4	3.0	1.1	80	2	0.5	4.2	0.9	75	2	0.5	1.2	0.7	95	2
VRr - VRpl	1 m/s	0.1	1.1	0.5	75	1	0	1.4	0.1	95	1	0.1	0.4	0.3	100	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.2	2.0	0.8	75	2	0.1	2.3	0.3	90	1	0.3	0.7	0.5	55	2
R — PL	5 m/s	0.6	2.7	1.0	90	2	0.1	4.6	0.6	85	1	0.4	0.9	0.6	70	2
VRr - VRpr	1 m/s	0.2	1.1	0.5	70	1	0.2	1.2	0.5	75	1	0.3	0.7	0.5	75	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา	3 m/s	0.4	1.9	0.9	65	2	0.4	2.8	0.8	50	2	0.5	1.1	0.8	95	2
R — PR	5 m/s	0.5	2.6	1.1	70	2	0.5	4.1	1.0	85	2	0.6	1.5	0.9	100	2
VRr - HRpu	1 m/s	0.2	1.1	0.6	70	1	0.2	1.2	0.5	65	1	0.2	0.7	0.4	95	1
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน	3 m/s	0.5	2.1	1.0	65	2	0.4	2.8	0.8	75	2	0.5	1.1	0.7	90	2
R — PU	5 m/s	0.6	2.8	1.3	75	2	0.6	4.1	1.1	95	2	0.6	1.1	0.8	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 แสดงผลการทดลองที่ 3 : ความเร็วลมภายในห้อง (m/s) และ ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) กลุ่มช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu)

รูปร่างช่องเปิด	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					45 องศา					- 45 องศา				
ทางเข้า-ทางออก	ความเร็วลม	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว	Level
ตรงข้ามกัน																
HRu - HR	1 m/s	0.2	0.5	0.4	100	1	0.1	1.0	0.5	75	1	0.1	1.0	0.5	75	1
แนวนอนบน - แนวนอน	3 m/s	0.5	0.9	0.7	90	2	0.5	1.6	0.8	70	2	0.5	1.6	0.8	65	2
HU —	5 m/s	0.5	1.5	0.9	95	2	0.5	2.3	1.0	75	2	0.5	2.3	1.0	75	2
HRu - VR	1 m/s	0.3	0.7	0.4	95	1	0.3	1.0	0.5	70	1	0.3	1.0	0.5	70	1
แนวนอนบน-แนวตั้ง	3 m/s	0.5	1.5	0.8	95	2	0.5	1.6	0.9	90	2	0.5	1.6	0.9	90	2
HU —	5 m/s	0.6	1.7	0.9	90	2	0.6	2.2	1.1	85	2	0.6	2.2	1.1	85	2
HRu - VRl	1 m/s	0.3	0.7	0.5	65	1	0.4	1.0	0.6	55	1	0.2	1.0	0.5	65	1
แนวนอนบน-แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.6	1.1	0.9	100	2	0.6	1.7	0.9	95	2	0.5	1.7	0.8	85	2
HU — L	5 m/s	0.8	1.3	1.0	100	2	0.7	2.5	1.1	85	2	0.6	2.6	1.1	80	2
HRu - VRr	1 m/s	0.4	0.7	0.5	60	1	0.3	1.0	0.5	70	1	0.4	1.0	0.6	55	1
แนวนอนบน-แนวตั้งขวา	3 m/s	0.6	1.1	0.9	100	2	0.5	1.8	0.9	80	2	0.6	1.8	0.9	95	2
HU — R	5 m/s	0.8	1.3	1.0	100	2	0.6	2.6	1.1	80	2	0.7	2.5	1.1	85	2
HRu - HRu	1 m/s	0.3	0.5	0.4	100	1	0.3	1.0	0.6	55	1	0.2	1.0	0.6	55	1
แนวนอนบน - แนวนอนบน	3 m/s	0.5	0.8	0.7	95	2	0.5	1.6	1.0	90	2	0.5	1.5	1.0	95	2
HU — HU	5 m/s	0.7	1.2	0.9	100	2	0.7	2.3	1.2	70	2	0.7	2.3	1.2	75	2
ตั้งฉากกัน																
HRu - HRp	1 m/s	0.3	1.1	0.7	80	2	0.2	0.9	0.5	70	1	0.2	0.7	0.3	95	1
แนวนอนบน - แนวนอน	3 m/s	0.7	2.2	1.4	60	2	0.6	1.4	0.9	100	2	0.4	1.2	0.7	85	2
HU — P	5 m/s	0.8	3.1	1.8	60	2	0.7	2.1	1.1	80	2	0.6	1.5	0.8	100	2
HRu - VRp	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	0.2	0.5	0.3	100	1	0.2	0.6	0.3	95	1
แนวนอนบน-แนวตั้ง	3 m/s	0.6	2.3	1.3	70	2	0.5	0.9	0.7	85	2	0.4	1.0	0.6	60	2
HU — P	5 m/s	0.7	3.4	1.8	50	3	0.6	1.2	0.9	100	2	0.3	1.1	0.7	75	2
HRu - VRpl	1 m/s	0.4	1.0	0.7	80	2	0.2	0.9	0.6	70	2	0.2	0.5	0.4	100	1
แนวนอนบน-แนวตั้งซ้าย	3 m/s	0.8	1.5	1.2	100	2	0.6	1.5	1.1	90	2	0.5	0.9	0.7	70	2
HU — PL	5 m/s	1.1	2.2	1.5	55	2	0.8	2.1	1.5	50	2	0.5	1.1	0.8	95	2
HRu - VRpr	1 m/s	0.3	0.9	0.6	70	2	0.2	0.7	0.4	95	1	0.2	0.8	0.4	70	1
แนวนอนบน-แนวตั้งขวา	3 m/s	0.6	1.8	1.2	95	2	0.5	1.1	0.7	80	1	0.5	1.3	0.8	80	2
HU — PR	5 m/s	0.7	2.4	1.5	55	2	0.6	1.4	0.9	100	2	0.5	1.2	0.8	85	2
HRu - HRpu	1 m/s	0.3	1.1	0.7	75	2	0.2	0.7	0.4	85	1	0.2	0.6	0.4	85	1
แนวนอนบน - แนวนอนบน	3 m/s	0.7	2.3	1.3	80	2	0.4	1.1	0.8	85	2	0.4	1.0	0.7	80	2
HU — PU	5 m/s	0.8	3.4	1.6	65	2	0.6	1.4	1.0	100	2	0.6	1.2	0.8	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

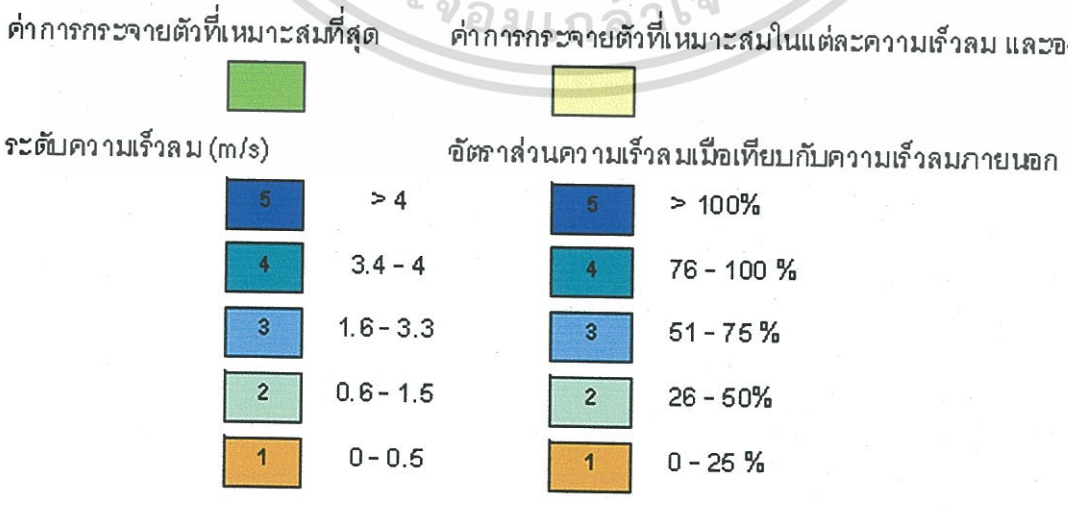
3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำให้เราทราบถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องของรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกในแต่ละแบบว่ามีความแตกต่างกันให้ผลตอบสนองดีกับลักษณะลมภายนอกที่แตกต่างกัน ดังนั้นแนวทางในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้ทำวิจัยได้วิเคาระห์ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องของรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ว่ารูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกลักษณะใดเหมาะสมกับลมภายนอกต่างๆกันทั้งความเร็วลมและทิศทางลมที่แตกต่างกัน เพื่อจะสามารถนำรูปร่างช่องเปิดเหล่านั้นไปใช้ในสถานะการจริงได้ แต่เนื่องจากผลการทดลองมีค่าความเร็วลมเป็นตัวเลขจำนวนมากทำให้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นต้องมีหลักเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจว่ารูปร่างช่องเปิดแบบใดเหมาะสมกับลมภายนอกลักษณะใดโดยมีหลักเกณฑ์ที่เรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง (ดัชนีรวม)

1. ระดับความเร็วลมที่เหมาะสม โดยอ้างอิงจาก Beaufort scale ที่ระดับ 0.6 - 1.5 m/s (ระดับ 2)
2. ค่าการกระจายตัวของลมภายในห้อง (%) (ค่าการกระจายตัวยิ่งสูงยิ่งดี)
3. ความเร็วลมภายนอก (ความเร็วลมภายนอกที่ต่ำกว่าแต่ให้ค่าการกระจายตัวที่เท่ากันย่อมได้ผลที่ดีกว่า)
4. ค่าเฉลี่ยของความเร็วลม และอัตราส่วน (%) ประกอบกัน (0.6-1.5 m/s, % สูงดีกว่าต่ำ)
5. พื้นที่การกระจายตัวในห้อง (ควรกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ที่ใช้งานเป็นประจำของแต่ละห้อง เช่นสำหรับห้องนอนควรกระจายตัวบริเวณตำแหน่งที่วางเตียงนอน)

สัญญลักษณ์สีที่ใช้ในผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงผลการทดลองรวม : ความเร็วลม (m/s) และค่าการกระจายตัว (%) ของลมภายในห้องที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกต่างๆ ในแต่ละองศา

รูปร่างช่องเปิด ทางเข้า-ทางออก	สัญลักษณ์	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					ทิศทางลมเข้า	45 องศา					ทิศทางลมเข้า	- 45 องศา				
		ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน min.	ความเร็วลมภายใน max.	ความเร็วลมภายใน av.	ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน min.	ความเร็วลมภายใน max.	ความเร็วลมภายใน av.	ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน min.	ความเร็วลมภายใน max.	ความเร็วลมภายใน av.	ค่าการกระจายตัว	Level
จตุรัส - จัตุรัส (S - S)	□ — □	3 m/s	0.5	2.6	1.5	55	2	5 m/s	0.4	3.4	1.4	55	2	3 m/s	0.2	1.8	1.0	65	2
จตุรัส - แนวนอน (S -HR)	□ — ▭	3 m/s	0.3	2.3	1.1	70	2	5 m/s	0.6	4.2	1.7	65	2	5 m/s	0.6	3.6	1.7	70	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VR)	□ — ▯	3 m/s	0.5	2.4	1.1	65	2	3 m/s	0.2	2.0	1.0	65	2	1 m/s	0.2	1.1	0.7	65	2
จตุรัส - จัตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	□ — P	3 m/s	0.5	2.0	1.1	80	2	3 m/s	0.4	2.9	1.0	75	2	5 m/s	0.3	1.2	0.7	65	2
จตุรัส - แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	□ — P	3 m/s	0.5	1.8	1.0	80	2	3 m/s	0.3	3.0	1.1	80	2	5 m/s	0.5	1.4	0.8	75	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	□ — P	5 m/s	0.6	3.7	1.5	70	2	5 m/s	0.5	4.8	1.5	75	2	5 m/s	0.4	1.4	0.7	65	2
แนวนอน - จัตุรัส (HR - S)	▭ — □	1 m/s	0.8	1.1	1.0	100	2	3 m/s	0.5	1.6	1.1	85	2	3 m/s	0.6	1.8	1.2	75	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	▭ — ▭	1 m/s	1.0	1.3	1.2	100	2	3 m/s	0.5	1.5	1.0	100	2	3 m/s	0.6	1.6	1.1	95	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	▭ — ▯	1 m/s	0.8	1.2	1.1	100	2	3 m/s	0.6	1.7	1.2	80	2	1 m/s	0.3	1.1	0.8	75	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	▭ — L	1 m/s	0.5	1.2	1.1	95	2	1 m/s	0.2	1.1	0.7	60	2	1 m/s	0.5	1.3	1.1	90	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	▭ — R	1 m/s	0.5	1.2	1.1	95	2	1 m/s	0.5	1.3	1.1	90	2	1 m/s	0.2	1.1	0.7	60	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	▭ — U	1 m/s	0.5	1.2	1.0	90	2	1 m/s	0.4	1.2	0.8	70	2	1 m/s	0.5	1.2	0.9	90	2
แนวนอน - จัตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	▭ — P	1 m/s	0.2	1.0	0.8	80	2	5 m/s	0.5	3.4	1.5	55	2	5 m/s	0.4	1.5	0.9	75	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	▭ — P	1 m/s	0.6	1.1	1.0	100	2	5 m/s	0.6	4.6	2.0	65	2	5 m/s	0.5	1.5	1.0	95	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	▭ — P	1 m/s	0.3	1.2	0.9	80	2	3 m/s	0.4	2.7	1.1	60	2	3 m/s	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	▭ — PL	1 m/s	0.6	1.2	0.9	100	2	1 m/s	0.3	1.3	0.8	80	2	5 m/s	0.5	1.9	0.8	90	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	▭ — PR	1 m/s	0.5	1.2	1.0	90	2	5 m/s	0.5	4.1	1.8	50	2	5 m/s	0.4	1.5	0.9	80	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	▭ — PU	1 m/s	0.4	1.2	0.8	75	2	1 m/s	0.4	1.2	0.8	80	2	5 m/s	0.6	1.5	0.8	100	2

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด ทางเข้า-ทางออก	สัญลักษณ์	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					ทิศทางลมเข้า	45 องศา					ทิศทางลมเข้า	- 45 องศา				
		ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level
			min.	max.	av.				min.	max.	av.				min.	max.	av.		
แนวตั้ง - จัตุรัส (VR - S)	—	3 m/s	0.5	2.4	1.1	75	2	3 m/s	0.4	2.3	1.1	60	2	3 m/s	0.4	2.1	1.1	70	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	—	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	5 m/s	0.6	3.3	1.5	70	2	3 m/s	0.5	1.9	1.1	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	—	1 m/s	0.3	1.2	0.7	60	2	3 m/s	0.3	2.2	1.0	70	2	3 m/s	0.3	2.0	1.0	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	— L	3 m/s	0.8	2.2	1.2	85	2	3 m/s	0.5	2.2	1.0	70	2	3 m/s	0.6	3.3	1.4	70	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	— R	3 m/s	0.8	2.2	1.2	85	2	3 m/s	0.6	3.3	1.4	70	2	3 m/s	0.5	2.3	1.0	70	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	— U	1 m/s	0.5	1.3	0.8	90	2	3 m/s	0.6	2.7	1.3	80	2	3 m/s	0.6	2.8	1.3	80	2
แนวตั้ง - จัตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	0.5	2.8	1.1	80	2	5 m/s	0.6	4.8	1.4	85	2	5 m/s	0.3	1.1	0.6	65	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	0.6	2.6	1.1	90	2	3 m/s	0.4	2.7	1.0	75	2	5 m/s	0.4	1.6	0.8	75	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	0.5	2.7	1.0	80	2	5 m/s	0.6	5.0	1.5	85	2	3 m/s	0.3	0.8	0.5	55	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	5 m/s	0.6	3.3	1.2	85	2	5 m/s	0.5	4.7	1.5	80	2	5 m/s	0.4	1.0	0.7	75	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	3 m/s	0.6	2.0	1.0	95	2	5 m/s	0.5	4.2	1.3	75	2	5 m/s	0.3	1.7	0.9	80	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	5 m/s	0.6	4.3	1.5	75	2	3 m/s	0.4	3.1	1.1	75	2	5 m/s	0.6	1.1	0.8	100	2

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด ทางเข้า-ทางออก	สัญลักษณ์	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					ทิศทางลมเข้า	45 องศา					ทิศทางลมเข้า	-45 องศา				
		ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level
			min.	max.	av.				min.	max.	av.				min.	max.	av.		
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	3 m/s	0.5	2.7	1.2	70	2	3 m/s	0.6	2.6	1.1	95	2	3 m/s	0.5	2.6	1.1	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	5 m/s	0.5	4.1	1.7	60	2	3 m/s	0.7	2.2	1.1	90	2	5 m/s	0.6	4.1	1.4	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	1 m/s	0.3	1.4	0.8	70	2	3 m/s	0.5	2.1	1.0	85	2	5 m/s	0.6	4.7	1.8	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	5 m/s	0.6	3.4	1.5	70	2	3 m/s	0.5	1.8	0.9	90	2	3 m/s	0.6	2.4	1.0	90	2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	1 m/s	0.3	1.3	0.8	80	2	3 m/s	0.7	2.5	1.2	85	2	3 m/s	0.6	2.6	1.2	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	3 m/s	0.5	1.8	1.2	75	2	3 m/s	0.6	2.9	1.3	80	2	5 m/s	0.4	1.6	0.8	65	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	3 m/s	0.7	2.2	1.3	75	2	3 m/s	0.6	2.9	1.3	80	2	5 m/s	0.4	1.3	0.8	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	1 m/s	0.4	1.2	0.7	80	2	1 m/s	0.3	1.2	0.7	70	2	5 m/s	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	1 m/s	0.3	1.1	0.7	65	2	3 m/s	0.5	2.7	1.2	80	2	5 m/s	0.3	0.9	0.7	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	1 m/s	0.4	1.1	0.8	75	2	3 m/s	0.6	2.1	1.2	80	2	5 m/s	0.5	1.2	0.8	80	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	3 m/s	0.5	2.7	1.2	70	2	3 m/s	0.4	2.6	1.0	90	2	3 m/s	0.7	2.6	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	5 m/s	0.5	4.1	1.7	60	2	5 m/s	0.6	4.1	1.4	70	2	3 m/s	0.7	2.2	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	5 m/s	0.6	3.4	1.5	70	2	3 m/s	0.6	2.4	1.0	90	2	3 m/s	0.5	1.8	0.9	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	1 m/s	0.3	1.4	0.8	70	2	5 m/s	0.6	4.9	1.8	70	2	3 m/s	0.5	2.1	1.0	85	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	1 m/s	0.3	1.3	0.8	80	2	3 m/s	0.6	2.6	1.2	70	2	3 m/s	0.7	2.5	1.2	85	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	3 m/s	0.5	2.2	0.9	90	2	5 m/s	0.6	3.8	1.21	80	2	5 m/s	0.5	1.3	0.8	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	5 m/s	0.4	3.0	1.1	80	2	5 m/s	0.5	4.2	0.9	75	2	5 m/s	0.5	1.2	0.7	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	5 m/s	0.6	2.7	1.0	90	2	5 m/s	0.1	4.6	0.6	85	1	5 m/s	0.4	0.9	0.6	70	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	5 m/s	0.5	2.6	1.1	70	2	5 m/s	0.5	4.1	1.0	85	2	5 m/s	0.6	1.5	0.9	100	2
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	5 m/s	0.6	2.8	1.3	75	2	5 m/s	0.6	4.1	1.1	95	2	5 m/s	0.6	1.1	0.8	100	2

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด ทางเข้า-ทางออก	สัญลักษณ์	ทิศทางลมเข้า	90 องศา					ทิศทางลมเข้า	45 องศา					ทิศทางลมเข้า	- 45 องศา				
		ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level	ความเร็วลมภายนอก	ความเร็วลมภายใน			ค่าการกระจายตัว	Level
			min.	max.	av.				min.	max.	av.				min.	max.	av.		
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	5 m/s	0.5	1.5	0.9	95	2	5 m/s	0.5	2.3	1.0	75	2	5 m/s	0.5	2.3	1.0	75	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	3 m/s	0.5	1.5	0.8	95	2	3 m/s	0.5	1.6	0.9	90	2	3 m/s	0.5	1.6	0.9	90	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	3 m/s	0.6	1.1	0.9	100	2	3 m/s	0.6	1.7	0.9	95	2	3 m/s	0.5	1.7	0.8	85	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	3 m/s	0.6	1.1	0.9	100	2	3 m/s	0.5	1.8	0.9	80	2	3 m/s	0.6	1.8	0.9	95	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	5 m/s	0.7	1.2	0.9	100	2	3 m/s	0.5	1.6	1.0	90	2	3 m/s	0.5	1.5	1.0	95	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	1 m/s	0.3	1.1	0.7	80	2	3 m/s	0.6	1.4	0.9	100	2	5 m/s	0.6	1.5	0.8	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	3 m/s	0.6	2.3	1.3	70	2	5 m/s	0.6	1.2	0.9	100	2	5 m/s	0.3	1.1	0.7	75	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	3 m/s	0.8	1.5	1.2	100	2	3 m/s	0.6	1.5	1.1	90	2	5 m/s	0.5	1.1	0.8	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	3 m/s	0.6	1.8	1.2	95	2	5 m/s	0.6	1.4	0.9	100	2	5 m/s	0.5	1.2	0.8	85	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	3 m/s	0.7	2.3	1.3	80	2	5 m/s	0.6	1.4	1.0	100	2	5 m/s	0.6	1.2	0.8	100	2

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองรวม แสดงให้เห็นว่า ลักษณะของลมภายนอกนั้นมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้ง ทิศทางลมเข้า และความเร็วลมภายนอก ซึ่งลักษณะของกระแสลมภายนอกนั้นส่งผลดีให้กับรูปร่างของช่องเปิดที่แตกต่างกัน

3.3.2 ทิศทางลมเข้า

ลมที่พัดทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้าส่งผลดีในการกระจายตัวของลมภายในห้องกับรูปร่างช่องเปิดทางเข้าที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งระดับล่างและบน (HR และHRu) เนื่องจากขอบเขตของช่องเปิดทางเข้าครอบคลุมพื้นที่ตลอดความกว้างของห้องทำให้ลมตั้งฉากพัดเข้าไปได้อย่างทั่วถึง, ยังส่งผลดีเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) และช่องเปิดทางออกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า เนื่องจากความกว้างของช่องเปิดทางเข้าที่กว้างพอที่จะทำให้ลมภายนอกที่พัดเข้ามาอย่างทั่วถึงประกอบกับความเร็วลมที่สูงขึ้นทำให้ลมพัดเข้ามาได้ลึกขึ้นจึงกระจายตัวได้ดีขึ้น และยังส่งผลดีกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) ที่มีช่องเปิดทางออกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าหรือมีตำแหน่งที่ต่างกัน

ลมที่พัดทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้าส่งผลดีให้กับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) เนื่องจากลมเข้าถึงช่องเปิดก่อนที่จะกระทบผนังทึบและเบี่ยงเบนออกไปทำให้ลมพัดเข้าช่องเปิดได้เต็มที่ แต่ผลการทดลองจะใกล้เคียงกับลมที่ทำมุม -45° กับช่องเปิดทางเข้าเมื่อช่องเปิดทางออกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเพราะได้รับผลกระทบจากความเร็วลมที่สูงกว่าทำให้ลมพัดเข้าทางช่องเปิดทางออกมากกว่า

ลมพัดทำมุมเอียง -45° กับช่องเปิดทางเข้าส่งผลดีให้กับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ด้วยเหตุผลลักษณะเดียวกับลมเอียง 45° ส่งผลกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย แต่ต่างกันที่เมื่อช่องเปิดทางออกตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าลมเอียง -45° ส่งผลดีด้วยเนื่องจากได้รับผลกระทบจากความเร็วลมที่มีความเร็วสูงทำให้ลมพัดอัดเข้าไปทั้งทางช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกด้วยกันทั้งคู่

จะเห็นได้ว่าลมที่พัดมาทางซ้ายจะตอบสนองได้ดีกับช่องเปิดที่อยู่ทางซ้ายและลมที่พัดมาทางด้านขวาก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นแสดงว่า**การกระจายตัวของลมภายในห้องจะดีเมื่อช่องเปิดทางเข้าอยู่ด้านเดียวกับทิศทางลมเข้าจากภายนอก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการทดลองรวม : ลักษณะการเคลื่อนที่ลมภายในห้องที่เหมาะสมที่สุดกับรูปแบบช่องเปิดแต่ละแบบเมื่อความเร็วลมภายนอก = 1 m/s (ตามรูปร่างช่องเปิด)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
จตุรัส - จตุรัส (S - S)	—	1 m/s	90	0.1	1.3	0.6	50	1,2
จตุรัส - แนวนอน (S -HR)	—	1 m/s	90	0.2	1.1	0.7	60	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VR)	—	1 m/s	-45	0.2	1.1	0.7	65	2
จตุรัส - จตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	45	0.1	1.3	0.5	60	1
จตุรัส - แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.3	1.0	0.6	55	1
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	45	0.1	1.2	0.6	55	1
เฉลี่ย							57.5	2
แนวนอน - จตุรัส (HR - S)	—	1 m/s	90	0.8	1.1	1.0	100	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	—	1 m/s	90	1.0	1.3	1.2	100	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	—	1 m/s	90	0.8	1.2	1.1	100	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	— L	1 m/s	90	0.5	1.2	1.1	95	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	— R	1 m/s	90	0.5	1.2	1.1	95	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	— U	1 m/s	90	0.5	1.2	1.0	90	2
แนวนอน - จตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.2	1.0	0.8	80	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.6	1.1	1.0	100	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.3	1.2	0.9	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	1 m/s	90	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	1 m/s	90	0.5	1.2	1.0	90	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	1 m/s	45	0.4	1.2	0.8	80	2
เฉลี่ย							92.5	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - S)	—	1 m/s	-45	0.2	1.2	0.6	65	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	—	1 m/s	90	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	—	1 m/s	90	0.3	1.2	0.7	60	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	— L	1 m/s	90	0.4	1.3	0.7	65	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	— R	1 m/s	45	0.2	1.3	0.7	65	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	— U	1 m/s	90	0.5	1.3	0.8	90	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	45	0.2	1.3	0.6	50	1,2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.3	1.2	0.6	50	1
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	45	0.2	1.3	0.6	60	1
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	1 m/s	45	0.2	1.3	0.6	50	1,2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	1 m/s	90	0.1	1.1	0.6	55	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	1 m/s	90	0.2	1.2	0.6	50	1,2
เฉลี่ย							60.42	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11(ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	1 m/s	90	0.3	1.2	0.7	65	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	1 m/s	45	0.4	1.0	0.6	50	1,2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	1 m/s	90	0.3	1.4	0.8	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	1 m/s	45	0.3	1.2	0.6	50	1,2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	1 m/s	45	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	1 m/s	90	0.2	1.0	0.7	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	1 m/s	45	0.3	1.2	0.7	75	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	1 m/s	90	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	1 m/s	45	0.3	1.3	0.7	70	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	1 m/s	90	0.4	1.1	0.8	75	2
เฉลี่ย							68.5	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	1 m/s	90	0.3	1.2	0.7	65	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	1 m/s	-45	0.4	1.0	0.6	50	1,2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	1 m/s	-45	0.3	1.0	0.6	50	1,2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	1 m/s	90	0.3	1.4	0.8	70	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	1 m/s	-45	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	1 m/s	90	0.1	1.1	0.5	75	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	1 m/s	90	0.1	1.1	0.5	75	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	1 m/s	90	0.1	1.1	0.5	75	1
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	1 m/s	90	0.2	1.1	0.5	70	1
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	1 m/s	45	0.2	1.2	0.5	65	1
เฉลี่ย							67.5	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	1 m/s	45	0.1	1.0	0.5	75	1
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	1 m/s	45	0.3	1.0	0.5	70	1
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	1 m/s	45	0.4	1.0	0.6	55	1
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	1 m/s	-45	0.4	1.0	0.6	55	1
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	1 m/s	45	0.3	1.0	0.6	55	1
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	1 m/s	90	0.3	1.1	0.7	80	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	1 m/s	90	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	1 m/s	90	0.4	1.0	0.7	80	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	1 m/s	90	0.3	0.9	0.6	70	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	1 m/s	90	0.3	1.1	0.7	75	2
เฉลี่ย							56	2

เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 1 m/s รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) มีค่าการกระจายตัวเฉลี่ยสูงที่สุด = 92.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 แสดงผลการทดลองรวม : ลักษณะการเคลื่อนที่ลมภายในห้องที่เหมาะสมที่สุดกับรูปแบบช่องเปิดแต่ละแบบเมื่อความเร็วลมภายนอก = 3 m/s (ตามรูปร่างช่องเปิด)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
จตุรัส - จตุรัส (S - S)	—	3 m/s	-45	0.2	1.8	1.0	65	2
จตุรัส - แนวนอน (S -HR)	—	3 m/s	90	0.3	2.3	1.1	70	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VR)	—	3 m/s	45	0.2	2.0	1.0	65	2
จตุรัส - จตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.5	2.0	1.1	80	2
จตุรัส - แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.5	1.8	1.0	80	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.5	2.2	1.1	65	2
เฉลี่ย							70.83	2
แนวนอน - จตุรัส (HR - S)	—	3 m/s	45	0.5	1.6	1.1	85	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	—	3 m/s	45	0.5	1.5	1.0	100	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	—	3 m/s	45	0.6	1.7	1.2	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	— L	3 m/s	45	0.5	2.0	1.2	45	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	— R	3 m/s	-45	0.5	2.0	1.2	45	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	— U	3 m/s	45	0.6	2.2	1.3	55	2
แนวนอน - จตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.4	1.6	1.2	65	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	-45	0.3	1.2	0.8	80	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	-45	0.4	1.2	0.7	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	3 m/s	-45	0.3	1.1	0.7	65	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	3 m/s	-45	0.4	1.4	0.8	80	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	3 m/s	-45	0.5	1.1	0.7	80	2
เฉลี่ย							71.67	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - S)	—	3 m/s	90	0.5	2.4	1.1	75	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	—	3 m/s	-45	0.5	1.9	1.1	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	—	3 m/s	-45	0.3	2.0	1.0	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	— L	3 m/s	90	0.8	2.2	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	— R	3 m/s	45	0.8	2.2	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	— U	3 m/s	-45	0.6	2.8	1.3	80	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.5	2.8	1.1	80	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.6	2.6	1.1	90	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	45	0.4	3.3	1.1	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	3 m/s	90	0.5	2.2	1.0	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	3 m/s	90	0.6	2.0	1.0	95	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	3 m/s	-45	0.5	0.8	0.7	95	2
เฉลี่ย							84.17	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12(ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	3 m/s	45	0.6	2.6	1.1	95	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	3 m/s	45	0.7	2.2	1.1	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	3 m/s	45	0.5	2.1	1.0	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	3 m/s	45	0.5	1.8	0.9	90	2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	3 m/s	45	0.7	2.5	1.2	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	3 m/s	45	0.6	2.9	1.3	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	3 m/s	45	0.6	2.9	1.3	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	3 m/s	-45	0.5	1.0	0.7	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	3 m/s	45	0.5	2.7	1.2	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	3 m/s	45	0.6	2.1	1.2	80	2
เฉลี่ย							84.5	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	3 m/s	-45	0.7	2.6	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	3 m/s	-45	0.7	2.2	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	3 m/s	-45	0.5	1.8	0.9	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	3 m/s	-45	0.5	2.1	1.0	85	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	3 m/s	-45	0.7	2.5	1.2	85	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	3 m/s	90	0.5	2.2	0.9	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	3 m/s	-45	0.5	1.0	0.7	75	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	3 m/s	90	0.2	2.0	0.8	75	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	3 m/s	-45	0.5	1.1	0.8	95	2
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	3 m/s	-45	0.5	1.1	0.7	90	2
เฉลี่ย							86.5	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	3 m/s	90	0.5	0.9	0.7	90	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	3 m/s	90	0.5	1.5	0.8	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	3 m/s	90	0.6	1.1	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	3 m/s	90	0.6	1.1	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	3 m/s	-45	0.5	1.5	1.0	95	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	3 m/s	45	0.6	1.4	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	3 m/s	45	0.5	0.9	0.7	85	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	3 m/s	90	0.8	1.5	1.2	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	3 m/s	90	0.6	1.8	1.2	95	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	3 m/s	45	0.4	1.1	0.8	85	2
เฉลี่ย							94.5	2

เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 3m/s รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) มีค่าการกระจายตัวเฉลี่ยสูงที่สุด = 94.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 แสดงผลการทดลองรวม : ลักษณะการเคลื่อนที่ลมภายในห้องที่เหมาะสมที่สุดกับรูปแบบช่องเปิดแต่ละแบบเมื่อความเร็วลมภายนอก = 5 m/s (ตามรูปร่างช่องเปิด)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
จตุรัส - จตุรัส (S - S)	S — S	5 m/s	45	0.4	3.4	1.4	55	2
จตุรัส - แนวนอน (S -HR)	S — HR	5 m/s	-45	0.6	3.6	1.7	70	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VR)	S — VR	5 m/s	45	0.4	3.4	1.6	50	2
จตุรัส - จตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	S — P	5 m/s	45	0.5	4.8	1.4	75	2
จตุรัส - แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	S — P	5 m/s	-45	0.5	1.4	0.8	75	2
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	S — P	5 m/s	45	0.5	4.8	1.5	75	2
เฉลี่ย							66.67	2
แนวนอน - จตุรัส (HR - S)	HR — S	5 m/s	45	0.7	3.3	1.7	55	3
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	HR — HR	5 m/s	45	0.7	2.9	1.4	70	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	HR — VR	5 m/s	45	0.8	2.9	1.9	60	3
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	HR — L	5 m/s	45	0.8	3.0	1.9	60	3
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	HR — R	5 m/s	-45	0.8	3	1.9	60	3
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	HR — U	5 m/s	45	0.6	3.5	2.0	50	3
แนวนอน - จตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	HR — P	5 m/s	-45	0.4	1.5	0.9	75	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	HR — P	5 m/s	-45	0.5	1.5	1.0	95	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	HR — P	5 m/s	-45	0.3	1.5	0.7	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	HR — PL	5 m/s	-45	0.5	1.9	0.8	90	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	HR — PR	5 m/s	-45	0.4	1.5	0.9	80	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	HR — PU	5 m/s	-45	0.6	1.5	0.8	100	2
เฉลี่ย							72.98	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - S)	VR — S	5 m/s	45	0.5	3.7	1.6	60	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	VR — HR	5 m/s	-45	0.7	3.3	1.5	70	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	VR — VR	5 m/s	-45	0.6	3.9	1.7	65	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	VR — L	5 m/s	45	0.6	3.2	1.5	65	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	VR — R	5 m/s	-45	0.7	3.2	1.5	65	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	VR — U	5 m/s	90	0.8	4.2	2.1	60	2
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	VR — P	5 m/s	45	0.6	4.8	1.4	85	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	VR — P	5 m/s	90	0.6	3.9	1.4	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	VR — P	5 m/s	45	0.6	5.0	1.5	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	VR — PL	5 m/s	90	0.6	3.3	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	VR — PR	5 m/s	-45	0.3	1.7	0.9	80	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	VR — PU	5 m/s	-45	0.6	1.1	0.8	100	2
เฉลี่ย							75	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13(ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	5 m/s	45	0.8	2.7	1.3	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	5 m/s	45	0.9	3.3	1.4	75	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	5 m/s	45	0.9	3.2	1.4	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	5 m/s	45	0.7	2.8	1.3	80	2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	5 m/s	45	0.8	2.8	1.4	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	5 m/s	45	0.6	3.9	1.5	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	5 m/s	-45	0.4	1.3	0.8	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	5 m/s	-45	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	5 m/s	-45	0.3	0.9	0.7	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	5 m/s	-45	0.5	1.2	0.8	80	2
เฉลี่ย							84	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	5 m/s	-45	0.8	2.7	1.3	85	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	5 m/s	-45	0.9	3.3	1.4	75	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	5 m/s	-45	0.7	2.8	1.3	80	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	5 m/s	-45	0.9	3.2	1.4	80	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	5 m/s	-45	0.8	2.8	1.4	85	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	5 m/s	-45	0.5	1.3	0.8	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	5 m/s	-45	0.5	1.2	0.7	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	5 m/s	90	0.6	2.7	1.0	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	5 m/s	-45	0.6	1.5	0.9	100	2
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	5 m/s	-45	0.6	1.1	0.8	100	2
เฉลี่ย							88.5	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	5 m/s	90	0.5	1.5	0.9	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	5 m/s	90	0.6	1.7	0.9	90	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	5 m/s	90	0.8	1.3	1.0	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	5 m/s	90	0.8	1.3	1.0	100	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	5 m/s	90	0.7	1.2	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	5 m/s	-45	0.6	1.5	0.8	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	5 m/s	45	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	5 m/s	-45	0.5	1.1	0.8	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	5 m/s	45	0.6	1.4	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	5 m/s	45	0.6	1.4	1.0	100	2
เฉลี่ย							98	2

เมื่อลมภายนอกมีความเร็ว 5m/s รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) มีค่าการกระจายตัวเฉลี่ยสูงที่สุด = 98 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ความเร็วลมภายนอก

ความเร็วลมภายนอกนั้นส่งผลกับความเหมาะสมของระดับความเร็วลมภายในห้องตามที่มนุษย์ต้องการโดยตรงและยังสัมพันธ์กับรูปแบบของช่องเปิดด้วย โดยรูปแบบช่องเปิดลักษณะหนึ่งต้องการความเร็วลมภายนอกระดับหนึ่งเท่านั้นก็เพียงพอกับความต้องการของมนุษย์แล้วแต่เมื่อความเร็วลมภายนอกนั้นสูงขึ้นจะทำให้ความเร็วลมภายในสูงขึ้นจนเกินกว่าระดับที่มนุษย์ต้องการด้วย ถ้าความเร็วลมภายนอกต่ำลงระดับความเร็วลมภายในก็จะลดต่ำลงเช่นกัน แต่ในบางครั้งรูปแบบช่องเปิดลักษณะหนึ่งอาจตอบสนองกับระดับความเร็วลมภายนอกที่ต่างกันได้เหมือนกันแสดงว่าเราอาจไม่จำเป็นที่จะต้องการความเร็วลมภายนอกที่สูงกว่าเสมอไป ดังนั้นแต่ละรูปแบบช่องเปิดจึงไม่จำเป็นที่จะต้องการความเร็วลมภายนอกที่สูงกว่าเสมอไป

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 3 m/s

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 1 m/s

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 3 m/s

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 3 m/s

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 3 m/s

ช่องเปิดทางเข้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) นั้นต้องการความเร็วลมภายนอกประมาณ 3-5 m/s

จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วภายนอกต่ำนั้นช่องเปิดทางเข้าที่ตอบสนองได้ดีที่สุดคือช่องเปิดทางเข้าที่มีรูปร่างและตำแหน่งใกล้เคียงการใช้งานของมนุษย์ภายในห้องมากที่สุดนั้นคือ สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ดังนั้นแสดงว่า ความเร็วลมภายนอกสัมพันธ์กับรูปแบบของช่องเปิดทางเข้า โดย **รูปแบบของช่องเปิดทางเข้าที่ใกล้เคียงกับพื้นที่การใช้งานภายในจะตอบสนองได้ดีกับความเร็วลมภายนอกที่ต่ำ แต่รูปแบบช่องเปิดทางเข้าที่ต่างจากพื้นที่การใช้งานภายในห้องจะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็วลมสูงกว่า**

แต่ที่กล่าวมามิใช้ผลสรุปที่แน่นอนเสมอไปเนื่องจากยังมีผลกระทบอย่างอื่นอีกด้วยที่ทำให้ความต้องการความเร็วลมภายนอกนั้นเปลี่ยนแปลงไป เช่น รูปร่างช่องเปิดทางออก, ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิด, ตำแหน่งของช่องเปิด และปัจจัยที่นอกเหนือจากงานวิจัยนี้ เช่น ขนาดของช่องเปิด, ลักษณะการเปิดของช่องเปิด, สิ่งกีดขว้างทั้งในห้องและบริเวณช่องเปิด ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

ตารางที่ 3.14 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1 : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
จตุรัส – จัตุรัส (S - S)	3 m/s	-45	0.2	1.8	1.0	65	2
จตุรัส – แนวนอน (S -HR)	3 m/s	90	0.3	2.3	1.1	70	2
จตุรัส – แนวตั้ง (S - VR)	1 m/s	-45	0.2	1.1	0.7	65	2
แนวนอน – จัตุรัส (HR - S)	1 m/s	90	0.8	1.1	1.0	100	2
แนวนอน – แนวนอน (HR - HR)	1 m/s	90	1.0	1.3	1.2	100	2
แนวนอน – แนวตั้ง (HR - VR)	1 m/s	90	0.8	1.2	1.1	100	2
แนวตั้ง – จัตุรัส (VR - S)	3 m/s	90	0.5	2.4	1.1	75	2
แนวตั้ง – แนวนอน (VR - HR)	3 m/s	-45	0.5	1.9	1.1	85	2
แนวตั้ง – แนวตั้ง (VR - VR)	3 m/s	-45	0.3	2.0	1.0	80	2

รูปร่างช่องเปิดทางเข้าที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ตอบสนองกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า ความเร็วลมภายนอกที่ระดับ 1 m/s เพียงพอกับความต้องการภายในทั่วทั้งห้อง (100%)

รูปร่างช่องเปิดทางเข้าที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) ตอบสนองกับลมภายนอกที่ทำมุม -45° กับช่องเปิดทางเข้า ในระดับความเร็วภายนอกที่ 1-3 m/s ความเร็วลมที่ต้องการกระจายตัวอยู่ในระดับประมาณ 65 %ของพื้นที่ห้องทั้งหมด

รูปร่างช่องเปิดทางเข้าที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) ตอบสนองกับลมภายนอกที่ทำมุม -45° กับช่องเปิดทางเข้า 3 m/s ความเร็วลมที่ต้องการกระจายตัวอยู่ในระดับประมาณ 80-85 %ของพื้นที่ห้องทั้งหมด

แต่ที่แตกต่างออกมาคือ เมื่อช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) และช่องทางออกทางออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) จะเหมาะสมกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า แต่เมื่อช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) และช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) เหมาะสมกับลมภายนอกที่ทำมุม -45°

และอีกรูปร่างหนึ่งคือช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) และช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) ให้การตอบสนองกับลมภายนอกใกล้เคียงกันมากทั้งกับลมที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าและลมที่ทำมุมเอียงกับช่องเปิดทางเข้า ซึ่งต่างจากรูปร่างช่องเปิดทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกอื่นนั้นอาจเกิดจากรูปร่างช่องเปิดที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบกับช่องเปิดทางเข้า-ออกจตุรัส (S) แล้วนั้น ลมภายนอกที่ทำมุมเอียงกับช่องเปิดให้การกระจายตัวภายในห้องดีกว่าอาจเกิดจากการที่ช่องเปิดทางเข้ามีความกว้างครอบคลุมพื้นที่ห้องได้พอสมควรทำให้ลมกระจายตัวได้มากกว่าลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า

จากผลการทดลอง รูปร่างช่องเปิดที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องและตอบสนองต่อกระแสลมภายนอกต่างกัน แต่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปร่างช่องเปิดทางเข้านั้นมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องมากกว่ารูปร่างช่องเปิดทางออกซึ่งสนั้นสนุนทฤษฎีของ Victor Olgyay ที่ได้กล่าวไว้ แต่มิใช่ไม่มีผลเลยรูปร่างช่องเปิดทางออกนั้นจะมีผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องมากขึ้นเมื่อกระแสลมภายนอกนั้นทำมุมเอียงกับช่องเปิดทางเข้า ซึ่งจะเห็นได้จากเมื่อช่องเปิดทางเข้ารูปร่างเดียวกันแต่ช่องเปิดทางออกต่างกันการตอบสนองต่อทิศทางลมภายนอกนั้นแตกต่างกันด้วย เช่น ช่องเปิดทางเข้าจตุรัส (S) –ทางออกจตุรัส (S) ตอบสนองได้ดีกับลมเฉียง -45° กับช่องเปิด แต่เมื่อใช้ช่องเปิดทางออกสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ปรากฏว่าตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเป็นต้น ยกเว้นรูปร่างช่องเปิดทางเข้าที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ซึ่งไม่ว่าจะมีช่องเปิดทางออกรูปร่างใดจะตอบสนองกับทิศทางลมภายนอกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเนื่องจากรูปร่างช่องเปิดทางเข้านั้นครอบคลุมพื้นที่ภายในห้องในระดับที่ต้องการได้ทั่วถึงตลอดทั้งห้อง

ดังนั้นรูปร่างช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออกจึงมีผลกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องตามลักษณะของขอบเขตของรูปร่างช่องเปิด แต่รูปร่างช่องเปิดทางเข้าจะมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องมากกว่ารูปร่างช่องเปิดทางออก ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากลมภายนอกด้วยทั้งทิศทางและคงวามเร็วลมภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

ตารางที่ 3.15 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2 : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบ เมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดอยู่ตรงข้ามกันและตั้งฉากกัน

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
จตุรัส – จัตุรัส (S - S)	3 m/s	-45	0.2	1.8	1.0	65	2
จตุรัส – จัตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	3 m/s	90	0.5	2.0	1.1	80	2
จตุรัส – แนวนอน (S -HR)	3 m/s	90	0.3	2.3	1.1	70	2
จตุรัส – แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	3 m/s	90	0.5	1.8	1.0	80	2
จตุรัส – แนวตั้ง (S - VR)	1 m/s	-45	0.2	1.1	0.7	65	2
จตุรัส – แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	5 m/s	45	0.5	4.8	1.5	75	2
แนวนอน – จัตุรัส (HR - S)	1 m/s	90	0.8	1.1	1.0	100	2
แนวนอน – จัตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	1 m/s	90	0.2	1.0	0.8	80	2
แนวนอน – แนวนอน (HR - HR)	1 m/s	90	1.0	1.3	1.2	100	2
แนวนอน – แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	1 m/s	90	0.6	1.1	1.0	100	2
แนวนอน – แนวตั้ง (HR - VR)	1 m/s	90	0.8	1.2	1.1	100	2
แนวนอน – แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	1 m/s	90	0.3	1.2	0.9	80	2
แนวตั้ง – จัตุรัส (VR - S)	3 m/s	90	0.5	2.4	1.1	75	2
แนวตั้ง – จัตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	5 m/s	45	0.6	4.8	1.4	85	2
แนวตั้ง – แนวนอน (VR - HR)	3 m/s	-45	0.5	1.9	1.1	85	2
แนวตั้ง – แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	3 m/s	90	0.6	2.6	1.1	90	2
แนวตั้ง – แนวตั้ง (VR - VR)	3 m/s	-45	0.3	2.0	1.0	80	2
แนวตั้ง – แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	5 m/s	45	0.6	5.0	1.5	85	2

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปร่างช่องเปิดทางเข้ายังเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญอยู่เช่นเดิม แต่รูปร่างช่องเปิดทางออกนั้นส่งผลกระทบมากขึ้นเมื่ออยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า

โดยเมื่อช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ไม่ว่าช่องเปิดทางออกจะอยู่ตั้งฉากหรืออยู่ตรงข้ามกันยังตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า และต้องการความเร็วลมเพียง 1 m/s เพื่อทำให้ความเร็วลมภายในห้องอยู่ในระดับที่ต้องการ แต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตรูปร่างช่องเปิดทางออกที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (Sp) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VRp) แล้วปรากฏว่า การกระจายตัวนั้นลดลง โดยสังเกตจากผลการทดลองที่ค่าการกระจายตัวลดลงค่าความเร็วเฉลี่ยและค่าความเร็วต่ำสุดลดลงประกอบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมที่ได้จากการทดลองโต๊ะน้ำ

เมื่อรูปร่างช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) รูปร่างช่องเปิดทางออกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเริ่มส่งผลกระทบต่อการตอบสนองกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องมากขึ้น สังเกตได้จากช่องเปิดทางออกที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HRp) จะทำให้ตอบสนองกับลมภายนอกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าดีที่สุด อาจเป็นเพราะช่องเปิดทางออกมีรูปร่างยาวเกือบตลอดความยาวของห้องทำให้บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำที่อยู่ในระดับความสูงที่ต้องการ (60 ซม.) นั้นมีบริเวณกว้างขึ้นทำให้ลมที่เคลื่อนที่เข้ามากระจายตัวกันออกตามขอบเขตของช่องเปิดทางออก แต่ต้องมีความเร็วลมภายนอกที่สูงขึ้นเช่นกันเพื่อให้ลมเข้ามาได้ลึกขึ้น แต่เมื่อช่องเปิดทางออกมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (Sp) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VRp) ปรากฏว่า ช่องเปิดที่ตั้งฉากกันนั้นตอบสนองกับลมภายนอกที่ทำมุม $+45^{\circ}$ และตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าได้ใกล้เคียงกัน สังเกตได้ว่าลมภายนอกที่มีความเร็วลมสูงขึ้นจะทำให้ค่าการกระจายตัวของระดับความเร็วที่ต้องการสูงขึ้นด้วยเช่นกันเพราะลมที่แรงกว่าจะทำให้มีการหนุนวนภายในห้องได้มากกว่าด้วย

เมื่อช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับช่องเปิดทางเข้าที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (S) เพราะรูปร่างช่องเปิดใกล้เคียงกัน แต่ลมภายนอกที่ทำมุม $+45^{\circ}$ จะมีการกระจายตัวที่ดีกว่าลมที่ทำมุมตั้งฉากกับทางเข้ามากขึ้น แต่เมื่อช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HRp) ปรากฏว่าตอบสนองกับลมภายนอกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า

ดังนั้นตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดมีผลกระทบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง แต่ในรายละเอียดที่ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องต่างกันนั้นรูปร่างช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออกต่างมีผลกระทบเมื่อตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยจะส่งผลให้รูปร่างช่องเปิดต่างๆที่ทางเข้า-ออกตั้งฉากกันนั้นตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า และทำมุมเอียง $+45^{\circ}$ กับช่องเปิดทางเข้า ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

ตารางที่ 3.16 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3 : ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสมกับรูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบทั้งหมด

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	—	1 m/s	90	1.0	1.3	1.2	100	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	—	1 m/s	90	0.8	1.2	1.1	100	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	— L	1 m/s	90	0.5	1.2	1.1	95	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	— R	1 m/s	90	0.5	1.2	1.1	95	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	— U	1 m/s	90	0.5	1.2	1.0	90	2
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.6	1.1	1.0	100	2
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	1 m/s	90	0.3	1.2	0.9	80	2
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	1 m/s	90	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	1 m/s	90	0.5	1.2	1.0	90	2
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	5 m/s	-45	0.6	1.5	0.8	100	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	5 m/s	90	0.5	1.5	0.9	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	3 m/s	90	0.5	1.5	0.8	95	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	3 m/s	90	0.6	1.1	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	3 m/s	90	0.6	1.1	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	5 m/s	90	0.7	1.2	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	3 m/s	45	0.6	1.4	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	5 m/s	45	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	3 m/s	90	0.8	1.5	1.2	100	2
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	5 m/s	45	0.6	1.4	0.9	100	2
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	5 m/s	45	0.6	1.4	1.0	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16(ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ความเร็วลม	ทิศทางลมเข้า (องศา)	min.	max.	av.	ค่าการกระจายตัว (%)	Level
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	—	3 m/s	-45	0.5	1.9	1.1	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	—	3 m/s	-45	0.3	2.0	1.0	80	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	— L	3 m/s	90	0.8	2.2	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	— R	3 m/s	90	0.8	2.2	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	— U	1 m/s	90	0.5	1.3	0.8	90	2
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	3 m/s	90	0.6	2.6	1.1	90	2
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	— P	5 m/s	45	0.6	5.0	1.5	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	— PL	5 m/s	90	0.6	3.3	1.2	85	2
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	— PR	3 m/s	90	0.6	2.0	1.0	95	2
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	— PU	5 m/s	-45	0.6	1.1	0.8	100	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	3 m/s	45	0.6	2.6	1.1	95	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	3 m/s	45	0.7	2.2	1.1	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	3 m/s	45	0.5	2.1	1.0	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	3 m/s	45	0.5	1.8	0.9	90	2
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	3 m/s	45	0.7	2.5	1.2	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	3 m/s	45	0.6	2.9	1.3	80	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	5 m/s	-45	0.4	1.3	0.8	90	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	5 m/s	-45	0.6	1.2	0.9	100	2
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	5 m/s	-45	0.3	0.9	0.7	85	2
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	3 m/s	45	0.6	2.1	1.2	80	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	3 m/s	-45	0.7	2.6	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	3 m/s	-45	0.7	2.2	1.1	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	3 m/s	-45	0.5	1.8	0.9	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	3 m/s	-45	0.5	2.1	1.0	85	2
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	3 m/s	-45	0.7	2.5	1.2	85	2
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	5 m/s	-45	0.5	1.3	0.8	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	5 m/s	-45	0.5	1.2	0.7	95	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	5 m/s	90	0.6	2.7	1.0	90	2
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	5 m/s	-45	0.6	1.5	0.9	100	2
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	5 m/s	-45	0.6	1.1	0.8	100	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งของช่องเปิดมีผลกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องด้วย ไม่ว่าจะเป็นทางเข้าหรือทางออก และแสดงผลอย่างชัดเจนในเมื่อตำแหน่งของช่องเปิดต่างๆนั้นเป็นช่องเปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกเมื่อตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดตั้งฉากกัน

ช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ไม่ว่าช่องเปิดทางออกจะอยู่ในตำแหน่งใดช่องเปิดทางเข้าลักษณะนี้ยังคงมีผลกระทบอย่างมากในการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสมกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า แต่ที่แตกต่างออกไปคือเมื่อช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบนที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า (HRpu) นั้นตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุม -45° กับช่องเปิดทางเข้า โดยช่องเปิดทางออกนั้นแม้สัดส่วนจะเท่ากันแต่มีขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดทางเข้า (เพราะทางออกอยู่บนผนังด้านที่ยาวกว่า) ซึ่งลมภายนอกที่มีความเร็วสูง (5m/s) นั้นจะพัดเข้าทั้งทางช่องเปิดทางเข้าและทางออกอัดเข้ามาภายในห้องได้ลึกกว่าทำให้การกระจายตัวของความเร็วลมในระดับที่ต้องการสูงขึ้นด้วย

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกันตำแหน่งของช่องเปิดแสดงให้เห็นผลกระทบอย่างชัดเจน โดยการตอบสนองกับลมภายนอกเปลี่ยนไปตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเนื่องจาก เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกมีรูปร่างเดียวกันแต่อยู่ไม่ตรงกัน (ซ้ายและขวา) ลมที่พัดเข้ามาจะเบนออกไปทางช่องเปิดทางออกทำให้มีการกระจายตัวที่ดีขึ้น และเมื่อความเร็วลมภายนอกสูงพอการกระจายตัวภายในห้องนั้นจะดีขึ้นเช่นกัน และเมื่อช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) จะทำให้การกระจายตัวดีขึ้นเช่นกัน ข้อดีอีกข้อหนึ่งคือลมบริเวณด้านบนที่ปกติความร้อนภายในห้องจะลอยตัวสูงขึ้นนั้นจะถูกพัดออกไปทางช่องเปิดด้านบนเนื่องจากช่องเปิดทางเข้าสูงตั้งแต่ในระดับล่างที่ต้องการพัดผ่านตัวถึงระดับบนที่มีช่องเปิดทางออกอยู่ แต่มีสัดส่วนที่เท่ากันทำให้ลมพัดเข้าในปริมาณที่เพียงพอและครอบคลุมได้ทั่วถึง

เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกัน ตำแหน่งของช่องเปิดทางออกส่งผลกระทบที่แตกต่างกัน โดยถ้าช่องเปิดทางออกอยู่ด้านซ้าย (VRpl) จะตอบสนองดีกับลมภายนอกความเร็วสูง (5m/s) ที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเนื่องจากช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ใกล้กันทำให้ลมภายนอกต้องมีความเร็วสูงเพื่อที่จะอัดเข้ามาได้ลึกและวนออกไปทางช่องเปิดทางออกการกระจายตัวจึงจะทั่วถึง ถ้าช่องเปิดทางออกอยู่ด้านขวา (VRpr) จะตอบสนองกับลมภายนอกในลักษณะเดียวกันแต่ใช้ความเร็วลมที่ต่ำลง (3m/s) เนื่องจากลมจะพัดเข้ามาได้ลึกขึ้นเพราะช่องเปิดทางออกอยู่ลึก ถ้าช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRpu) จะตอบสนองกับลมภายนอกความเร็วสูง (5m/s) ที่ทำมุม -45° กับช่องเปิดทางเข้าด้วยเหตุผลเดียวกับช่องเปิดทางเข้ารูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) แต่ลมจะพัดเข้าทางช่องเปิดทางออกและเคลื่อนที่ออกทางช่องเปิดทางเข้าแทนนั่นเอง

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) เมื่อตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าเปลี่ยนไปจะแสดงผลการตอบสนองกับลมภายนอกได้อย่างชัดเจน โดยเมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกันจะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกความเร็วปานกลาง (3m/s) ที่ทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้ากับช่องเปิดทางออกทุกรูปร่าง เนื่องจากช่องเปิดอยู่ฝั่งเดียวกับลมที่พัดเข้ามาทำให้ลมพัดเข้าช่องเปิดได้อย่างสะดวกและพัดไปสู่พื้นที่ภายในห้องอีกฝั่งหนึ่งของช่องเปิดทำให้ลมที่พัดเอียงเข้ามากระจายตัวภายในห้องได้อย่างทั่วถึง แต่เมื่อช่องเปิดทางออกอยู่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า การตอบสนองกับลมภายนอกเปลี่ยนแปลงไป ช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งด้านล่างและบน (HRp, HRpu) ยังตอบสนองกับลมเอียง 45° แต่ที่เหลือตอบสนองกับลมความเร็วสูง (5m/s) ที่ทำมุมเอียง –45°

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) เมื่อช่องเปิดทางออกอยู่ตรงข้ามกับช่องเปิดทางเข้าจะตอบสนองกับลมภายนอกตรงข้ามกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) คือตอบสนองกับลมภายนอกความเร็วปานกลาง (3m/s) ที่ทำมุมเอียง –45° กับช่องเปิดทางเข้าเนื่องจากช่องเปิดทางเข้าอยู่ฝั่งเดียวกับทิศทางลมเข้าลักษณะเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) แต่เมื่อช่องเปิดทางออกอยู่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าเกือบทุกรูปร่างของช่องเปิดทางออกจะตอบสนองกับลมภายนอกความเร็วสูงที่ทำมุมเอียง –45° กับช่องเปิดทางเข้าด้วยเหตุผลลักษณะเดียวกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) และเนื่องจากช่องเปิดทางเข้าอยู่ฝั่งเดียวกับลมและติดกับผนังด้านที่มีช่องเปิดทางออกทำให้ห้องนี้เหมือนมีช่องเปิดทางเข้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นแต่ไม่มีช่องเปิดทางออก แต่ด้วยความแรงของลมทำให้ลมพัดเข้ามาทางช่องเปิดทางเข้าขนาดใหญ่นี้ได้ทั่วถึงทั้งห้อง ยกเว้นช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกัน ทุกรูปร่างของช่องเปิดทางออกจะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกความเร็วปานกลางถึงสูง (3-5m/s) ที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าในลักษณะเดียวกับช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านล่าง (HR) แต่เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกันจะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกความเร็วสูงที่ทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้า ยกเว้นช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกความเร็วปานกลาง (3m/s) ที่ทำมุมตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตำแหน่งของช่องเปิดทั้งทางเข้าและทางออกมีผลกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้งสิ้นโดยจะมีผลกระทบมากขึ้นเมื่อใช้เป็นช่องเปิดทางเข้าหรือเมื่อเป็นช่องเปิดทางออกที่ตั้งฉากกับช่องเปิดทางเข้าทำให้รูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบนั้นเหมาะสมกับลมภายนอกแตกต่างกัน โดยจะตอบสนองกับลมภายนอกได้ดีเมื่อช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งเดียวกับทิศทางลมเข้าหรือครอบคลุมพื้นที่ผนังได้อย่างทั่วถึงและช่องเปิดทางออกกับทางเข้าครอบคลุมพื้นที่ของห้องมากที่สุดทำให้ลมเคลื่อนที่ผ่านห้องมากที่สุดด้วย แต่โดยในรายละเอียดของลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นตำแหน่งของช่องเปิดยังส่งผลที่แตกต่างกันในเรื่องของลักษณะการกระจายตัวภายในห้องแต่ละพื้นที่ภายในห้องที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลองรวม

ตารางที่ 3.17 แสดงรูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่ตอบสนองกับลักษณะของลมภายนอกแต่ละแบบได้อย่างเหมาะสมที่สุด (เรียงตามรูปร่างช่องเปิดทางเข้า)

ทิศทางลมภายนอก		90 องศา						45 องศา						- 45 องศา					
ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิด		ตรงข้ามกัน			ตั้งฉากกัน			ตรงข้ามกัน			ตั้งฉากกัน			ตรงข้ามกัน			ตั้งฉากกัน		
ช่องเปิดทางเข้า	ความเร็วลมภายนอก	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% ค่าการกระจายตัว	ระดับความเร็วลม
S	1 m/s	S - HR	60	2	S - HRp	55	1	S - VR	50	1,2	S - HRp	55	1	S - VR	65	2	S - HRp	90	1
	3 m/s	S - HR	70	2	S - HRp	80	2	S - VR	65	2	S - HRp	80	2	S - S	65	2	S - VRp	55	2
	5 m/s	S - HR	60	2	S - VRp	70	2	S - HR	65	2	S - VRp	75	2	S - HR	70	2	S - HRp	75	2
HR	1 m/s	HR - HR	100	2	HR - HRp	100	2	HR - VRr	90	2	HR - HRpu	80	2	HR - VRl	90	2	HR - HRp	60	1
	3 m/s	HR - S	60	3	HR - Sp	65	2	HR - HR	100	2	HR - HRpu	60	2	HR - HR	95	2	HR - VRpr	80	2
	5 m/s	HR - VR	85	3	HR - HRpu	55	2	HR - HR	70	2	HR - HRp	65	2	HR - HR	55	2	HR - HRpu	100	2
VR	1 m/s	VR - HRu	90	2	VR - VRpr	55	2	VR - HRu	75	2	VR - Sp	50	1,2	VR - HRu	75	2	VR - VRpr	75	1
	3 m/s	VR - VRl(r)	85	2	VR - VRpr	95	2	VR - HRu	80	2	VR - VRp	80	2	VR - HR	85	2	VR - HRpu	95	2
	5 m/s	VR - HRu	60	2	VR - VRpl	85	2	VR - HR	70	2	VR - Sp	85	2	VR - HR	70	2	VR - HRpu	100	2
VRl	1 m/s	VRl - HRu	80	2	VRl - VRpl	80	2	VRl - HRu	80	2	VRl - VRp	75	2	VRl - HRu	55	2	VRl - HRpu	85	1
	3 m/s	VRl - HR	70	2	VRl - HRp	75	2	VRl - HR	95	2	VRl - VRp	80	2	VRl - HR	90	2	VRl - VRpl	80	2
	5 m/s	VRl - VRr	70	2	VRl - HRp	60	2	VRl - HR	85	2	VRl - HRp	80	2	VRl - VRr	80	2	VRl - VRpl	100	2
VRr	1 m/s	VRr - HRu	80	2	VRr - HRpu	70	1	VRr - HR	60	2	VRr - HRpu	65	1	VRr - HRu	80	2	VRr - VRpr	75	1
	3 m/s	VRr - HR	70	2	VRr - HRp	90	2	VRr - HR	90	2	VRr - HRp	75	2	VRr - VR	90	2	VRr - VRpr	95	2
	5 m/s	VRr - VRl	70	2	VRr - VRpl	90	2	VRr - VRl	80	2	VRr - HRpu	95	2	VRr - HR	85	2	VRr - VRpr	100	2
HRu	1 m/s	HRu - VRr	60	1	HRu - HRp	80	2	HRu - VRl	55	1	HRu - VRpl	70	2	HRu - VRr	55	1	HRu - VRpr	70	1
	3 m/s	HRu - VRr	100	2	HRu - VRpl	100	2	HRu - VRl	95	2	HRu - HRp	100	2	HRu - HRu	95	2	HRu - HRp	85	2
	5 m/s	HRu - VRr	100	2	HRu - HRpu	65	2	HRu - VR	85	2	HRu - HRpu	100	2	HRu - VR	85	2	HRu - HRpu	100	2

* หมายเหตุ : S (Sp) = สี่เหลี่ยมจตุรัส [ ] [P] , HR (HRp) = สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน [ ] [P] , HRu (HRpu) = สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน [U] [PU] ,

VR (VRp) = สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง [ ] [P] ,VRl (VRpl) = สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย [L] [PL] , VRr (VRpr) = สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา [R] [PR]

ตารางที่ 3.18 แสดงค่าการกระจายตัวรวมของรูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบทุกลักษณะลมภายนอก (ทั้งทิศทางลม และ ความเร็วลมทุกแบบ) โดยเรียงตามรูปร่างช่องเปิดทางเข้า

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ค่าการกระจายตัว (%) เมื่อลมภายนอกแต่ละความเร็วทำมุมต่างๆกับช่องเปิดทางเข้า								
		ที่ 90 องศา			ที่ 45 องศา			ที่ -45 องศา		
		1 m/s	3 m/s	5 m/s	1 m/s	3 m/s	5 m/s	1 m/s	3 m/s	5 m/s
จตุรัส - จตุรัส (S - S)	S – S	50	55	40	35	40	55	45	65	50
จตุรัส - แนวนอน (S -HR)	S – HR	60	70	60	60	50	65	50	65	70
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VR)	S – VR	50	65	45	65	65	50	65	60	45
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		53.33	63.33	48.33	53.33	51.67	56.67	53.33	63.33	55.00
จตุรัส - จตุรัส (S - Sp) (ตั้งฉากกัน)	S – F	35	80	70	40	75	75	0	50	65
จตุรัส - แนวนอน (S - HRp) (ตั้งฉากกัน)	S – P	45	80	65	45	80	65	10	40	75
จตุรัส - แนวตั้ง (S - VRp) (ตั้งฉากกัน)	S – F	35	65	70	45	65	75	0	55	65
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		38.33	75.00	68.33	43.33	73.33	71.67	3.33	48.33	68.33
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		45.83	69.17	58.33	48.33	62.50	64.17	28.33	55.83	61.67
แนวนอน - จตุรัส (HR - S)	HR – S	100	40	0	60	85	45	60	75	45
แนวนอน - แนวนอน (HR - HR)	HR – HR	100	0	0	55	100	70	65	95	55
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VR)	HR – VR	100	30	0	65	80	40	75	70	35
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRl)	HR – L	95	10	10	60	45	40	90	15	15
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRr)	HR – R	95	10	10	90	15	15	60	45	40
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hru)	HR – U	90	30	10	70	55	40	90	45	40
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		96.67	20.00	5.00	66.67	63.33	41.67	73.33	57.50	38.33
แนวนอน - จตุรัส (HR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	HR – F	80	65	40	40	35	55	10	35	75
แนวนอน - แนวนอน (HR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	HR – P	100	30	10	35	60	65	40	80	95
แนวนอน - แนวตั้ง (HR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	HR – F	80	40	40	45	60	60	15	80	80
แนวนอน - แนวตั้งซ้าย (HR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	HR – PL	100	50	25	80	60	35	15	65	90
แนวนอน - แนวตั้งขวา (HR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	HR – PR	90	35	25	50	35	50	40	80	80
แนวนอน - แนวนอนบน (HR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	HR – PU	75	50	55	80	60	45	15	80	100
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		87.50	45.00	32.50	55.00	51.67	51.67	22.50	70.00	86.67
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		92.08	32.50	18.75	60.83	57.50	46.67	47.92	63.75	62.50
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - S)	VR – S	50	75	50	50	60	60	65	70	55
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HR)	VR – HR	65	70	50	55	65	70	60	85	70
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VR)	VR – VR	60	55	50	45	70	55	50	80	65
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRl)	VR – L	65	85	45	45	70	65	65	70	55
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRr)	VR – R	65	85	45	65	70	55	45	70	65
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hru)	VR – U	90	65	60	75	80	45	75	80	45
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		65.83	72.50	50.00	55.83	69.17	58.33	60.00	75.83	59.17
แนวตั้ง - จตุรัส (VR - Sp) (ตั้งฉากกัน)	VR – F	40	80	75	50	75	85	0	50	65
แนวตั้ง - แนวนอน (VR - HRp) (ตั้งฉากกัน)	VR – P	45	90	80	40	75	75	20	45	75
แนวตั้ง - แนวตั้ง (VR - VRp) (ตั้งฉากกัน)	VR – F	35	80	75	40	80	85	5	55	55
แนวตั้ง - แนวตั้งซ้าย (VR - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	VR – PL	35	80	85	50	70	80	0	40	75
แนวตั้ง - แนวตั้งขวา (VR - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	VR – PR	55	95	75	20	60	75	25	75	80
แนวตั้ง - แนวนอนบน (VR - Hrpu) (ตั้งฉากกัน)	VR – PU	50	70	75	45	75	70	5	95	100
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		43.33	82.50	77.50	40.83	72.50	78.33	9.17	60.00	75.00
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		54.58	77.50	63.75	48.33	70.83	68.33	34.58	67.92	67.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 (ต่อ)

รูปร่างช่องเปิด (ทางเข้า - ทางออก)	สัญลักษณ์	ค่าการกระจายตัว (%) เมื่อลมภายนอกแต่ละความเร็วทำมุมต่างๆกับช่องเปิดทางเข้า								
		ที่ 90 องศา			ที่ 45 องศา			ที่ -45 องศา		
		1 m/s	3 m/s	5 m/s	1 m/s	3 m/s	5 m/s	1 m/s	3 m/s	5 m/s
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HR)	L —	65	70	65	55	95	85	30	90	75
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VR)	L —	45	50	60	50	90	75	40	60	70
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRl)	L — L	70	70	70	55	85	80	45	65	70
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRr)	L — R	45	60	70	50	90	80	40	90	80
แนวตั้งซ้าย-แนวนอนบน (VRl - HRu)	L — U	80	65	60	80	85	85	55	70	65
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		61.00	63.00	65.00	58.00	89.00	81.00	42.00	75.00	72.00
แนวตั้งซ้าย - แนวนอน (VRl - HRp) (ตั้งฉากกัน)	L — P	70	80	60	30	80	80	15	45	65
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้ง (VRl - VRp) (ตั้งฉากกัน)	L — F	70	75	30	75	80	50	0	40	90
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งซ้าย (VRl - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	L — PL	80	70	60	70	70	45	10	80	100
แนวตั้งซ้าย - แนวตั้งขวา (VRl - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	L — PR	65	55	40	70	80	25	0	55	85
แนวตั้งซ้าย - แนวนอนบน (VRl - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	L — PU	75	60	25	75	80	65	15	70	80
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		72.00	68.00	43.00	64.00	78.00	53.00	8.00	58.00	84.00
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		66.50	65.50	54.00	61.00	83.50	67.00	25.00	66.50	78.00
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HR)	R —	65	70	65	60	90	75	45	90	85
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VR)	R —	45	50	60	40	60	70	50	90	75
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRl)	R — L	45	60	70	40	90	80	50	90	80
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRr)	R — R	70	70	70	45	65	70	55	85	80
แนวตั้งขวา-แนวนอนบน (VRr - HRu)	R — U	80	65	60	55	70	65	80	85	85
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		61.00	63.00	65.00	48.00	75.00	72.00	56.00	88.00	81.00
แนวตั้งขวา - แนวนอน (VRr - HRp) (ตั้งฉากกัน)	R — P	25	90	80	25	75	80	5	70	95
แนวตั้งขวา - แนวตั้ง (VRr - VRp) (ตั้งฉากกัน)	R — F	25	70	80	10	45	75	5	75	95
แนวตั้งขวา - แนวตั้งซ้าย (VRr - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	R — PL	25	75	90	5	5	10	0	55	70
แนวตั้งขวา - แนวตั้งขวา (VRr - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	R — PR	30	65	70	25	50	85	25	95	100
แนวตั้งขวา - แนวนอนบน (VRr - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	R — PU	30	65	75	35	75	95	5	90	100
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		27.00	73.00	79.00	20.00	50.00	69.00	8.00	77.00	92.00
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		44.00	68.00	72.00	34.00	62.50	70.50	32.00	82.50	86.50
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HR)	U —	0	90	95	25	70	75	25	65	75
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VR)	U —	5	95	90	30	90	85	30	90	85
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRl)	U — L	35	100	100	45	95	85	35	85	80
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRr)	U — R	40	100	100	30	90	80	45	95	85
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRu)	U — U	0	95	100	45	90	30	45	95	25
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตรงข้ามกัน)		16.00	96.00	97.00	35.00	87.00	71.00	36.00	86.00	70.00
แนวนอนบน - แนวนอน (HRu - HRp) (ตั้งฉากกัน)	U — P	80	40	60	30	100	80	5	85	100
แนวนอนบน - แนวตั้ง (HRu - VRp) (ตั้งฉากกัน)	U — F	65	70	45	0	85	100	5	60	75
แนวนอนบน - แนวตั้งซ้าย (HRu - VRpl) (ตั้งฉากกัน)	U — PL	80	100	55	70	90	50	0	70	95
แนวนอนบน - แนวตั้งขวา (HRu - VRpr) (ตั้งฉากกัน)	U — PR	70	95	55	5	20	100	30	80	85
แนวนอนบน - แนวนอนบน (HRu - HRpu) (ตั้งฉากกัน)	U — PU	75	80	65	20	85	100	15	80	100
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (ตั้งฉากกัน)		74.00	77.00	56.00	25.00	76.00	86.00	11.00	75.00	91.00
ค่าการกระจายตัวเฉลี่ยรวม		45.00	86.50	76.50	30.00	81.50	78.50	23.50	80.50	80.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.17 และ ตารางที่ 3.18 แสดงให้เห็นว่ารูปร่างของช่องเปิดทางเข้าเป็นปัจจัยหลักในการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องและรูปร่างช่องเปิดทางออกเป็นปัจจัยรองโดยส่งผลกระทบในรายละเอียดของการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องซึ่งมีผลทำให้รูปร่างช่องเปิดแต่ละแบบตอบสนองกับลักษณะของลมภายนอกได้แตกต่างกันโดยจะกล่าวแยกตามลักษณะของรูปแบบช่องเปิดต่างๆดังนี้

เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกัน

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 1 m/s และทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมจตรัส (S) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (45°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 5 m/s ที่ทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้า

เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกัน จะทำให้การกระจายตัวสูงขึ้นกว่าช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งเมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกันรูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบจะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกต่างจากช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกันดังนี้

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 1 m/s และทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมจตรัส (S) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (90°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s และทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 5 m/s และทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRu) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 5 m/s ที่ทำมุมเอียง (-45^{o}) กับช่องเปิดทางเข้า

ส่วนตำแหน่งช่องเปิด จากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่กล่าวมาสังเกตได้ว่าตำแหน่งของช่องเปิดทางด้านซ้ายหรือขวาจะตอบสนองได้ดีกับทิศทางลมภายนอกที่พัดมาทางเดียวกับตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก (ตามผัง) แต่ตำแหน่งของช่องเปิดที่อยู่บนหรือล่างนั้นจะตอบสนองได้ดีกับความเร็วลมที่เปลี่ยนไปดังนี้

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และ แนวนอนด้านบน (HRu) ตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก (90^{o}) กับช่องเปิดทางเข้า แต่สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ตอบสนองได้ดีลมภายนอกที่มีความเร็ว 1 m/s ส่วนสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HRpu) ตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3และ5 m/s

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) และขวา (VRr) ตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่มีความเร็ว 3 m/s แต่สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนตั้งด้านซ้าย (VRl) ตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมเอียง (45^{o}) กับช่องเปิดทางเข้า แต่ สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมเอียง (-45^{o}) กับช่องเปิดทางเข้า (ลมภายนอกทั้ง 2 องศานั้นพัดมาทางเดียวกับตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้า) ส่วนสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง (VR) นั้นตอบสนองได้ดีเมื่อลมภายนอกมีความเร็วลม 3 m/s และพัดทำมุมตั้งฉาก 90^{o} กับช่องเปิดทางเข้า

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่างๆของรูปร่างช่องเปิดมีผลกระทบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้งสิ้น โดยรูปร่างของช่องเปิดนั้นมีผลตามแต่รูปร่างของช่องเปิดที่ครอบคลุมพื้นที่ผนังและพื้นที่ภายในห้องที่แตกต่างกัน ตำแหน่งของผนังที่มีช่องเปิดตอบสนองได้แตกต่างกันอย่างชัดเจน รวมถึงตำแหน่งของช่องเปิดด้วยที่ส่งผลทำให้แตกต่างกันมากขึ้นอีก โดยแต่ละปัจจัยเมื่อมารวมกันจะเกิดการตอบสนองที่แตกต่างกันด้วยแต่ละปัจจัยมีอิทธิพลซึ่งกันและกัน ซึ่งเราสามารถนำแต่ละปัจจัยที่มีความเหมาะสมกับลมภายนอกที่ต่างกันนี้ไปใช้ในการออกแบบช่องเปิดของห้องนอนที่มีสภาพความเป็นจริงที่แตกต่างกันตามแต่ลักษณะของลมภายนอกในพื้นที่นั้นๆ ตำแหน่งของห้องนอน และทิศทางหรือการหันติดต่อกับภายนอกของผนังห้องนอน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่เหมาะสมกับสภาพนั้นๆมากที่สุด แต่นอกจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องในงานวิจัยนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่นอีกที่นอกเหนือจากงานวิจัยนี้คือ ลักษณะการเปิดของช่องเปิด สิ่งกีดลมขวางที่ช่องเปิด สิ่งกีดขวางลมภายในห้อง เป็นต้นซึ่งจะทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเปลี่ยนแปลงไปทั้งสิ้นซึ่งหวังว่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องรูปร่างช่องเปิดกับปัจจัยต่างๆต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย

4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรต่างๆที่ศึกษาในการทดลอง ลักษณะของกระแสลมภายนอกทั้งทิศทางและความเร็วลม, รูปร่างช่องเปิดทางเข้า-ออก, ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิด และ ตำแหน่งของช่องเปิด นั้นต่างมีผลกระทบและมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องทั้งสิ้น โดยแต่ละปัจจัยต่างมีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องที่แตกต่างกัน และมีผลต่อกันและกันด้วย จากการศึกษาโดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆมาทำการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่า**ลักษณะของลมภายนอกที่แตกต่างกันแต่ละแบบทำให้รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกแต่ละแบบตอบสนองกับลมภายนอกแตกต่างกันออกไปซึ่งส่งผลทำให้การเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน** ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสรุปผลการทดลองโดยนำเสนอว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกแบบใดบ้างที่เหมาะสมกับลมภายนอกในแต่ละลักษณะตามที่ได้กำหนดไว้ในการทดลองดังนี้

4.1.1 รูปแบบช่องเปิด (ทางเข้า-ออก) ที่เหมาะสมกับลักษณะลมภายนอกแต่ละแบบได้ดีที่สุด (ตามที่กำหนดไว้ในการทดลอง)

ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปรูปแบบช่องเปิด (ทางเข้า-ออก) ที่ตอบสนองกับลมภายนอกลักษณะต่างๆได้ดีที่สุด

ความเร็วลมภายนอก		1 m/s			3 m/s			5 m/s		
ทิศทางลมภายนอก	ตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิด	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% การกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% การกระจายตัว	ระดับความเร็วลม	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% การกระจายตัว	ระดับความเร็วลม
90°	ตรงข้ามกัน	HR - HR	100	2	HRu - VRr	100	2	HRu - VRr	100	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRp	100	2	HRu - VRpl	100	2	VRr - VRpl	90	2
45°	ตรงข้ามกัน	HR - VRr	90	2	HR - HR	100	2	VRl - HR	85	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRpu	80	2	HRu - HRp	100	2	HRu - HRpu	100	2
-45°	ตรงข้ามกัน	HR - VRl	90	2	HR - HR	95	2	VRr - HR	85	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRp	40	2	VRr - VRpr	95	2	VRr - VRpr	100	2

หมายเหตุ : ระดับความเร็วลม 1 = 0 – 0.5 m/s, ระดับความเร็วลม 2 = 0.6 – 1.5 m/s (Beaufort Scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสรุปผลการทดลองที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมกับลักษณะกระแสลมภายนอกแต่ละลักษณะที่กำหนดไว้ในการทดลองมีดังนี้

4.1.1.1 **เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม** 1 m/s และทำมุมลักษณะต่างๆกับช่องเปิดทางเข้าดังต่อไปนี้

- เมื่อลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้าพบว่า รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR - HR, HR - HRp) ทั้งตรงข้ามและตั้งฉากกันโดยมีค่าการกระจายตัว 100% ทั้งคู่
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้า (ด้านซ้ายของช่องเปิดทางเข้า) พบว่า รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่ออยู่ตรงข้ามกัน (HR – VRr) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 90% และช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมแนวนอน กับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน เมื่อตั้งฉากกัน (HR-HRpu) ให้ค่าการกระจายตัว 80%
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง -45° กับช่องเปิดทางเข้า (ด้านขวาของช่องเปิดทางเข้า) พบว่า รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตรงข้ามกัน (HR – VRl) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 90% และ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอน เมื่อตั้งฉากกัน (HR-HRp) ให้ค่าการกระจายตัว 40%

4.1.1.2 **เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม** 3 m/s และทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าดังนี้

- เมื่อลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่อตรงข้ามกัน (HRu – VRr) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 100% และ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-VRpl) ให้ค่าการกระจายตัว 100% เช่นกัน
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง 45° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (HR – HR) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 100% และ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-HRp) ให้ค่าการกระจายตัว 100% เช่นกัน
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง -45° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (HR – HR) ซึ่งให้ค่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายตัว 95% และ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวตั้งด้านขวา เมื่อตั้งฉากกัน (VRr-VRpr) ให้ค่าการกระจายตัว 95% เช่นกัน

4.1.1.3 เมื่อกระแสลมภายนอกที่มีความเร็วลม 5 m/s และทำมุมกับช่องเปิดทางเข้า ดังนี้

- เมื่อลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา เมื่อตรงข้ามกัน (HRu – VRr) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 100% และ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-VRpl) ให้ค่าการกระจายตัว 90%
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง 45° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้ายกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (VRl – HR) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 85% และ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวนอนด้านบน เมื่อตั้งฉากกัน (HRu-HRpu) ให้ค่าการกระจายตัว 100%
- เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง -45° พบว่ารูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวากับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน เมื่อตรงข้ามกัน (VRr – HR) ซึ่งให้ค่าการกระจายตัว 95% และ ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมแนวตั้งด้านขวา เมื่อตั้งฉากกัน (VRr-VRpr) ให้ค่าการกระจายตัว 95% เช่นกัน

4.1.2 รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมในกรุงเทพมหานคร

สำหรับกรุงเทพมหานครนั้นจากข้อมูลภูมิอากาศ (คาบ 10 ปี 2534-2543) ของกรมอุตุนิยมวิทยา (ภาคผนวก ก.) แสดงให้เห็นว่าลมประจำถิ่นของกรุงเทพมหานครนั้นส่วนใหญ่พัดมาจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงฤดูร้องและฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องการลมเพื่อช่วยสร้างความสบาย (ส่วนฤดูหนาวพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1.16 m/s จึงทำให้ผู้ทำวิจัยขอสรุปและเสนอแนะรูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับสภาพของกระแสลมภายนอกในเขตกรุงเทพมหานครด้วยผลการทดลองของรูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมที่สุดกับลมภายนอกที่มีความเร็วลม 1 m/s ในลักษณะต่างๆ ซึ่งจะแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ในหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางสรุปรูปแบบช่องเปิด (ทางเข้า-ออก) ที่ตอบสนองกับลมภายนอกลักษณะต่างๆได้ดีที่สุดในเขตกรุงเทพมหานคร

ความเร็วลมภายนอก		1 m/s (ก.ท.ม. 1.16 m/s)		
ทิศทางลมภายนอก	ตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทาง ออก	รูปร่างช่องเปิด (เข้า-ออก)	% การกระจายตัว	ระดับความเร็วลมภายในห้อง
90°	ตรงข้ามกัน	HR - HR	100 %	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRp	100 %	2
45°	ตรงข้ามกัน	HR – VRr*	90 %	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRpu	80 %	2
-45°	ตรงข้ามกัน	HR – VRl*	90 %	2
	ตั้งฉากกัน	HR - HRp	40 %	2

หมายเหตุ : ระดับความเร็วลม 1 = 0 – 0.5 m/s, ระดับความเร็วลม 2 = 0.6 – 1.5 m/s (Beaufort Scale)

* หมายถึง การมองตำแหน่งช่องเปิดจากด้านใน

ช่องเปิดทางเข้า-ออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR – HR) จะตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก (90°) กับช่องเปิดทางเข้า (ทั้งช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามและตั้งฉากกัน) และตอบสนองได้ดีกับลมภายนอกที่ทำมุมเอียง (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกัน (HR – HRp)

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน (HR – HRpu) จะตอบสนองได้ดีกับลมลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก (45°) กับช่องเปิดทางเข้า เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตั้งฉากกัน

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (HR – VRr) จะตอบสนองได้ดีกับลมลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก (45°) กับช่องเปิดทางเข้า เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกัน

ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนกับช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR – VRl) จะตอบสนองได้ดีกับลมลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก (-45°) กับช่องเปิดทางเข้า เมื่อช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาผู้ทำวิจัยได้พบว่าในการทำการทดลองถ้าได้ทำในอุโมงค์ลมที่มีการเคลื่อนที่ของควันประกอบด้วยจะทำให้ได้ข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมที่เป็น 3 มิติเห็นการหมุนวนของลมอย่างชัดเจน และในการทดลองพบว่าจากใช้อัตราส่วนช่องเปิดเป็นตัวกำหนดขนาดของช่องเปิดถ้าสภาพห้องในการทดลองไม่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสจะทำให้ช่องเปิดทางเข้า-ออกมีขนาดต่างกันเมื่ออยู่ตั้งฉากกันทำให้มีผลกระทบจากเรื่องขนาดช่องเปิดด้วยดังนั้นจึงควรกำหนดขนาดของช่องเปิดให้เท่ากันเพื่อควบคุมตัวแปรในการทดลองให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และนอกจากปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาแล้วนั้นยังมีปัจจัยอีกหลายประการที่มีผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลมภายในห้อง เช่น ลักษณะการเปิดของช่องเปิด, ขนาดของช่องเปิด, สิ่งกีดขวางทั้งในและนอกห้อง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลต่างๆได้มีการศึกษาไว้โดยนักวิจัยอีกหลายท่าน ผู้ทำวิจัยจึงนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนรูปแบบช่องเปิดที่ส่งผลต่อการตอบสนองของลมที่ชัดเจนและละเอียดยิ่งขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านหรือนักวิจัยท่านอื่นได้นำข้อมูลไปประกอบกับงานวิจัยอื่นๆเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบช่องเปิดต่อไป

จากบทสรุปที่ได้กล่าวมาผู้ทำวิจัยได้นำการสรุปมาสู่ข้อเสนอแนะด้วยการนำรูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับห้องนอนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบบ้านที่ได้มีการก่อสร้างไว้แล้วมาออกแบบเป็นแบบบ้านที่ใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออกดังกล่าว**สำหรับห้องนอนเท่านั้น** แต่โดยปกติเมื่อมีช่องเปิดที่ใช้ในการระบายอากาศนั้นก็จะทำให้แสงแดดและความร้อนสามารถผ่านเข้ามาได้ด้วย ผู้ทำวิจัยจึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแสงแดดและความร้อนที่บริเวณช่องเปิดและได้แก้ไขแบบบ้านในบางส่วนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เช่น ทิศทางการหันอาคาร (Building orientation), อุปกรณ์กันแดดแนวตั้งและแนวนอน (Overhang and Fin), รูปแบบของช่องเปิด (opening), ลักษณะผนังและหลังคา ฯลฯเพื่อเป็นตัวอย่างและแนวทางในการนำข้อมูลจากงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ตัวอย่างในการออกแบบมีทั้งหมด 3 แบบ ดังนี้

4.2.1 **ตัวอย่างที่ 1 บ้านเดี่ยว 2 ชั้นในหมู่บ้านจัดสรร**

4.2.2 **ตัวอย่างที่ 2 บ้านเดี่ยว 2 ชั้น**

4.2.3 **ตัวอย่างที่ 3 บ้านเดี่ยว 1 ชั้น**

ในแต่ละตัวอย่างมีองค์ประกอบบางอย่างที่ใช้เหมือนกันบางประการ อุปกรณ์กันแดดเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ใช้ใกล้เคียงกันในแต่ละตัวอย่าง จึงจะกล่าวถึงการออกแบบ**อุปกรณ์กันแดด** (Shading device) ซึ่งทั้ง 3 ตัวอย่างใช้ลักษณะเดียวกันคือใช้เกล็ดแนวนอนเว้นช่องห่างประมาณ 10 ซม. เพื่อให้ลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้และยังสามารถมองจากด้านในได้แต่เป็นอุปกรณ์บังตาจากภายนอกด้วย แต่คงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ในความเป็นจริงเมื่อลมภายนอกเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์กันแดดนี้แล้วจะมีความเร็วลมลดลง แต่ในหลักการของรูปแบบช่องเปิดนั้นจะยังคงเดิมเนื่องจากลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกนีชั้นเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์กันแดดที่เหมือนกันปริมาณและความเร็วลมที่ลดลงจึงใกล้เคียงกัน ดังนั้นผลที่มีต่อการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องจึงมีลักษณะเดียวกัน นอกจากนั้นยังใช้วิธีการออกแบบเดียวกันเนื่องจากอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครเหมือนกัน โดยใช้ แผนภูมิแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Sun chart) ในการหาองศาของอุปกรณ์กันแดดกับขอบช่องเปิดโดยจะแสดงไว้ในตารางการออกแบบอุปกรณ์กันแดดดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์กันแดดที่ใช้กับช่องเปิดในแต่ละทิศของตัวอย่างในงานวิจัยนี้

ทิศของช่องเปิด	องศาช่องเปิดกับอุปกรณ์กันแดด		เวลาที่กันแดด
	แนวนอน	แนวตั้ง	
ทิศเหนือ	60°	65°	ตลอดเวลา
ทิศใต้	40°	48°	ตลอดเวลา
ทิศตะวันออก	35°	-	ฤดูร้อน ตั้งแต่ 8.00 น. / ฤดูหนาว ตั้งแต่ 8.20 น.
ทิศตะวันตก	30°	-	ฤดูร้อน ถึง 16.20 น. / ฤดูหนาว ถึง 15.40 น.
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	35°	-	ตั้งแต่ 8.00 น.
ทิศตะวันออกเฉียงใต้	30°	-	ตั้งแต่ 8.40 น.
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	30°	-	ถึง 16.20 น.
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	30°	-	ถึง 15.00 น.

* หมายเหตุ : ผู้ทำวิจัยเลือกออกแบบอุปกรณ์กันแดดตามความเหมาะสมกับลักษณะทางสถาปัตยกรรมของแต่ละตัวอย่างด้วย

นอกจากอุปกรณ์กันแดดแล้ว **ผนัง**ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกได้ออกแบบให้เป็นผนัง 2 ชั้นเพื่อป้องกันการส่งผ่านความร้อนจากแสงแดดที่ส่องผนังเป็นเวลานานเข้ามายังภายในได้ช้าและน้อยลงด้วย **หลังคา** เลือใช้หลังคาที่มีช่องว่างของอากาศใต้หลังคาและมีชายคายื่นเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาและให้ร่มเงากับผนังอาคารอีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการทำให้ลมจากด้านบนม้วนตัวลงมายังช่องเปิดด้วยเช่นกัน และที่ให้ความสำคัญและมุ่งเน้นเป็นพิเศษสำหรับงานวิจัยนี้คือ **รูปแบบช่องเปิด** รูปแบบช่องเปิดนั้นจะออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะทางสถาปัตยกรรมในแต่ละตัวอย่างด้วย แต่จะคงอัตราส่วนพื้นที่ของช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (1:3) , ตำแหน่งของช่องเปิดตามข้อเสนอแนะ และรูปร่างของช่องเปิดโดยรวมด้วยเช่นกัน ในการออกแบบจะคำนึงถึง ตำแหน่งของห้องนอน, ทิศทางการหันของห้องนอน, ตำแหน่งผนังของห้อง ,รูปแบบช่องเปิดเดิม และลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคาร เป็นหลักแล้วเลือกใช้ช่องเปิดที่ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงให้เหมาะสมกับอาคารนั้นๆ ซึ่งในการออกแบบได้มุ่งเน้นที่จะเสนอแนะในการออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบช่องเปิดสำหรับห้องนอนเท่านั้นแต่ได้เพิ่มการออกแบบส่วนอื่นๆเพิ่มขึ้นมาเพียงเล็กน้อยนั้น เพื่อทำให้แบบอาคารเดิมนั้นเกิดความเหมาะสมกับการออกแบบในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมากขึ้นเท่านั้น ส่วนรายละเอียดในการออกแบบช่องเปิดจะกล่าวไว้ในแบบตัวอย่างแต่ละแบบต่อไป

4.2.1 ตัวอย่างที่ 1 : บ้านเดี่ยว 2 ชั้นในหมู่บ้านจัดสรร

จากปัญหาในหมู่บ้านจัดสรรที่มีการแบ่งพื้นที่เป็นแปลง และการกำหนดรูปแบบบ้านไว้แล้วทำให้เกิดการจำกัดทิศทางของอาคาร ผู้ทำวิจัยจึงได้เสนอแนะรูปแบบอาคารลักษณะหนึ่งแต่มีการหันอาคารต่างทิศทางกันทั้ง 8 ทิศหลัก เนื่องจากเมื่อทิศทางของอาคารเปลี่ยนไปแต่ทิศทางลมประจำถิ่นยังคงที่จะทำให้ทิศทางลมที่พัดเข้ามาภายในห้องทำมุมเปลี่ยนไปด้วย รูปแบบของช่องเปิดทางเข้า-ออกที่จะเสนอแนะจึงปรับเปลี่ยนไปตามลักษณะของลมภายนอกด้วยเช่นกัน โดยในแต่ละแบบนั้นมีข้อดีข้อเสียต่างกันเช่น ช่องเปิดอยู่ทิศทางเดียวกับแสงแดดเป็นต้น แต่ผู้ทำวิจัยได้นำเสนอทางแก้ปัญหาไว้ในแต่ละแบบด้วยเช่นกัน

ผังโครงการ

แบบที่1.1 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก

แบบที่1.2 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตก

แบบที่1.3 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ

แบบที่1.4 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศใต้

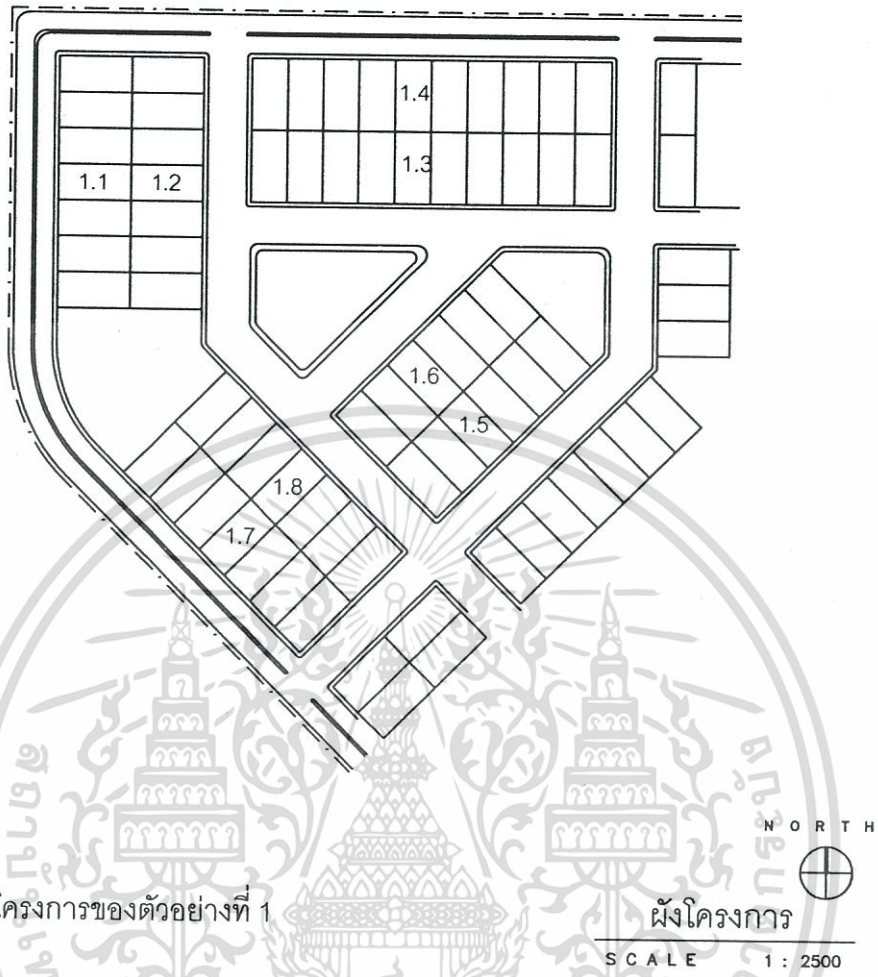
แบบที่1.5 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

แบบที่1.6 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

แบบที่1.7 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

แบบที่1.8 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.1 ผังโครงการของตัวอย่างที่ 1

ในการออกแบบตัวอย่างที่ 1 ทั้ง 8 แบบ ผู้ทำวิจัยได้เลือกรูปแบบช่องเปิดที่มีการระบายอากาศที่เหมาะสมที่สุด

จากแบบทั้ง 8 แบบ ผู้ทำวิจัยเลือกแนะนำ แบบที่ 1.1 เนื่องจากเป็นการหันตำแหน่งอาคารได้เหมาะสมที่สุดซึ่งจะทำให้การป้องกันแสงแดด และการระบายอากาศตามธรรมชาติเหมาะสมที่สุด โดยการวางอาคารตามยาวตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ หันส่วนแคบของอาคารรับแสงแดด หันด้านยาวของอาคารรับลม ช่องเปิดทางเข้าออกอยู่ตรงข้ามกันลมเคลื่อนที่พัดผ่านร่างกายทางด้านข้าง มีส่วนบังแดดป้องกันความร้อนจากแสงแดด ซึ่งทำให้แบบที่ 1.1 นั้นเหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารลักษณะนี้ แต่ในอาคารแบบอื่นๆที่จะกล่าวต่อไปนั้นต่างมีปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวางตำแหน่งอาคารที่ไม่เหมาะสม แต่จากสภาพการวางผังที่มีข้อจำกัดในเรื่องทิศทางผู้ทำวิจัยจึงจะเสนอแนะการแก้ปัญหาด้วยอุปกรณ์บังแดด และรูปแบบช่องเปิดเท่าที่พอจะทำได้โดยมิได้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการใช้งานหลักๆของอาคารไปเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 1.1 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศเหนือ-ใต้)

ห้องนอนใหญ่ ชนิด A เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออกอยู่ตรงข้ามกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน(HR) – สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ที่ให้ผลการกระจายตัวกับลมที่ทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า 95% และลมที่ทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้า 90% ทั้งที่ห้องนี้สามารถเจาะช่องเปิดทางเข้าออกแบบตั้งฉากที่ให้ผลการกระจายตัวกับลมที่ทำมุมตั้งฉาก 100% แต่ลมเอียง -45° (เมื่อช่องเปิดตั้งฉากกัน) 40% ผู้ทำวิจัยจึงเลือกเจาะช่องเปิดตรงข้ามกันเนื่องจากห้องนอนใหญ่นั้นมีการจัดพื้นที่เป็นระเบียงที่ผนังด้านช่องเปิดทางออก และให้ผลการกระจายตัวดีกว่าประกอบกับได้การเคลื่อนที่ของลมที่พัดผ่านตัวคนนอนและยังหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดทางทิศตะวันตกซึ่งถูกแสงแดดตอนบ่ายที่ร้อนจัดด้วย

ห้องนอน 1A เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออกแบบผสมที่อยู่ตรงข้ามกัน เนื่องจากสามารถใช้พื้นที่ผนังได้อย่างเต็มที่ โดยช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) แต่ช่องเปิดทางออกสามารถเลือกเปิดได้ทั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ได้เพื่อให้เหมาะสมกับทิศทางของกระแสลมภายนอกที่ทำมุมต่างกันในแต่ละเดือน โดยเหมาะสมกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก 90° และเอียง 45° ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการกระจายตัวที่ดีที่สุดคือ 100% และ 90% ตามลำดับ

แบบที่ 1.2 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตก (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศเหนือ-ใต้)

ห้องนอนทั้ง 2 ออกแบบเหมือนแบบที่ 1.1 แต่สลับตำแหน่งของห้องนอนกันเท่านั้น

ลักษณะของแบบที่ 1.2 นั้นไม่แตกต่างจากแบบที่ 1.1 เท่าไรนักแต่การหันห้องนอนใหญ่ที่มีความสำคัญกว่าไปทางทิศตะวันตกนั้นทำให้เป็นข้อเสียของแบบนี้ และยังมีผลต่ออาคารชั้นล่างที่หันห้องรับแขกไปทางทิศตะวันตกทำให้รับแสงแดดและความร้อนมากกว่าแบบที่ 1.1 ที่หันที่จอดรถไปทางทิศตะวันตกซึ่งช่วยป้องกันแสงแดดในตอนบ่ายได้ดี

แบบที่ 1.3 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศเหนือ-ใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก)

ห้องนอนใหญ่ ชนิด B เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) ตามลำดับซึ่งให้ผลการกระจายตัว 90% เหมาะสมที่สุดกับลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกที่ทำมุม –45° กับช่องเปิดทางเข้า แต่ไม่สามารถรับลมจากทางทิศใต้ได้เนื่องจากการวางอาคารที่ไม่เหมาะสม

ห้องนอน 1B เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออกตั้งฉากกัน โดยมีช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR – VRpl) ซึ่งให้ผลการกระจายตัวที่ลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า (ลมใต้) 100% ส่วนลมที่ทำมุม 45° กับช่องเปิดทางเข้า (ลมตะวันตกเฉียงใต้) 80% แต่ที่ผู้ทำวิจัยเลือกออกแบบรูปแบบช่องเปิดลักษณะนี้เนื่องจากตำแหน่งของห้องนอนนั้นสามารถรับได้ทั้งลมใต้ และลมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้รับลมได้ทั้ง 2 ทิศทาง แต่ข้อเสียคือเมื่อลมพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้นั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของลมภายในห้องนั้นพัดผ่านเตียงนอนไม่เต็มที่หรือบริเวณเตียงนอนมีลมพัดเบากว่าส่วนอื่น

จากลักษณะของแบบที่ 1.3 ทำให้พื้นที่ผนังส่วนใหญ่ของอาคารรับแสงแดดทั้งเช้าและบ่าย และช่องเปิดของห้องนอนใหญ่ยังอยู่ทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกซึ่งควรหลีกเลี่ยง ทำให้แสงแดดและความร้อนเข้ามาภายในห้องมากขึ้นถึงจะแก้ปัญหาด้วยอุปกรณ์บังแดดแล้วก็ตาม

<u>แบบที่ 1.4</u> อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศใต้ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศเหนือ-ใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก)

ห้องนอนทั้ง 2 ออกแบบเหมือนแบบที่ 1.3 แต่สลับตำแหน่งของห้องนอนกันเท่านั้น โดยห้องนอนใหญ่ ชนิด C ของแบบที่ 1.4 ใช้รูปแบบช่องเปิดเหมือนห้องนอน 1B ของแบบที่ 1.3 และห้องนอน 1C ของแบบที่ 1.4 ใช้รูปแบบช่องเปิดเหมือนห้องนอนใหญ่ ชนิด B ของแบบที่ 1.3 เช่นกัน

<u>แบบที่ 1.5</u> อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้)

ห้องนอนใหญ่ ชนิด B ใช้แบบเดียวกับแบบที่ 1.3 แต่วางตำแหน่งของห้องนอนตามการหันอาคารเท่านั้น แต่ในการรับลมนั้นรับลมได้ทั้ง 2 ทิศทาง โดยลมใต้จะพัดเข้าทำมุม –45° กับช่องเปิดทางเข้าซึ่งรูปแบบช่องเปิดนี้ให้ผลการกระจายตัว 90% ส่วนลมทิศตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้าทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า ซึ่งให้ผลการกระจายตัว 95 %

ห้องนอน 1C เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออกแบบผสมที่อยู่ตรงข้ามกัน เนื่องจากสามารถใช้พื้นที่ผนังได้อย่างเต็มที่ โดยช่องเปิดทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) แต่ช่องเปิดทางออกสามารถเลือกเปิดได้ทั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) ได้เพื่อให้เหมาะสมกับทิศทางของกระแสลมภายนอกที่ทำมุมต่างกันในแต่ละเดือน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก 90° และเอียง -45° ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการกระจายตัวที่ดีที่สุดคือ 100% และ 90% ตามลำดับ

ในการวางอาคารตามแบบที่ 1.5 นั้นทำให้อาคารรับแสงแดดทุกด้าน ผนังของอาคารส่วนใดส่วนหนึ่งจะถูกแสงแดดตลอดทั้งวัน

แบบที่ 1.6 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้)

ห้องนอนทั้ง 2 ออกแบบเหมือนแบบที่ 1.5 แต่สลับตำแหน่งของห้องนอนกันเท่านั้น (ห้องนอนใหญ่ ชนิด B และห้องนอน 1C)

แบบที่ 1.7 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ - ตะวันตกเฉียงเหนือ)

ห้องนอนใหญ่ ชนิด A ใช้แบบเดียวกับอาคารแบบที่ 1.1 แต่ตำแหน่งของห้องนอนนั้นวางตามลักษณะการหันอาคารเท่านั้น แต่การรับลมรับได้เพียงทิสทางเดียวคือ ลมทิศใต้ที่จะพัดทำมุม 45° กับช่องเปิดทางเข้า ซึ่งมีการกระจายตัว 90% ซึ่งเหมาะสมที่สุดสำหรับลมภายนอกที่ทำมุม 45° กับช่องเปิดทางเข้า

ห้องนอน 1B ใช้แบบเดียวกับห้องนอน 1B ของอาคารแบบที่ 1.3 ซึ่งเป็นช่องเปิดทางเข้า-ออกที่ตั้งฉากกัน แต่การรับลมนั้นสลับทิศทางกันโดย ลมทิศใต้จะพัดทำมุม 45° กับช่องเปิดทางเข้า และลมทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะพัดทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า ซึ่งให้ผลการกระจายตัว 80% และ 100% ตามลำดับ

จากการวางอาคารตามแบบที่ 1.7 นั้นทำให้ผนังอาคารส่วนใหญ่รับแสงแดดตลอดทั้งวัน และช่องเปิดของห้องนอนใหญ่รับลมได้ทิศทางเดียว ช่องเปิดให้องนอน 1B รับแสงแดดบ่ายและผลการตอบสนองต่อลมทิศใต้ซึ่งเป็นลมในฤดูร้อนมีค่าการกระจายตัวต่ำกว่าแบบอื่น

แบบที่ 1.8 อาคารหันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (วางอาคารตามยาวไปตามทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ โดยห้องนอนหันด้านแคบ 4 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ - ตะวันตกเฉียงเหนือ)

ห้องนอนทั้ง 2 ออกแบบเหมือนแบบที่ 1.7 แต่สลับตำแหน่งของห้องนอนกันเท่านั้น โดยห้องนอนใหญ่ ชนิด C ของแบบที่ 1.8 ใช้ช่องเปิดลักษณะเดียวกับ ห้องนอน 1B ของแบบที่ 1.7 และห้องนอน 1E ของแบบที่ 1.8 ใช้ช่องเปิดลักษณะเดียวกับห้องนอนใหญ่ ชนิด A ของแบบที่ 1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหันของอาคารบางมุมทำให้ลมภายนอกทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าในลักษณะเดียวกันทำให้ในห้องนอนนั้นๆใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกที่เหมือนกัน จึงอธิบายเพื่อความเข้าใจตามลักษณะของห้องดังนี้

ห้องนอนใหญ่ ชนิด A (Master Bedroom A) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.1, 1.2 และ 1.7

ห้องนอนใหญ่ ชนิด B (Master Bedroom B) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.3, 1.5 และ 1.6

ห้องนอนใหญ่ ชนิด C (Master Bedroom C) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกตั้งฉากกัน โดยช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR -VRpl) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.4 และ 1.8

ห้องนอน 1 ชนิด A (Bedroom 1A) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกแบบผสมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.1 และ 1.2

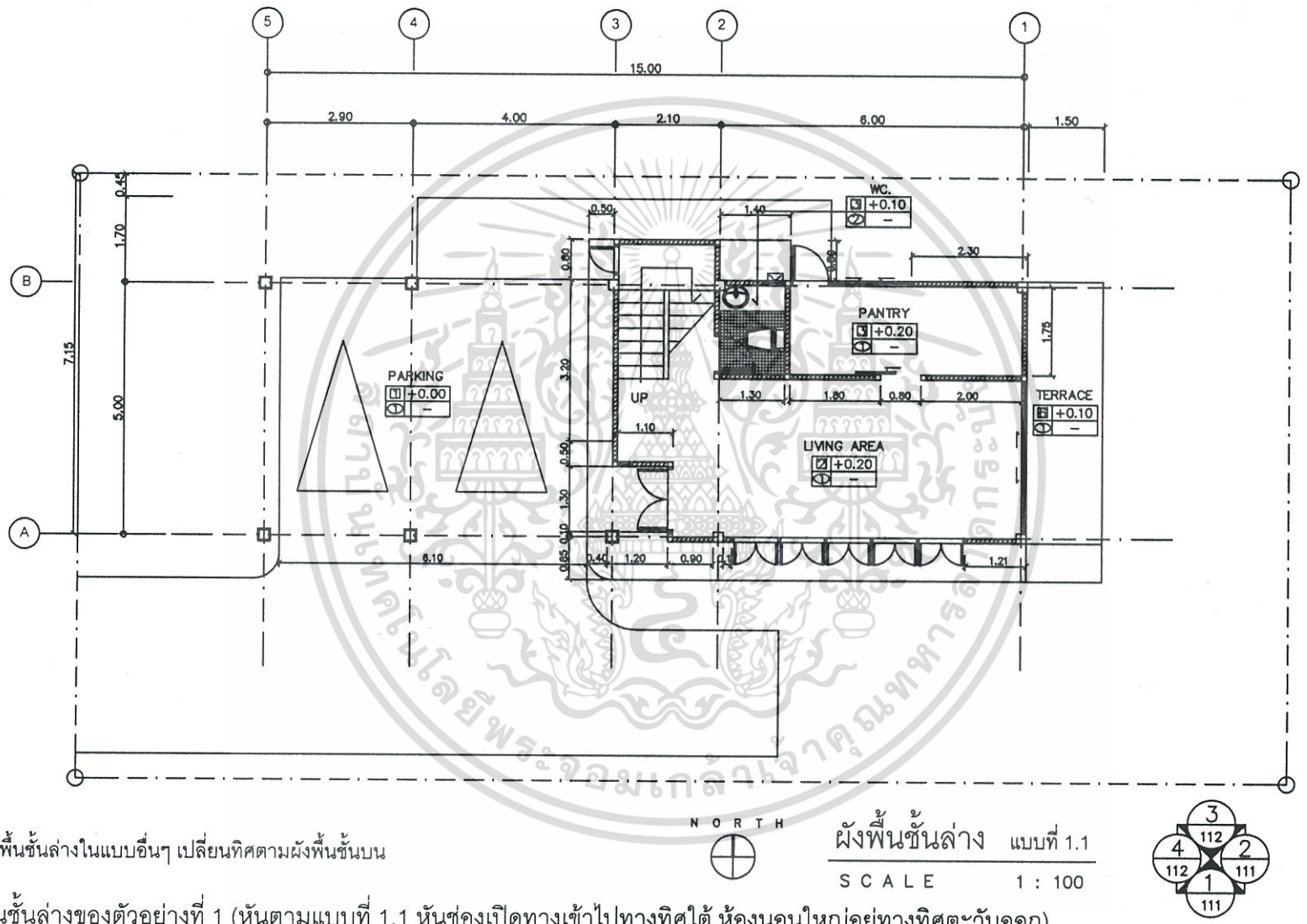
ห้องนอน 1 ชนิด B (Bedroom 1B) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้า-ออกตั้งฉากกัน โดยช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และ ช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (HR -VRpl) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.3 และ 1.7

ห้องนอน 1 ชนิด C (Bedroom 1C) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.4

ห้องนอน 1 ชนิด D (Bedroom 1D) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกแบบผสมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRl) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.5 และ 1.6

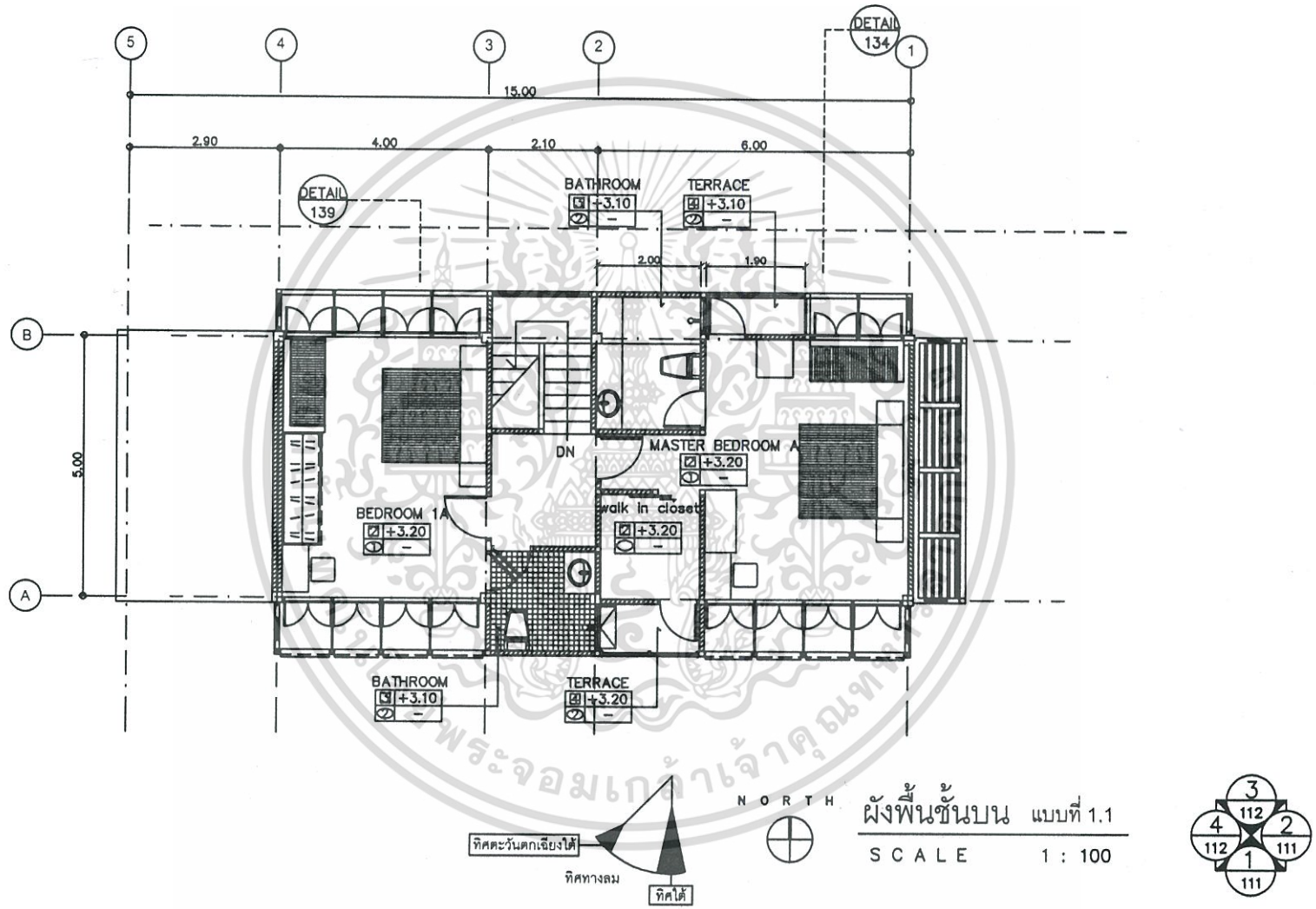
ห้องนอน 1 ชนิด E (Bedroom 1E) ใช้รูปแบบช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และช่องเปิดทางออกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ใช้กับอาคารแบบที่ 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

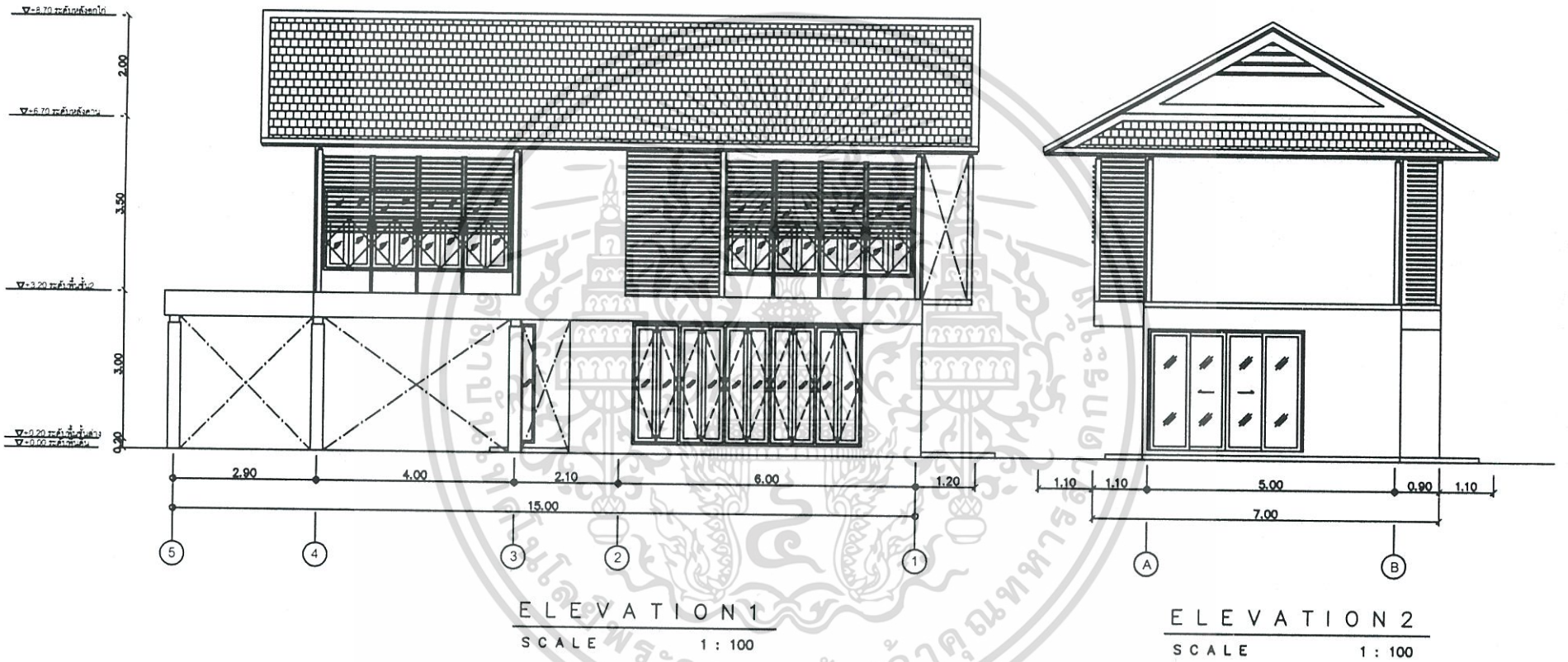


* หมายเหตุ : ผังพื้นชั้นล่างในแบบอื่นๆ เปลี่ยนทิศตามผังพื้นชั้นบน

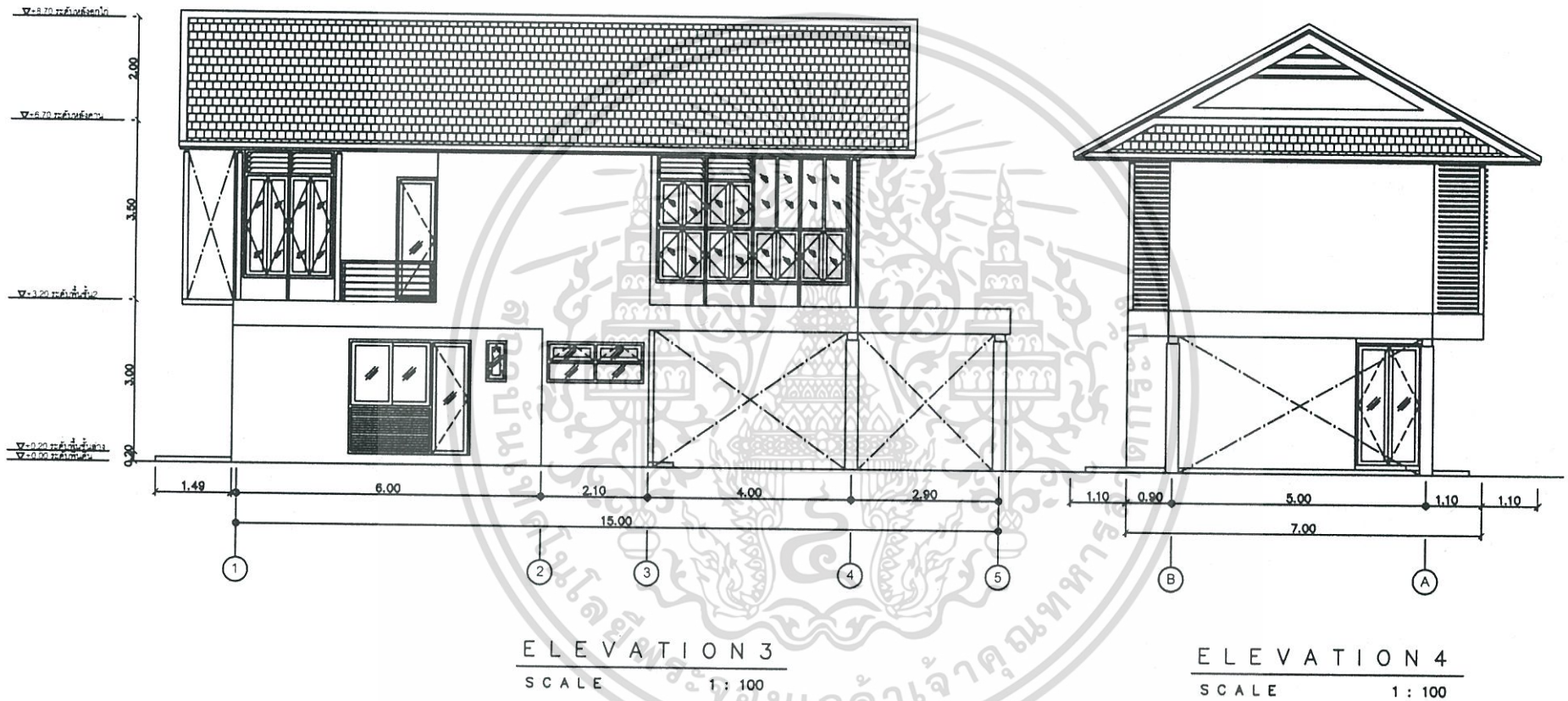
ภาพที่4.2 ผังพื้นชั้นล่างของตัวอย่างที่ 1 (หันตามแบบที่ 1.1 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก)



ภาพที่4.3 ผังพื้นชั้นบนแบบที่ 1.1 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก)



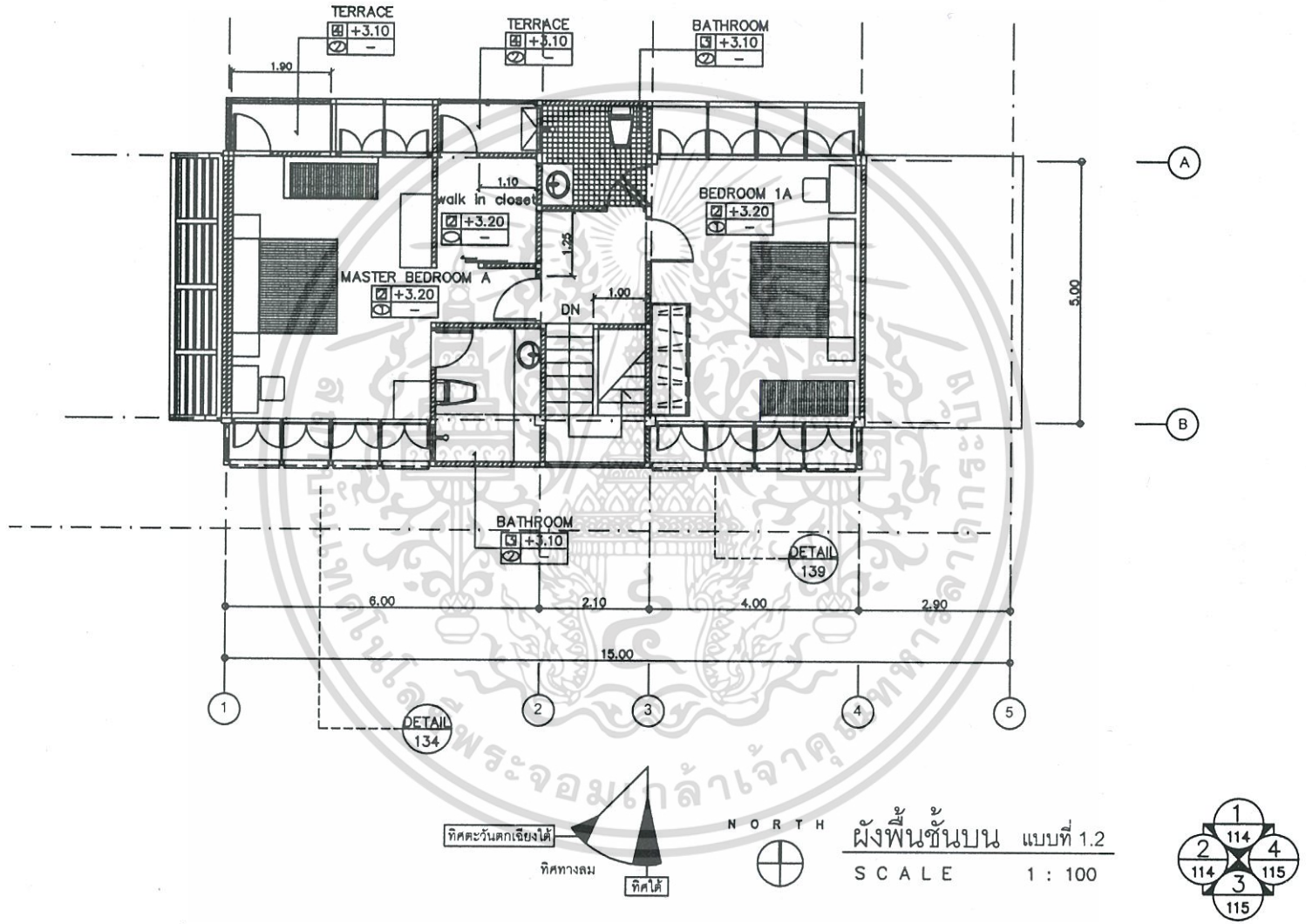
ภาพที่4.4 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.1 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก)



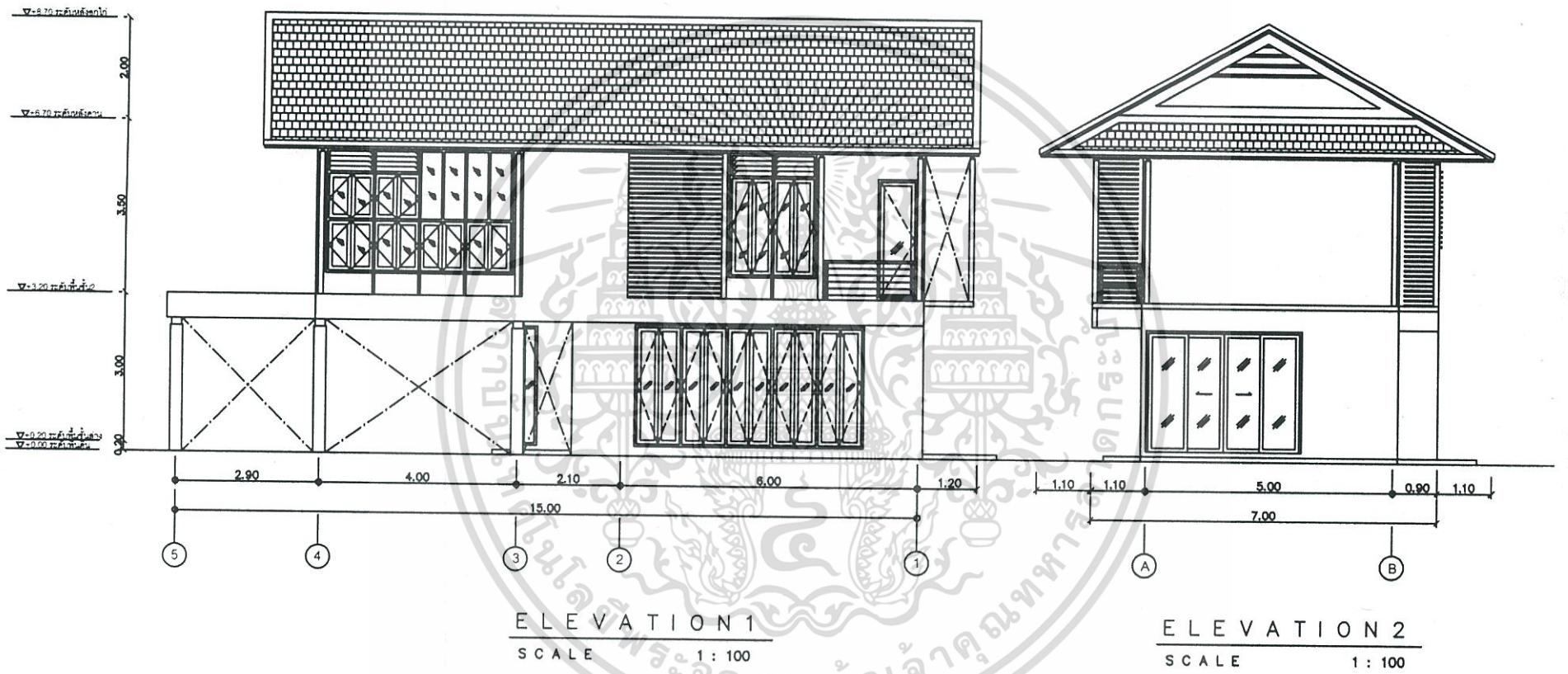
ELEVATION 3
SCALE 1 : 100

ELEVATION 4
SCALE 1 : 100

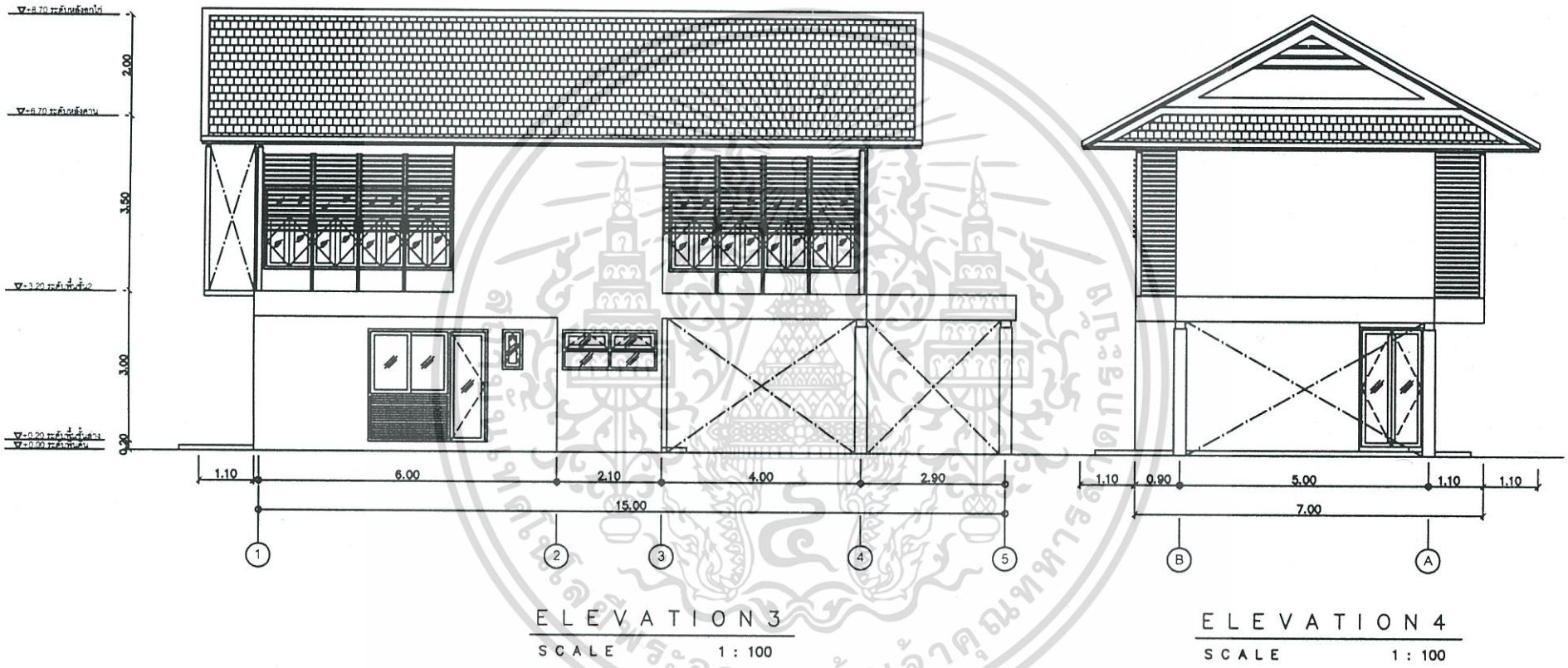
ภาพที่4.5 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.1 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออก)



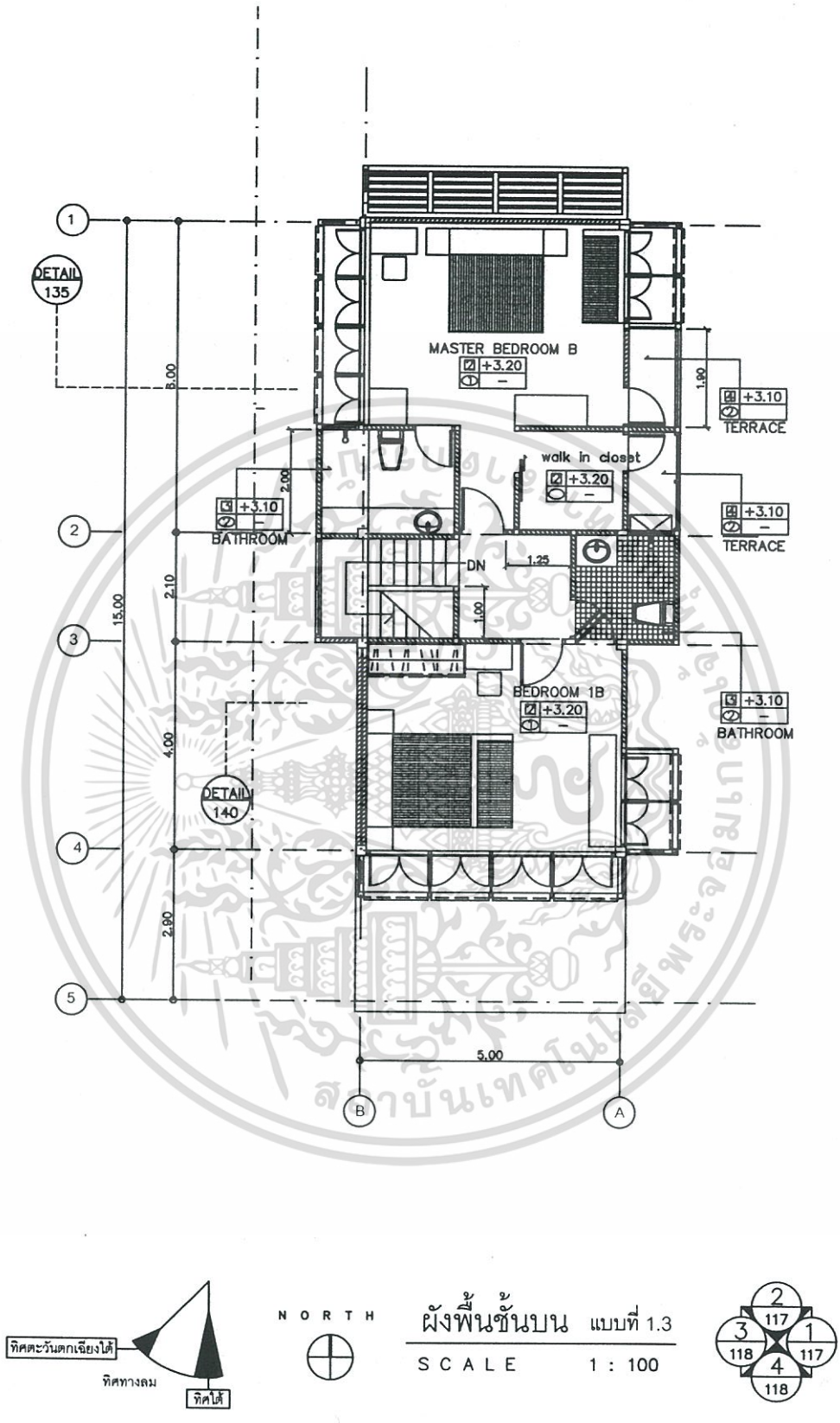
ภาพที่4.6 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.2 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตก)



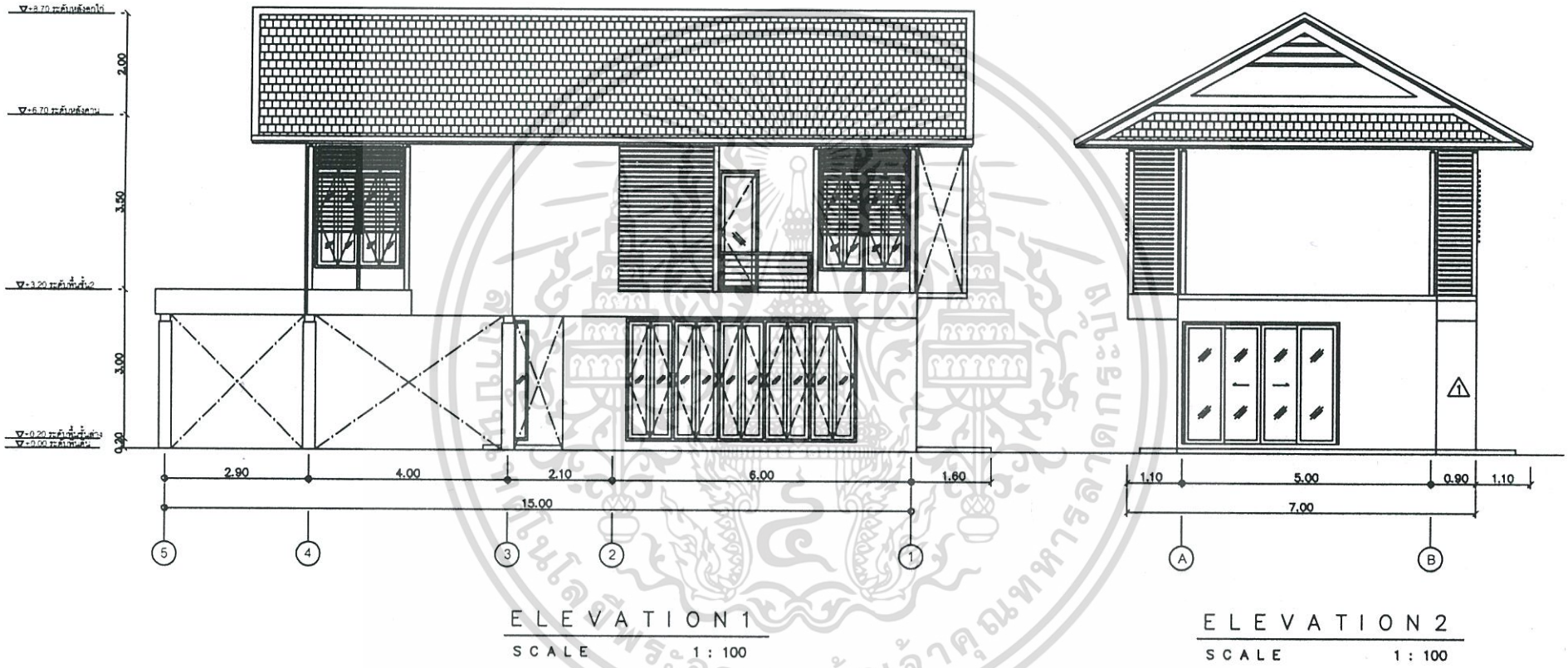
ภาพที่4.7 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.2 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตก)



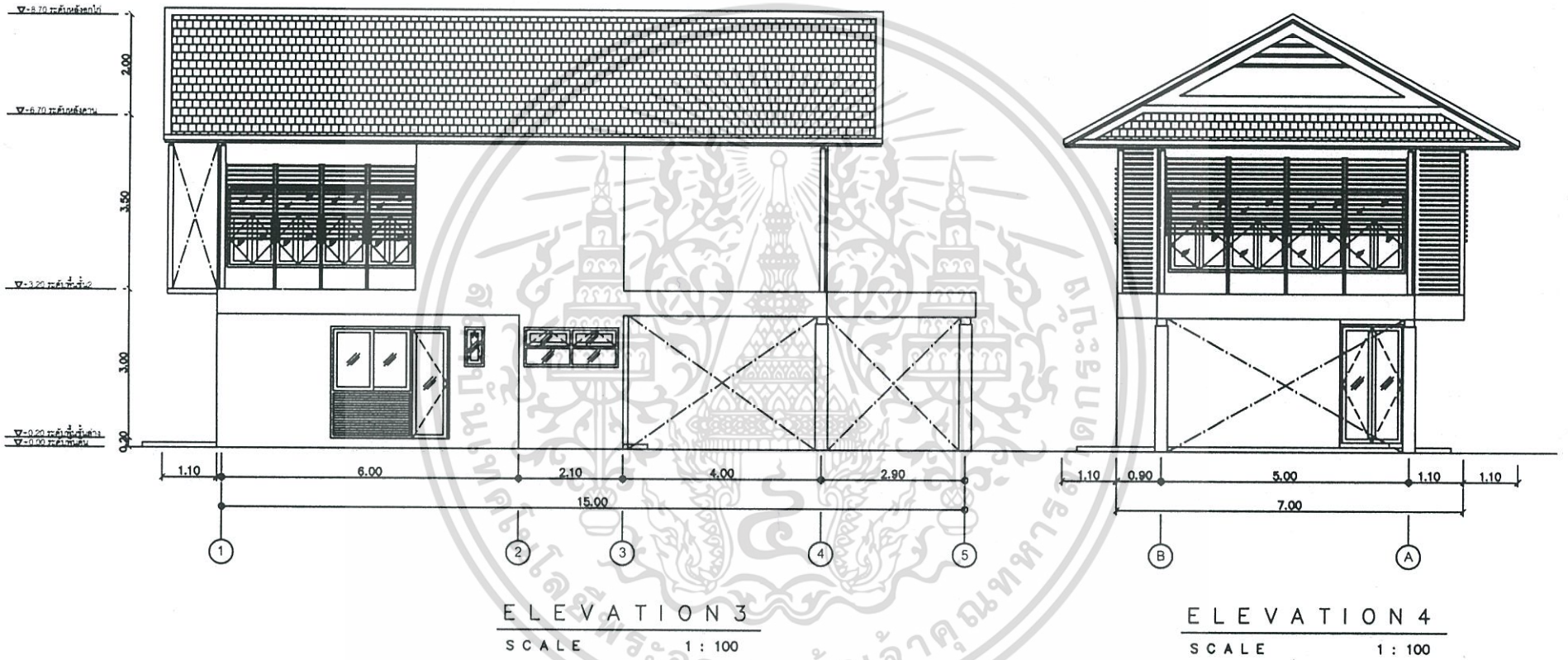
ภาพที่4.8 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.2 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตก)



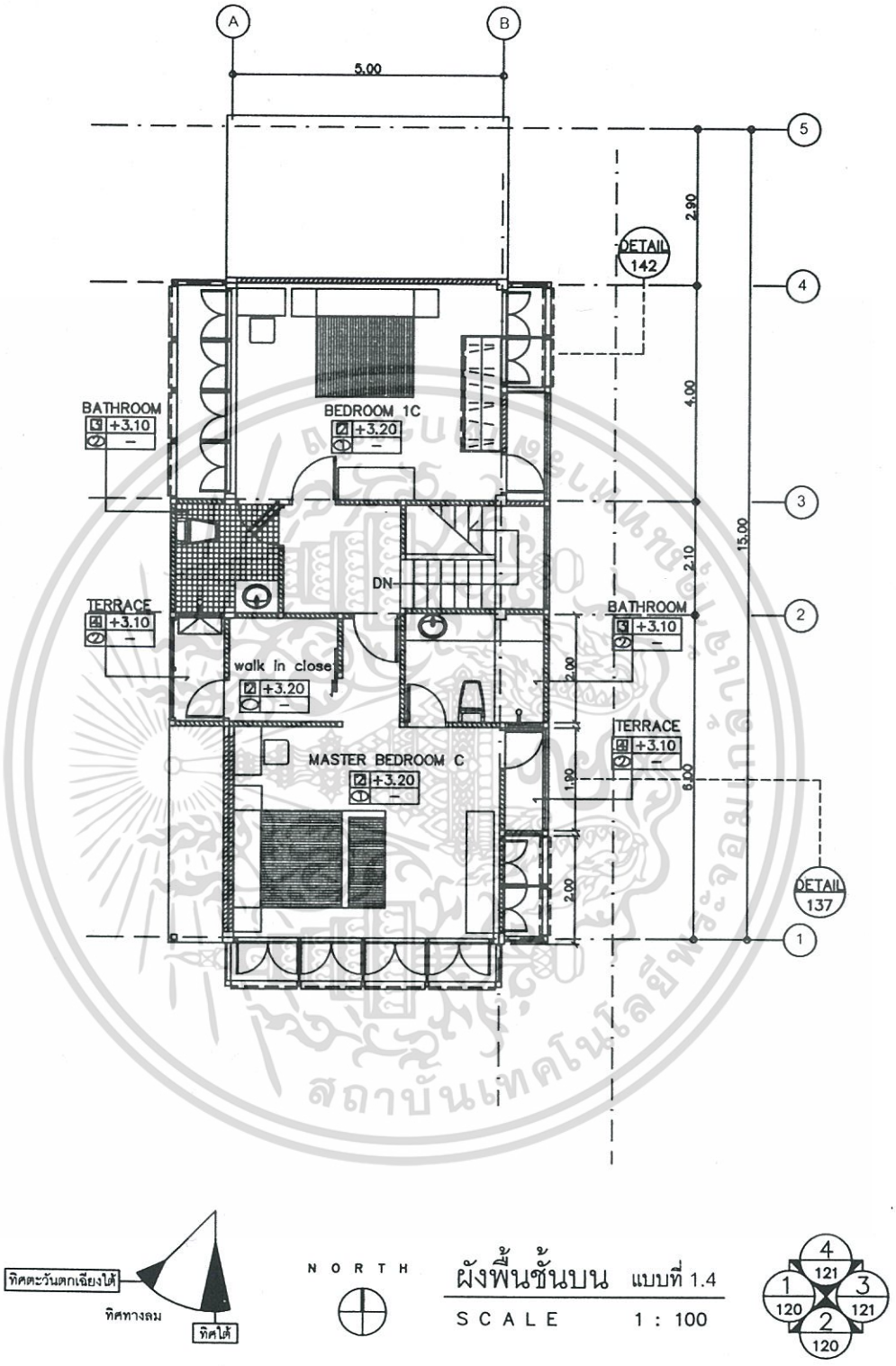
ภาพที่4.9 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.3 หันอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ)



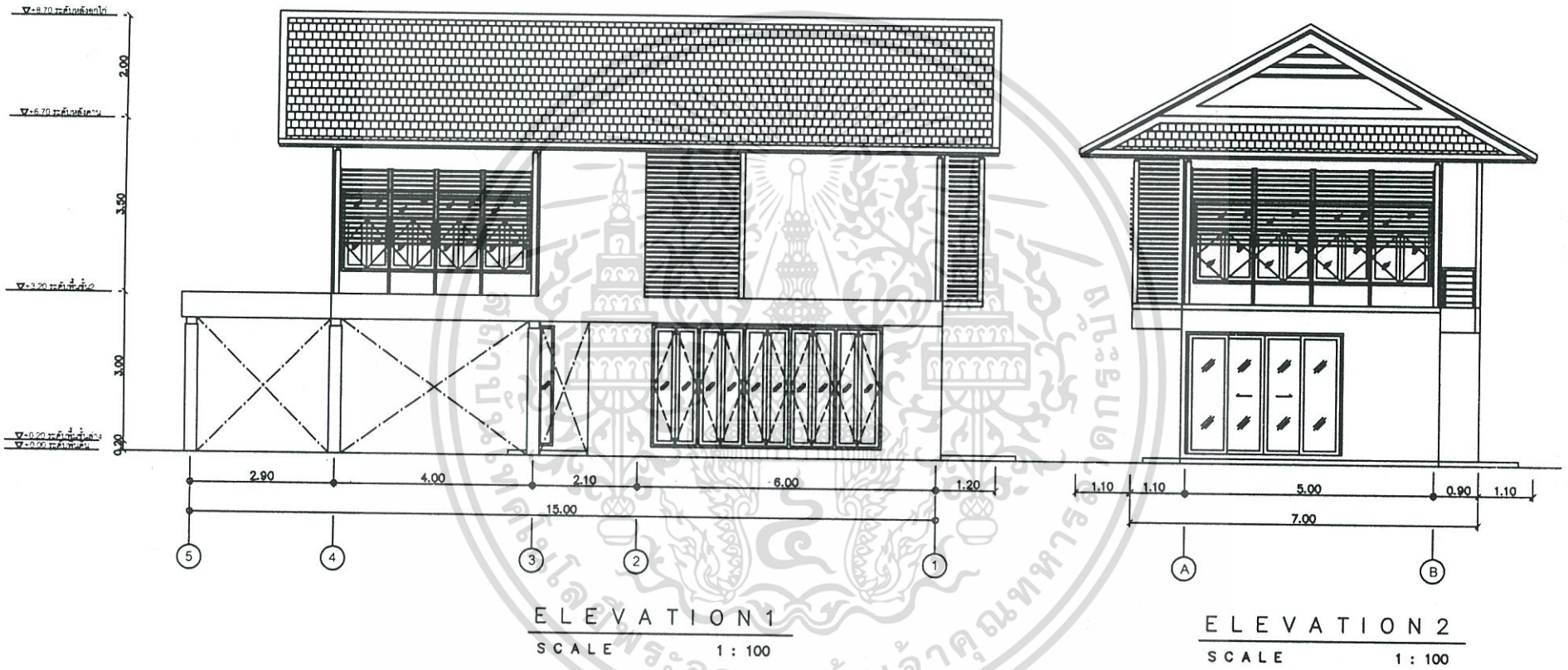
ภาพที่4.10 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.3 หันหน้าอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ)



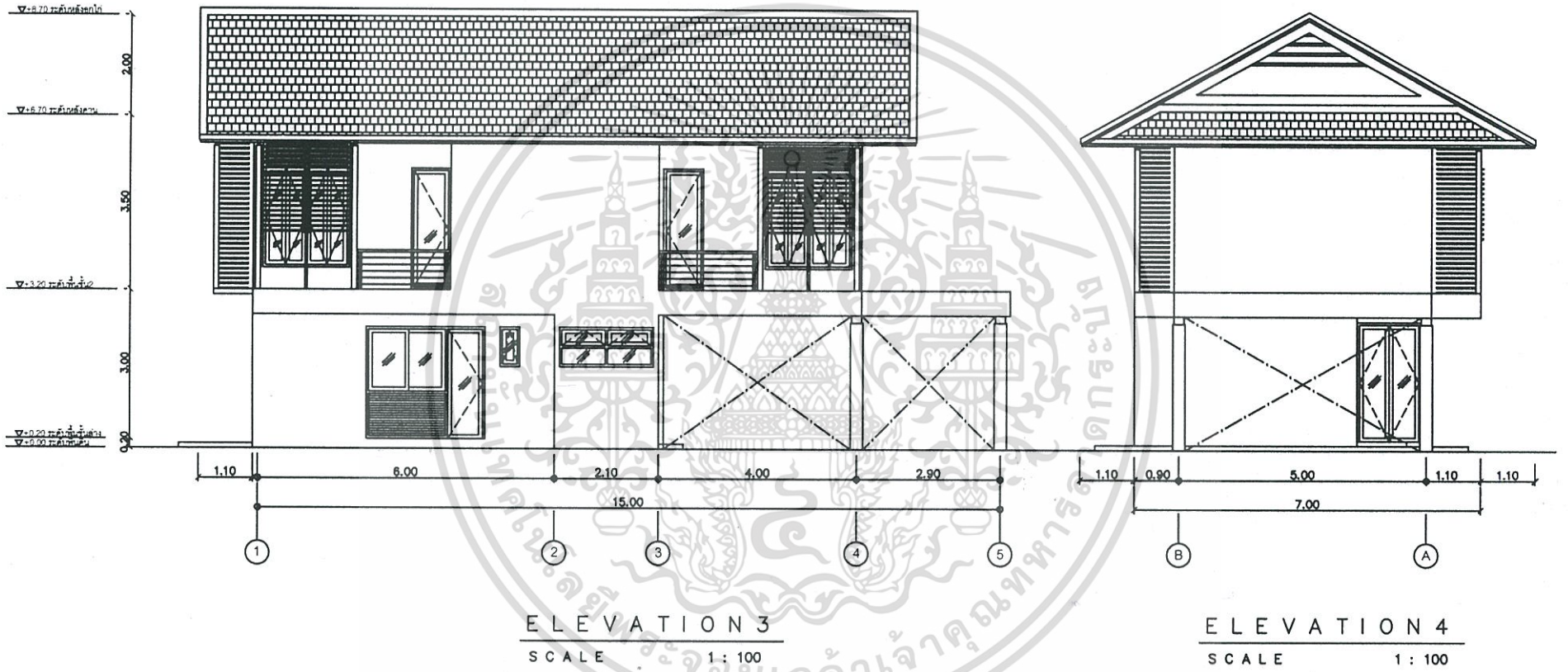
ภาพที่4.11 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.3 หันหน้าอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ)



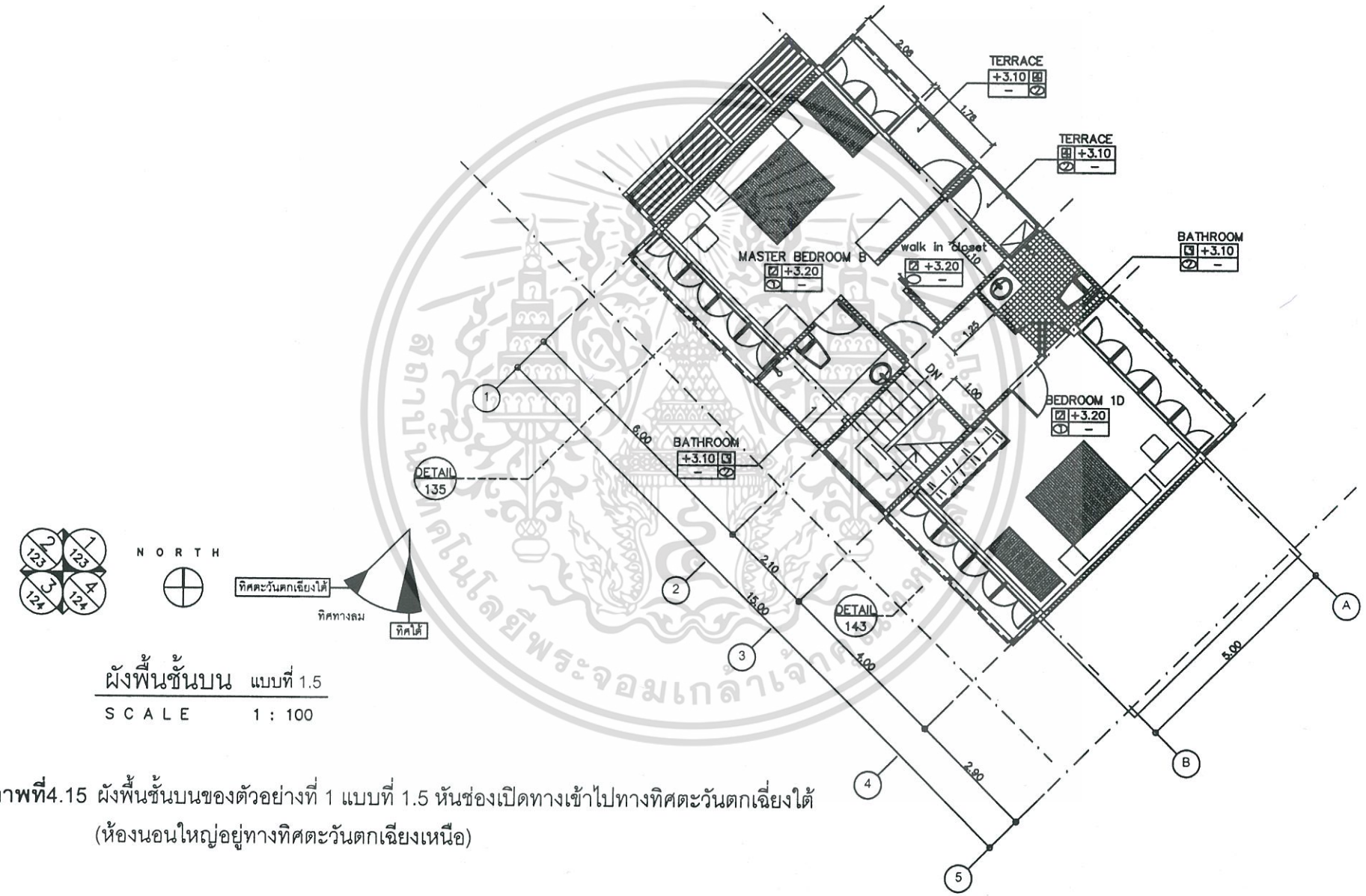
ภาพที่4.12 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.4 หันอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศใต้)



ภาพที่4.13 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.4 หันหน้าอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศใต้)



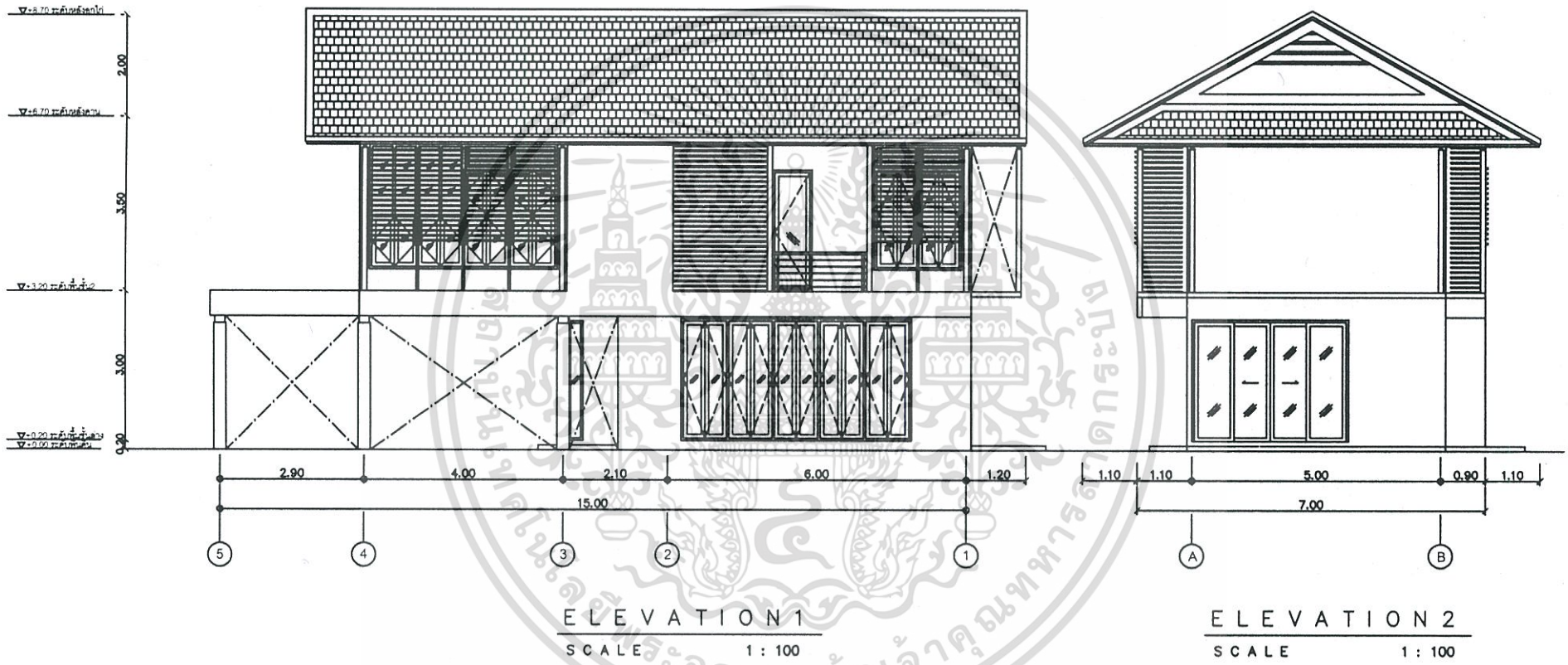
ภาพที่4.14 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.4 หันหน้าอาคารไปทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตก (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศใต้)



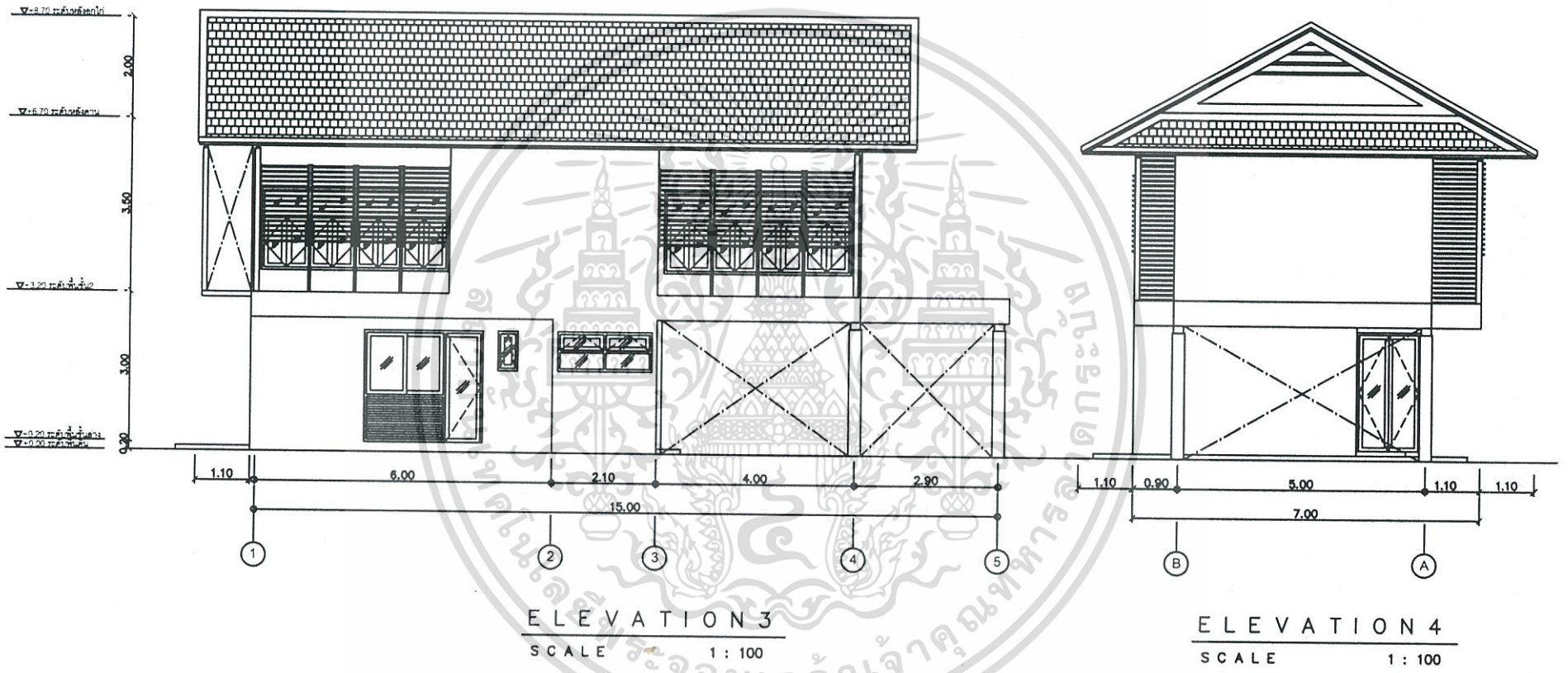
ผังพื้นชั้นบน แบบที่ 1.5

SCALE 1 : 100

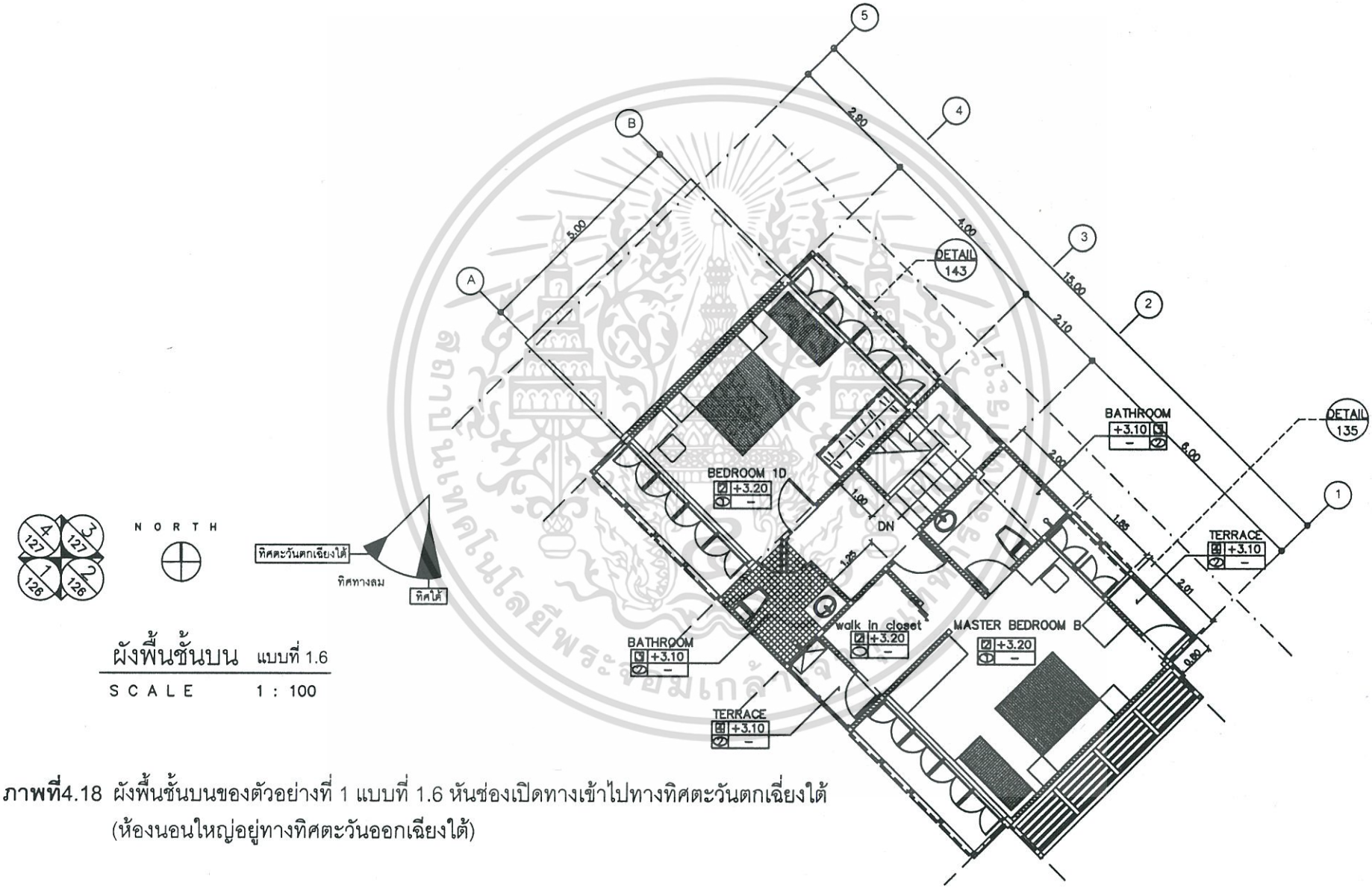
ภาพที่4.15 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.5 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ)



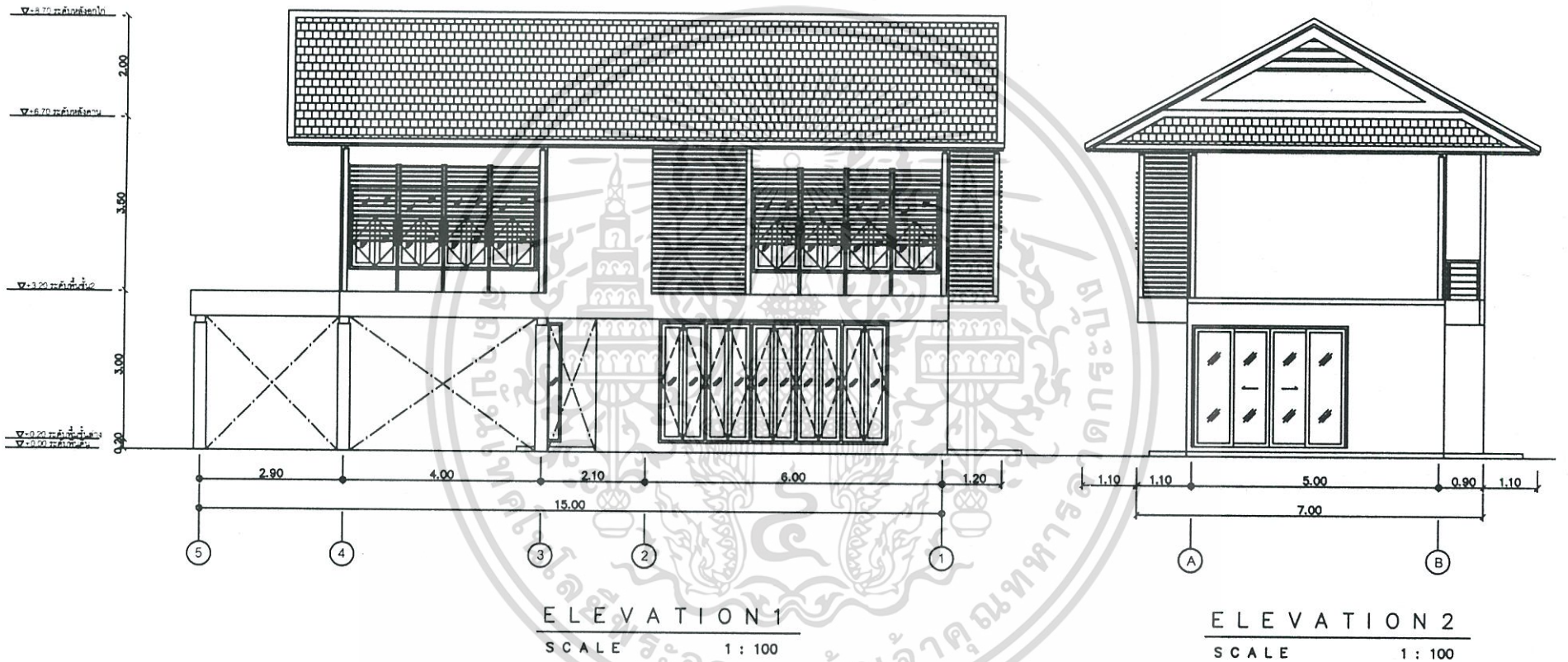
ภาพที่4.16 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.5 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้(ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ)



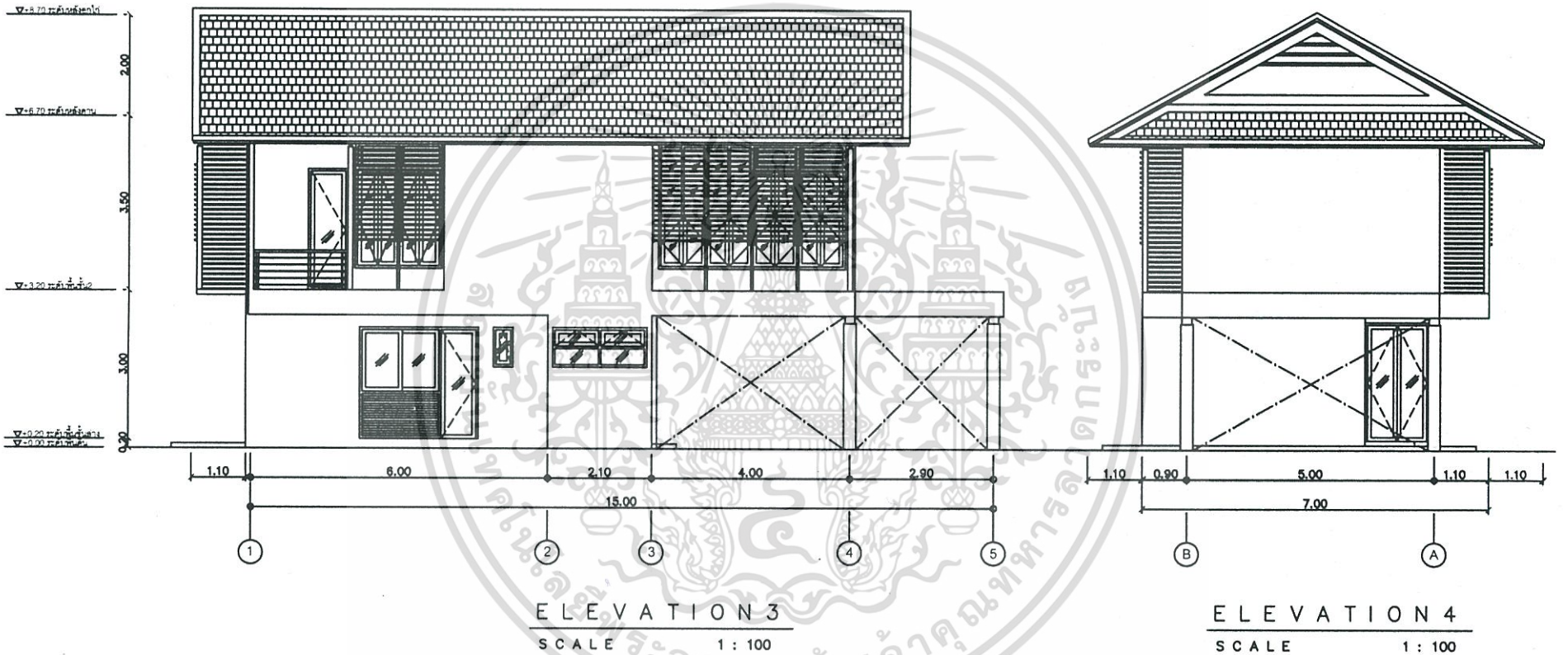
ภาพที่4.17 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.5 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้(ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ)



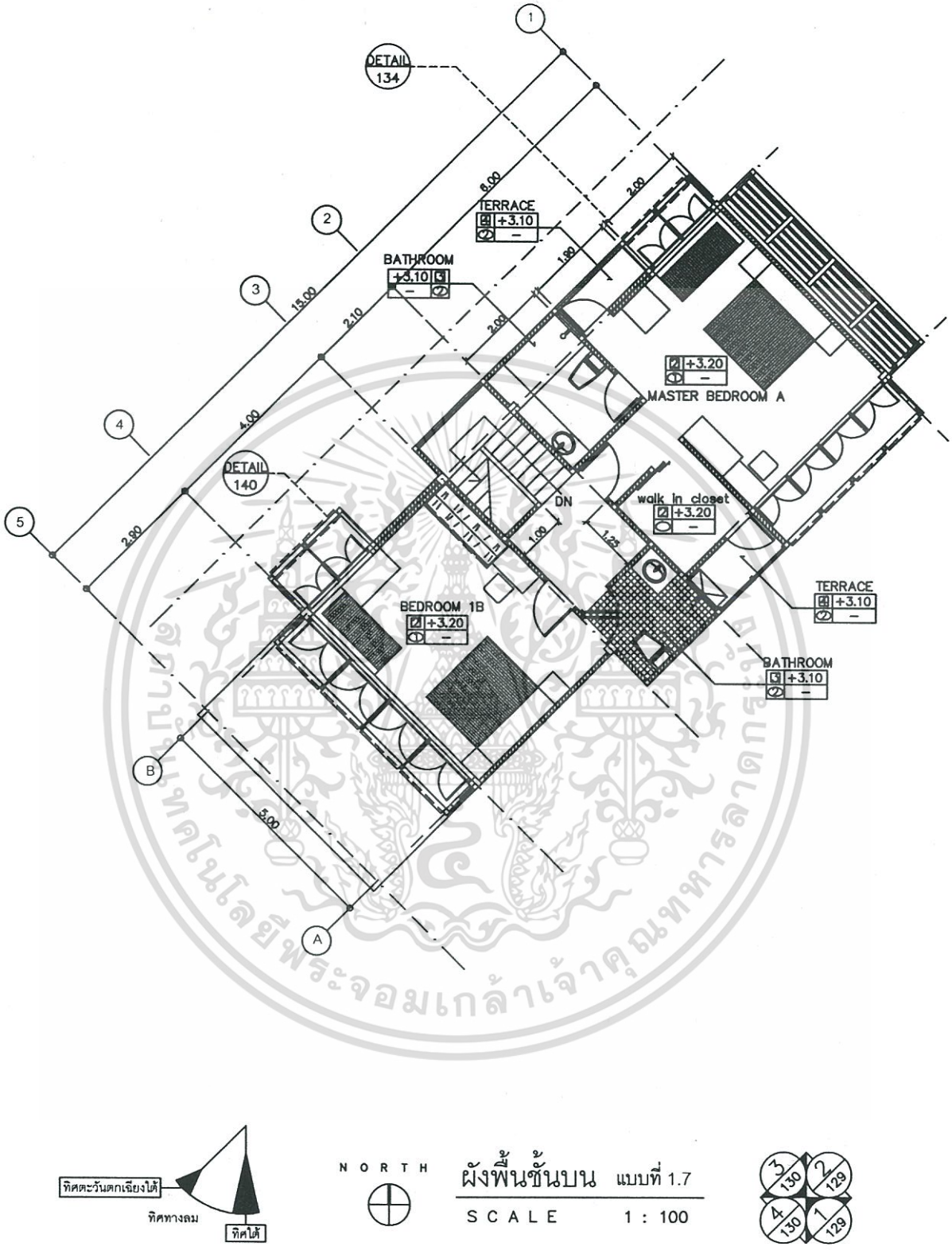
ภาพที่4.18 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.6 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้)



ภาพที่4.19 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.6 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้(ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้)

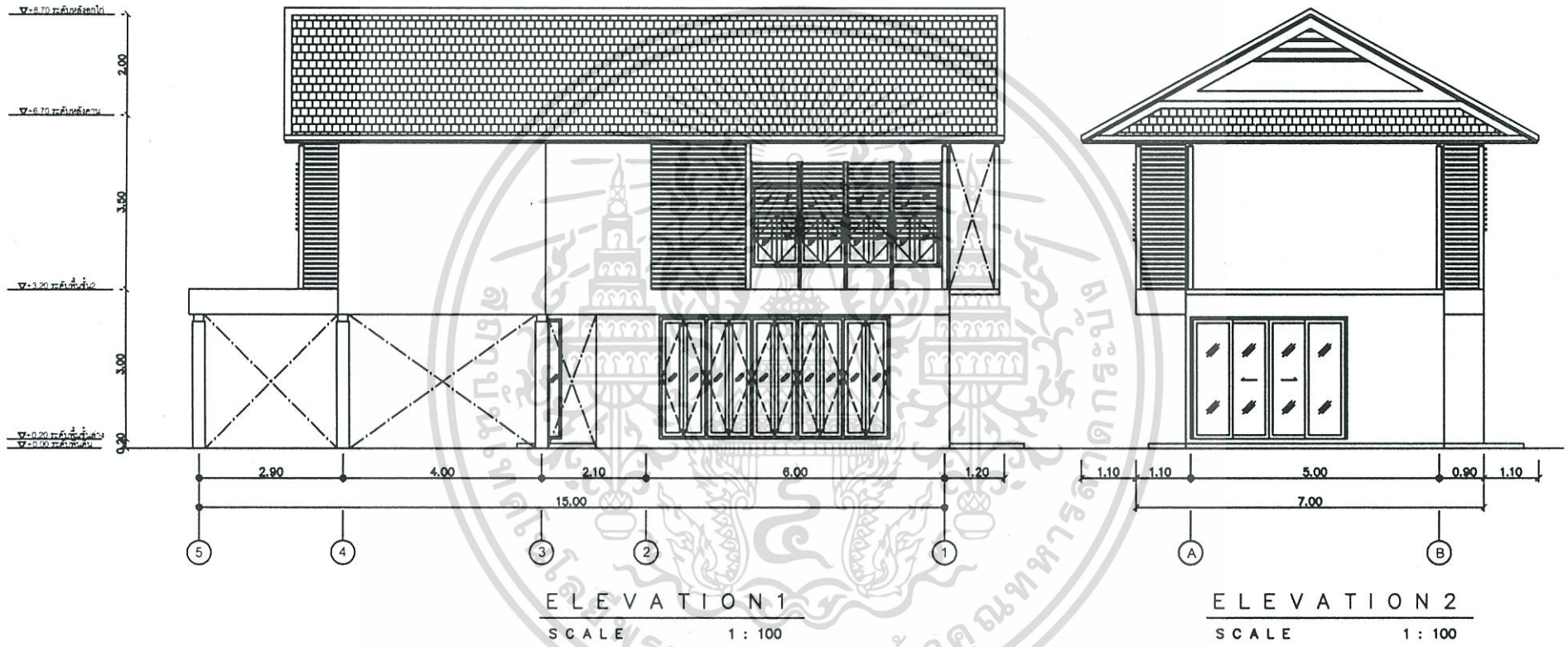


ภาพที่4.20 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.6 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้(ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้)

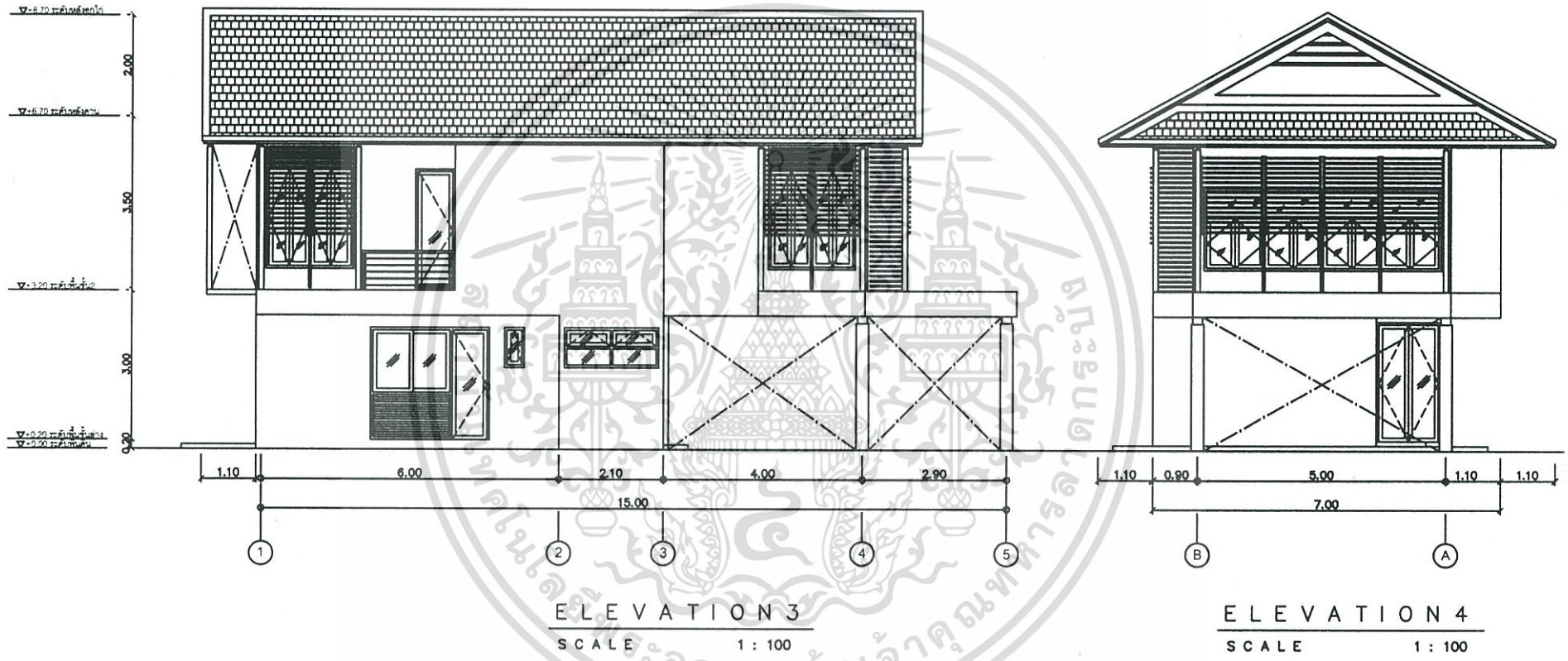


ภาพที่4.21 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.7 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)

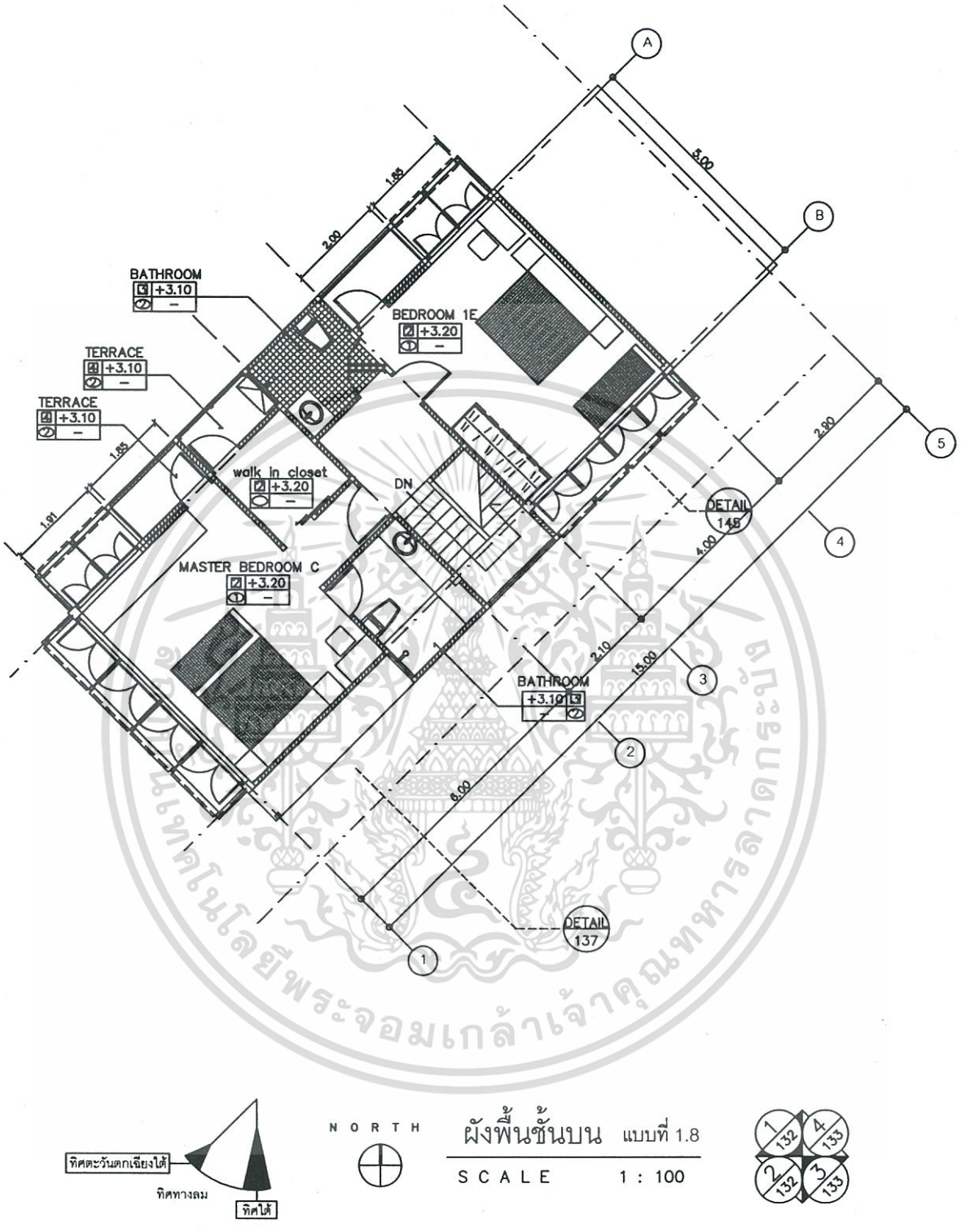
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.22 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.7 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉี่ยงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทาง**ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ**)

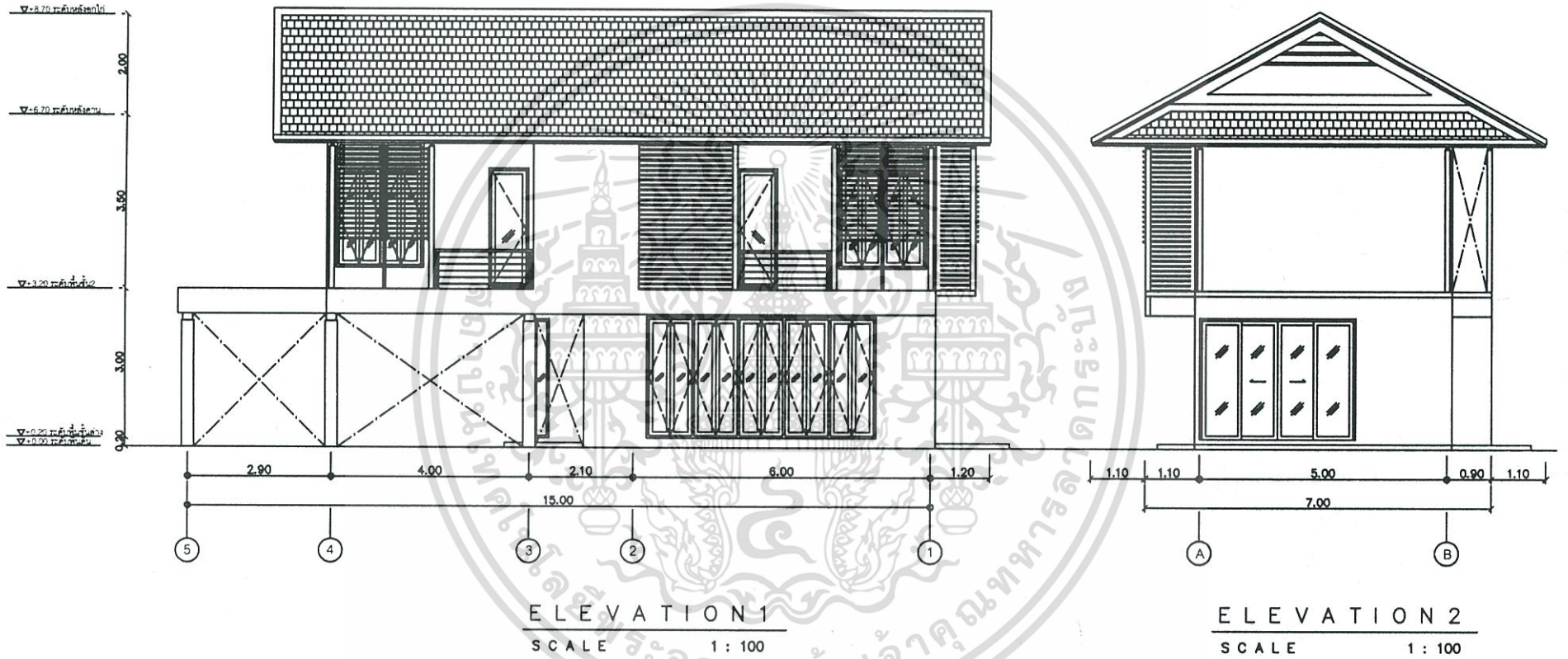


ภาพที่4.23 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.7 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)

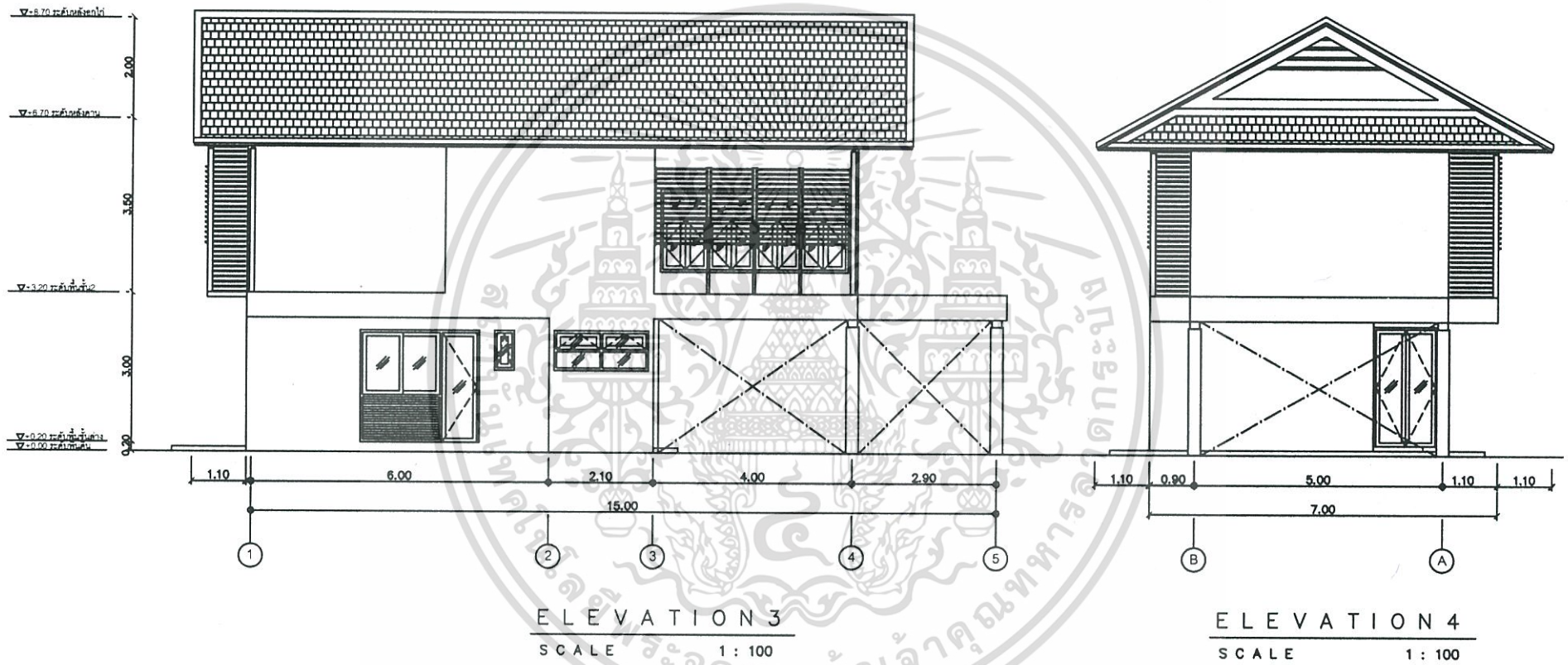


ภาพที่4.24 ผังพื้นชั้นบนของตัวอย่างที่ 1 แบบที่ 1.8 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)

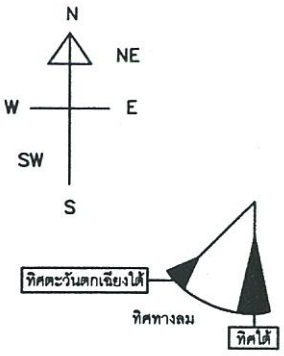
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

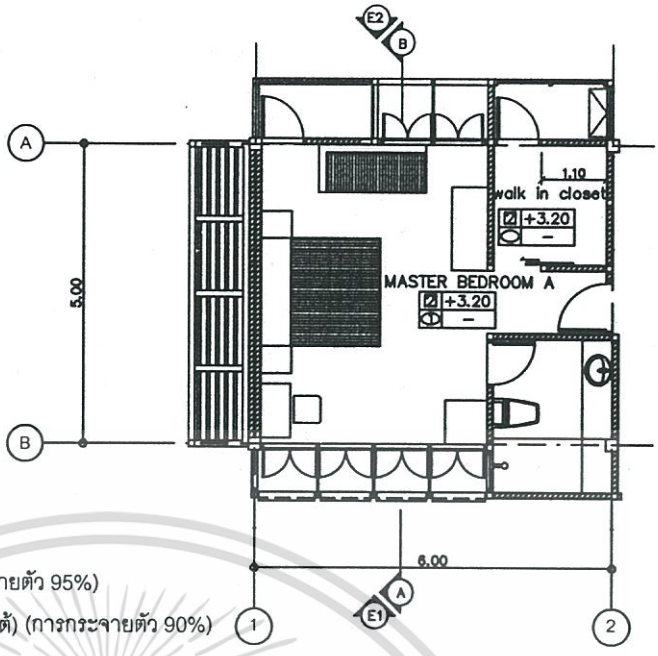


ภาพที่4.25 รูปด้าน1, 2 ของแบบที่ 1.8 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)



ภาพที่4.26 รูปด้าน3, 4 ของแบบที่ 1.8 หันช่องเปิดทางเข้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ห้องนอนใหญ่อยู่ทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้**)





ผังพื้นห้องนอนใหญ่ชนิด A

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 95%)

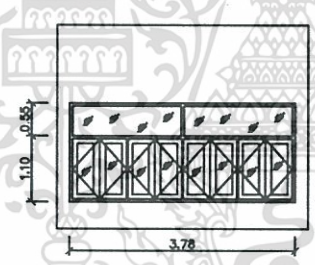
ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 90%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRr)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา

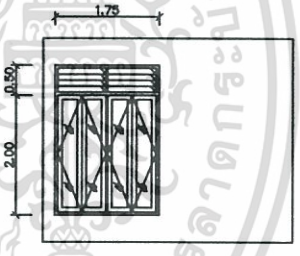
* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.1, 1.2 และ 1.7

รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

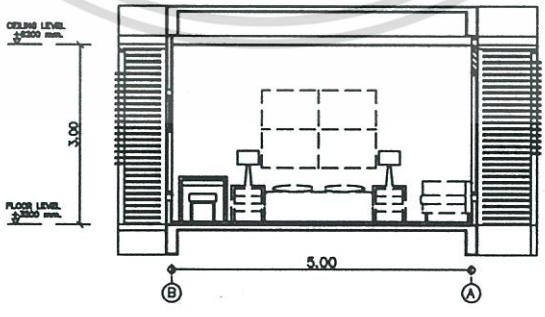
ELEVATION 1



ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr)

ELEVATION 2

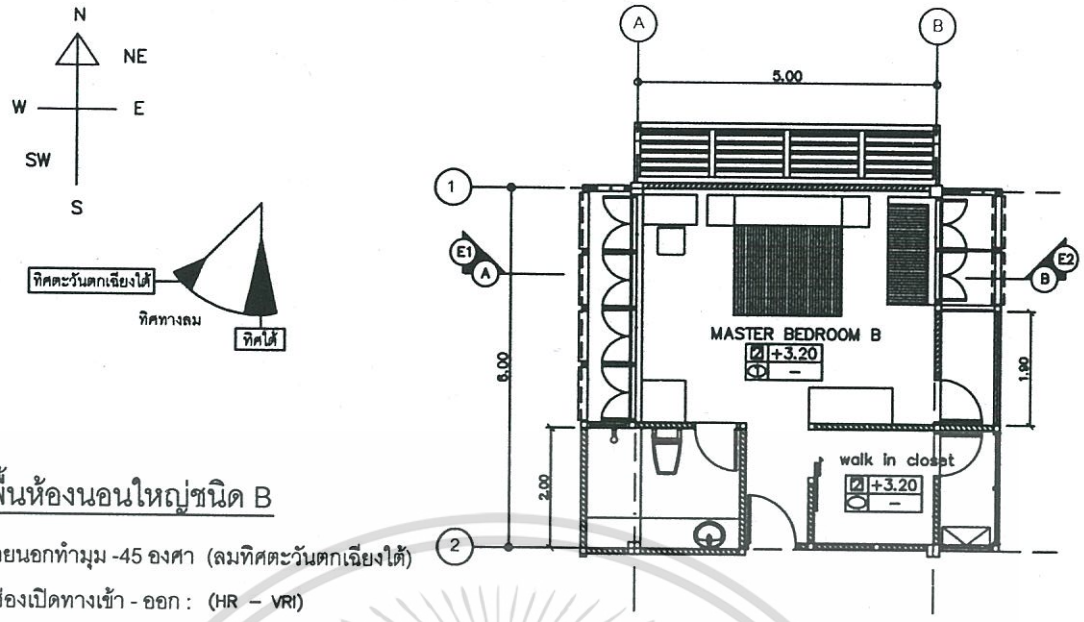
รูปตัด



SECTION A–B

ภาพที่4.27 แบบขยายห้องนอนใหญ่ชนิด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังพื้นห้องนอนใหญ่ชนิด B

ลมภายนอกทำมุม -45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้)

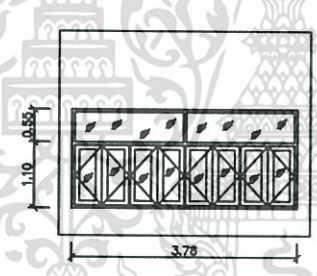
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRI)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

(การกระจายตัว 90%)

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.3, 1.5 และ1.6

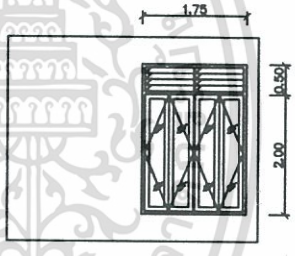
รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน

(HR)

ELEVATION 1

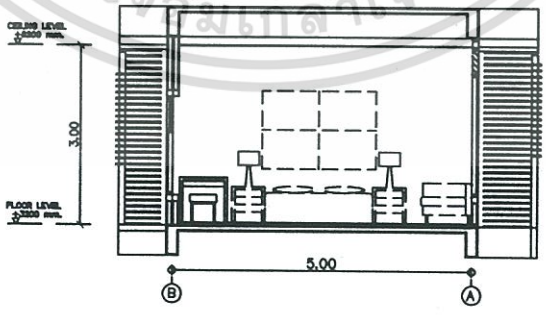


ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

(VRI)

ELEVATION 2

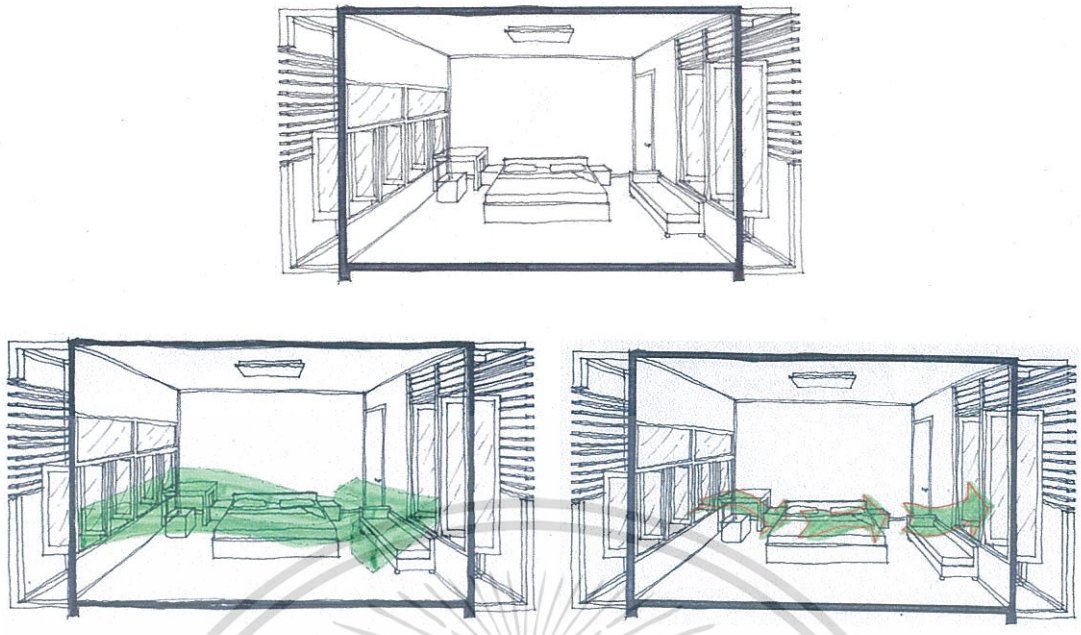
รูปตัด



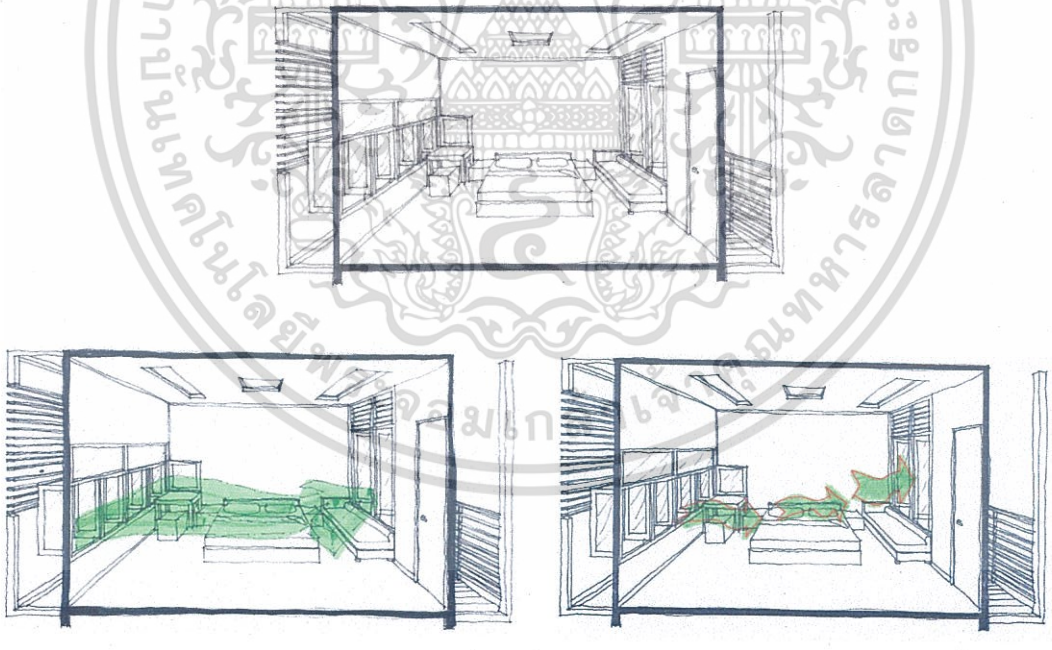
SECTION A–B

ภาพที่4.28 แบบขยายห้องนอนใหญ่ ชนิด B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

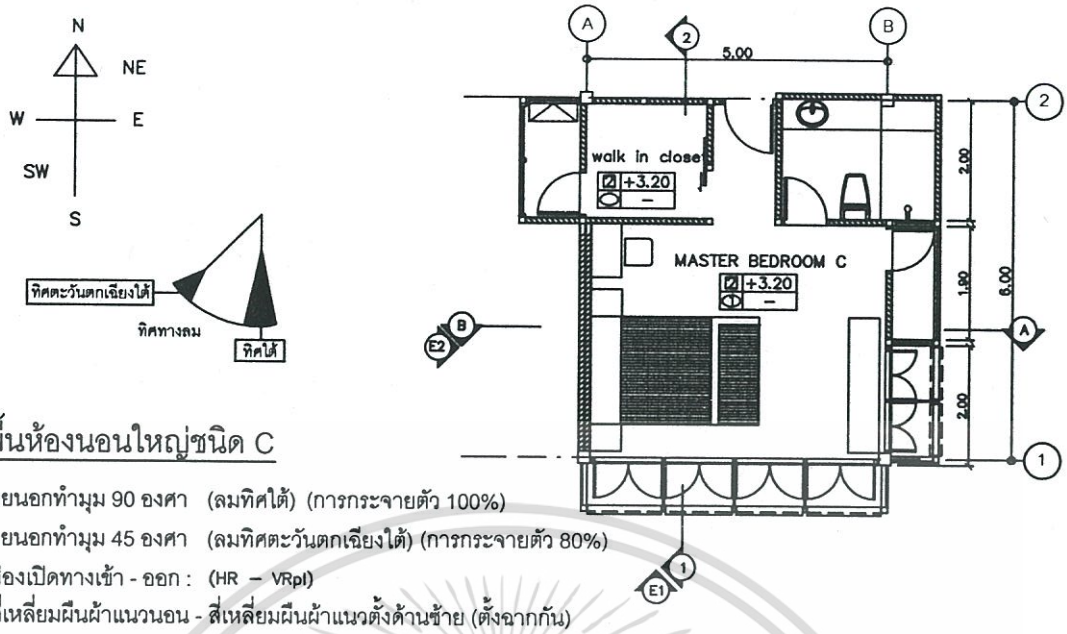


ภาพที่ 4.29 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอนใหญ่ชนิด A (Master bedroom A)



ภาพที่ 4.30 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอนใหญ่ชนิด B (Master bedroom B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังพื้นห้องนอนใหญ่ชนิด C

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 100%)

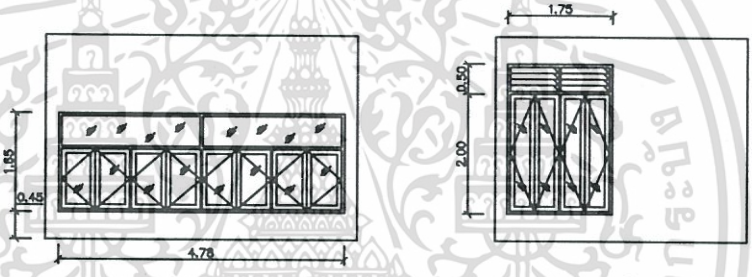
ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 80%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRpl)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (ตั้งฉากกัน)

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.4 และ 1.8

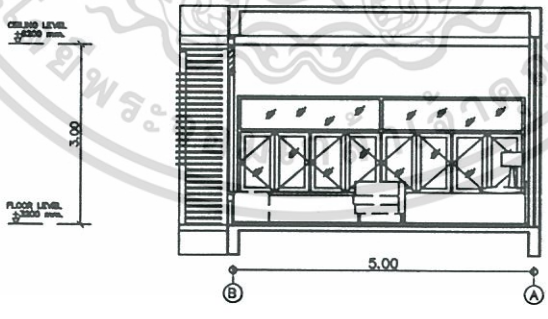
รูปแบบช่องเปิด



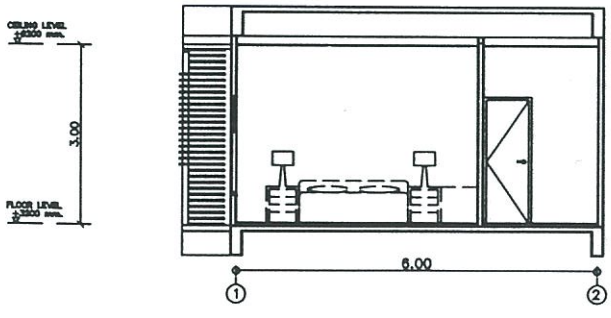
ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HRp) ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl) ELEVATION 2

รูปตัด



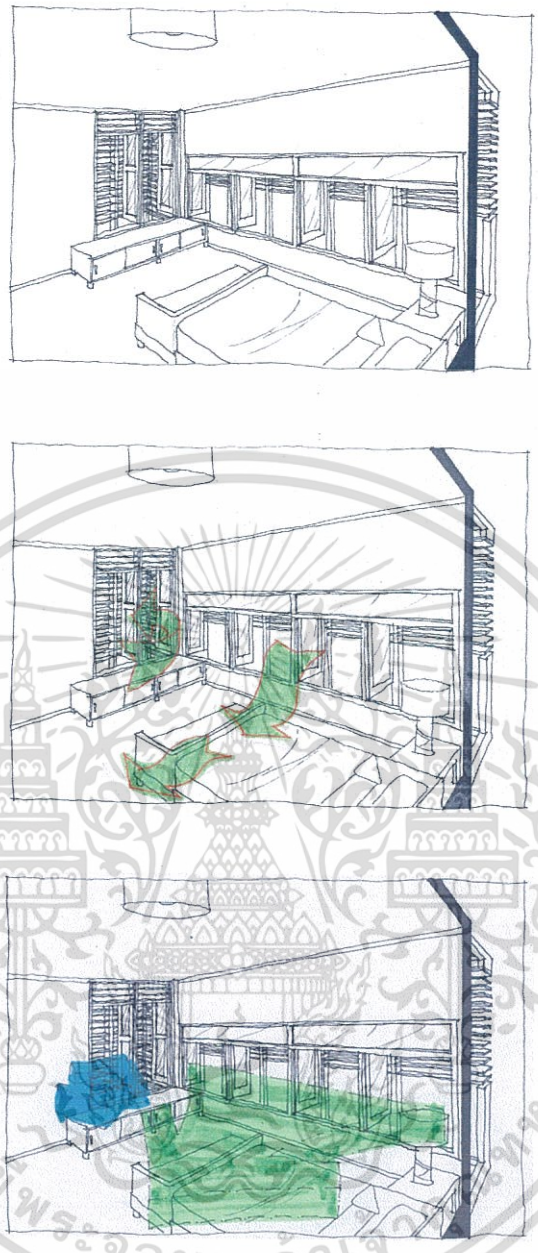
SECTION A–B



SECTION 1–2

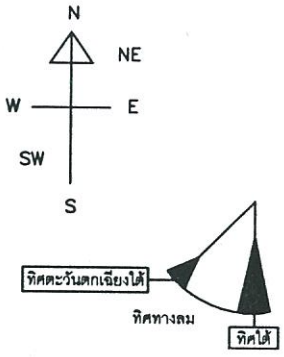
ภาพที่4.31 แบบขยายห้องนอนใหญ่ชนิด C

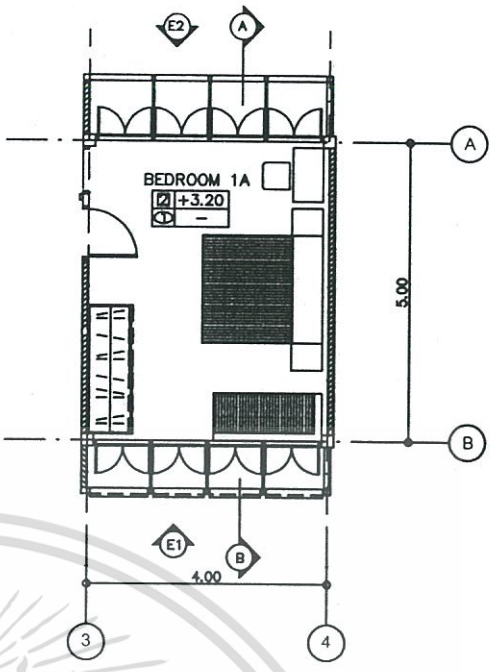
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.32 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอนใหญ่ชนิด C (Master bedroom C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





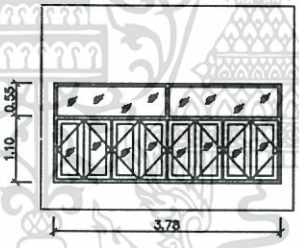
ผังพื้นห้องนอน 1A

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 100%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – HR)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน

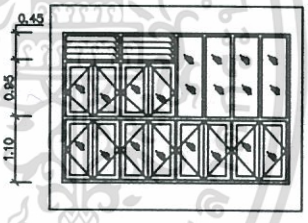
ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 90%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRr)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.1 และ 1.2

รูปแบบช่องเปิด

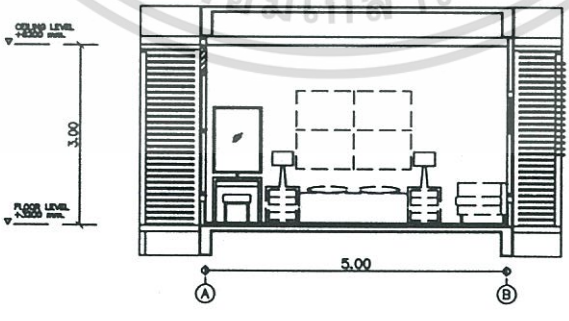


ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน
(HR)
ELEVATION 1



ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และแนวตั้งด้านขวา
(HR + VRr)
ELEVATION 2

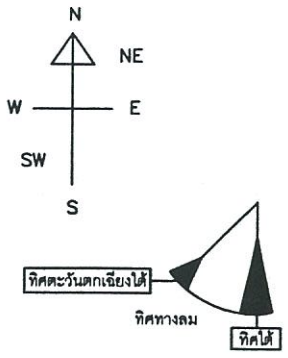
รูปตัด

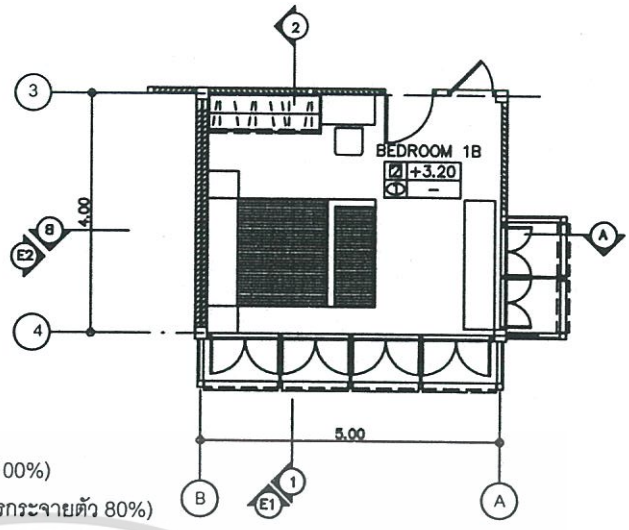


SECTION A–B

ภาพที่4.33 แบบขยายห้องนอน 1A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ผังพื้นห้องนอน 1B

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 100%)

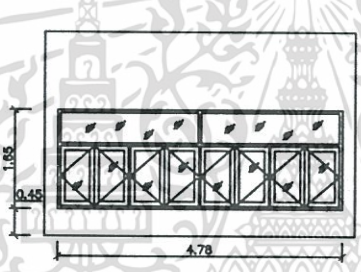
ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 80%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRpl)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (ตั้งฉากกัน)

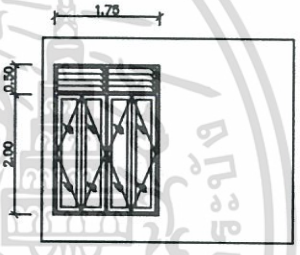
* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.3 และ 1.7

รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

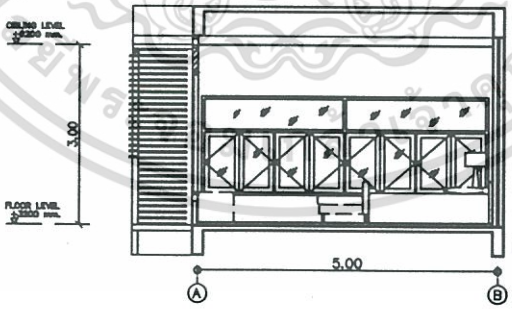
ELEVATION 1



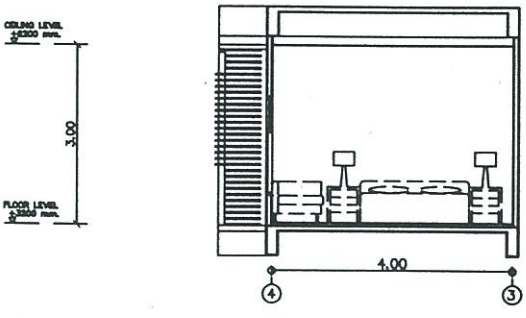
ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl)

ELEVATION 2

รูปตัด



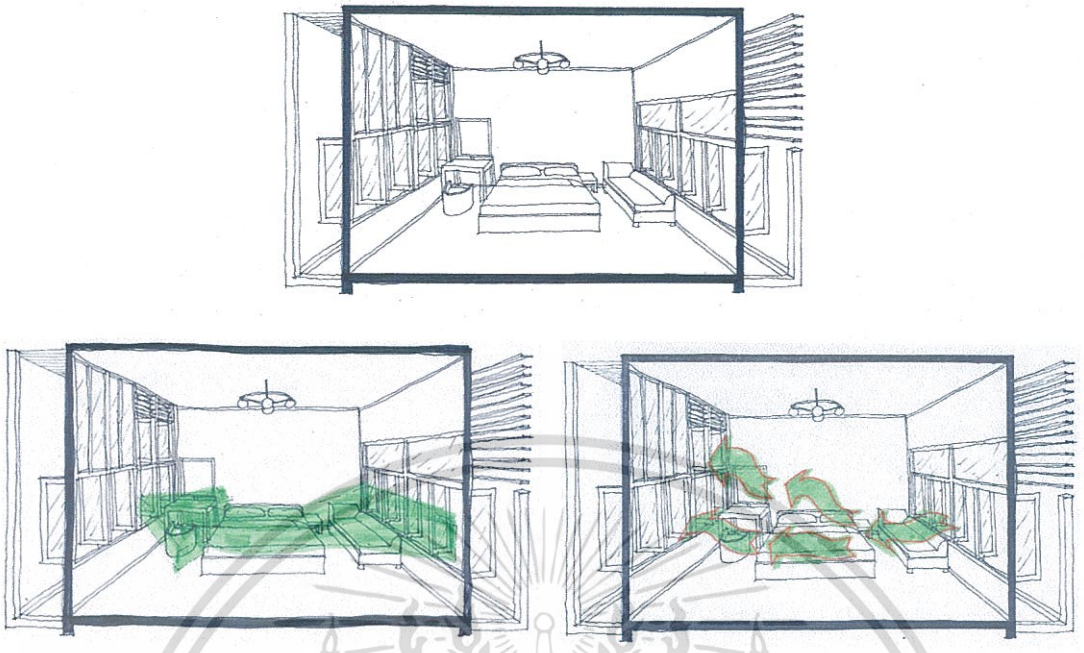
SECTION A–B



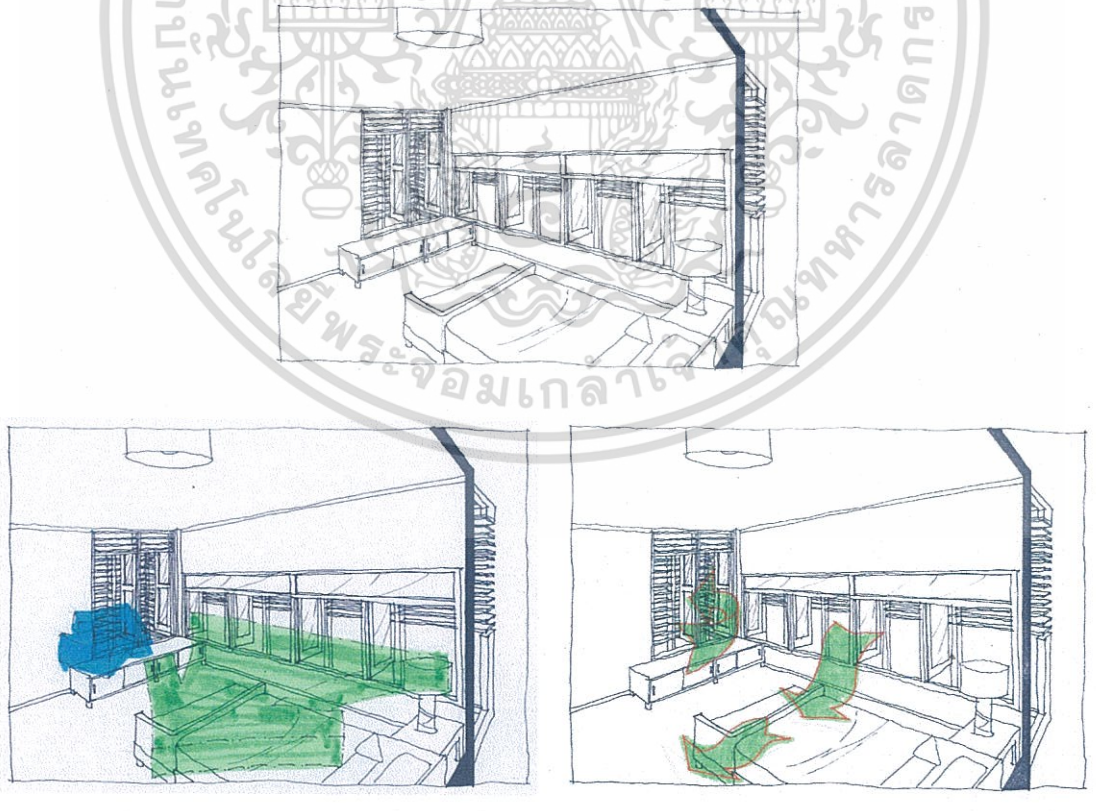
SECTION 1–2

ภาพที่4.34 แบบขยายห้องนอน 1B

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

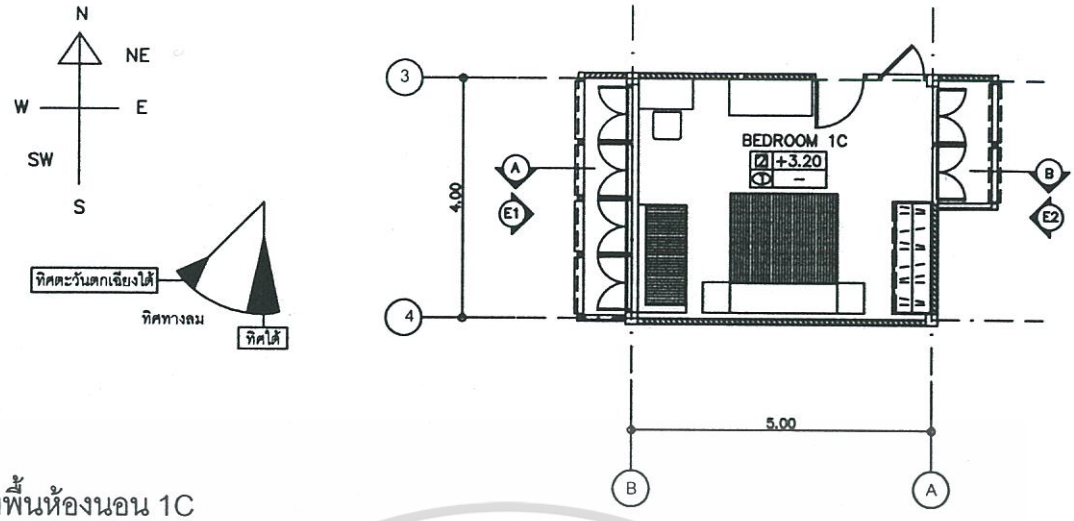


ภาพที่ 4.35 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 1A (Bedroom 1A)



ภาพที่ 4.36 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 1B (Bedroom 1B)

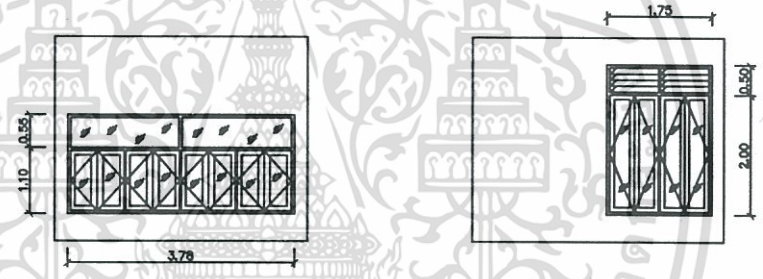
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังพื้นห้องนอน 1C

ลมภายนอกทำมุม -45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 90%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRI)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.4

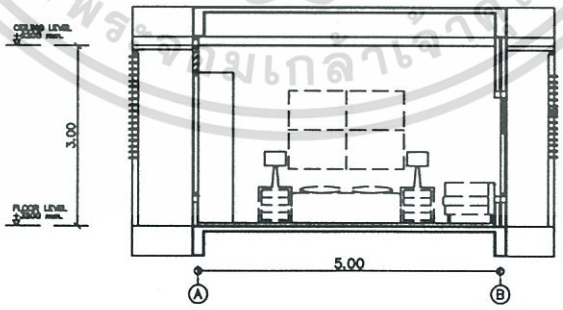


รูปแบบช่องเปิด

ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)
ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRI)
ELEVATION 2

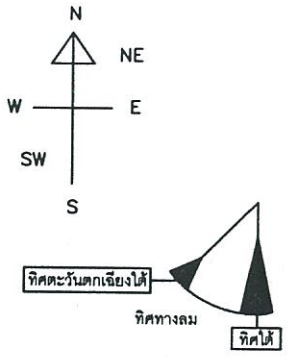
รูปตัด

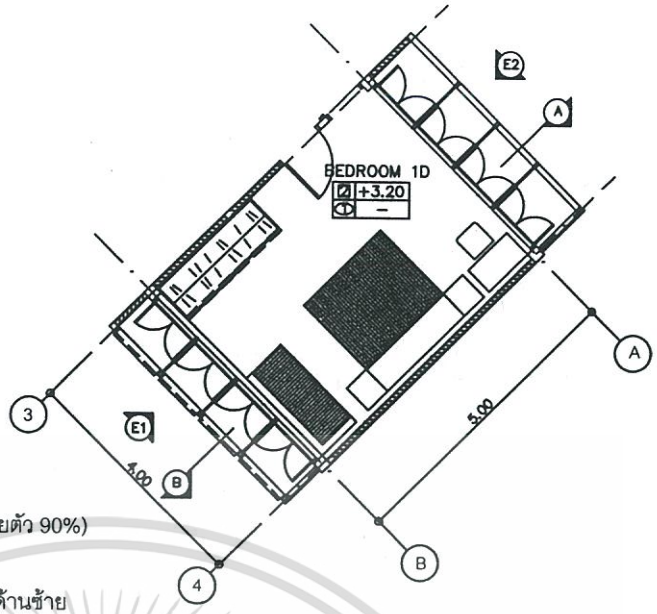


SECTION A–B

ภาพที่4.37 แบบขยายห้องนอน 1C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ผังพื้นห้องนอน 1D

ลมภายนอกทำมุม -45 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 90%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRI)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

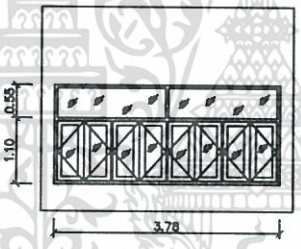
ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 100%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – HR)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.5 และ 1.6

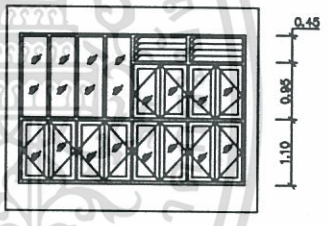
รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน

(HR)

ELEVATION 1

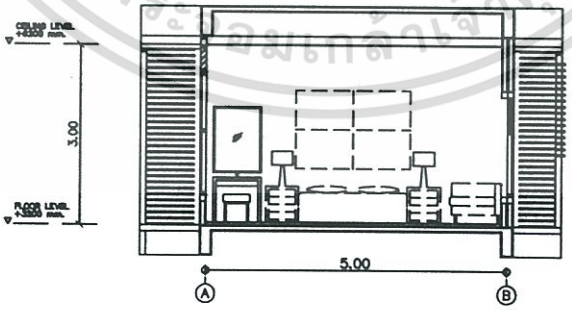


ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน และแนวตั้งด้านซ้าย

(HR + VRI)

ELEVATION 2

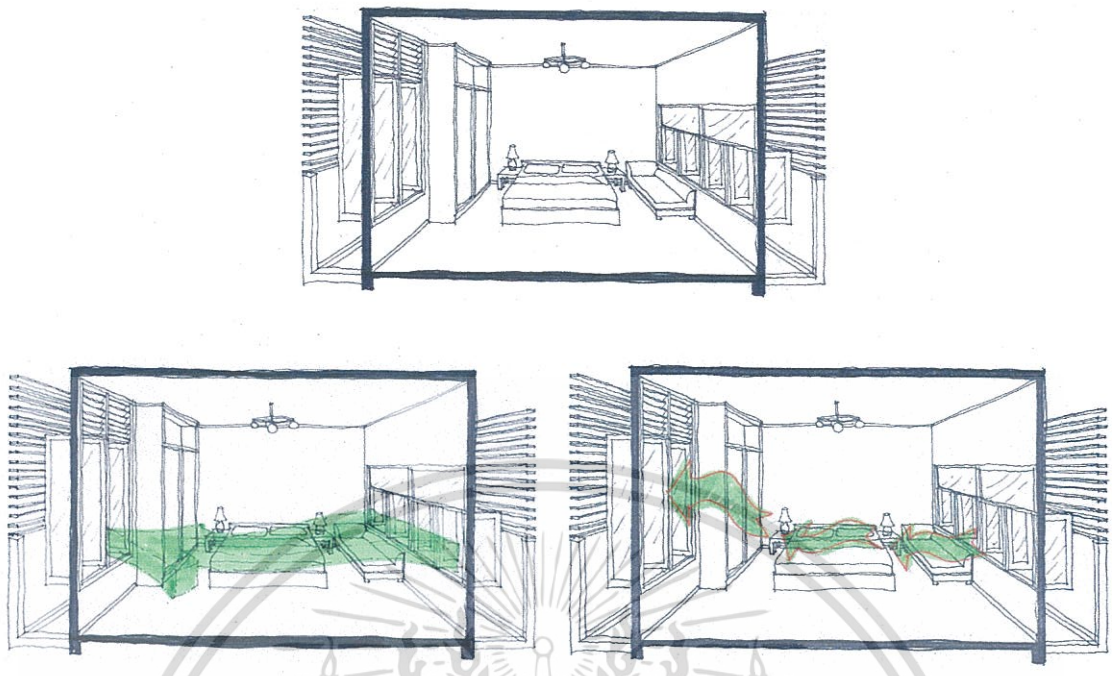
รูปตัด



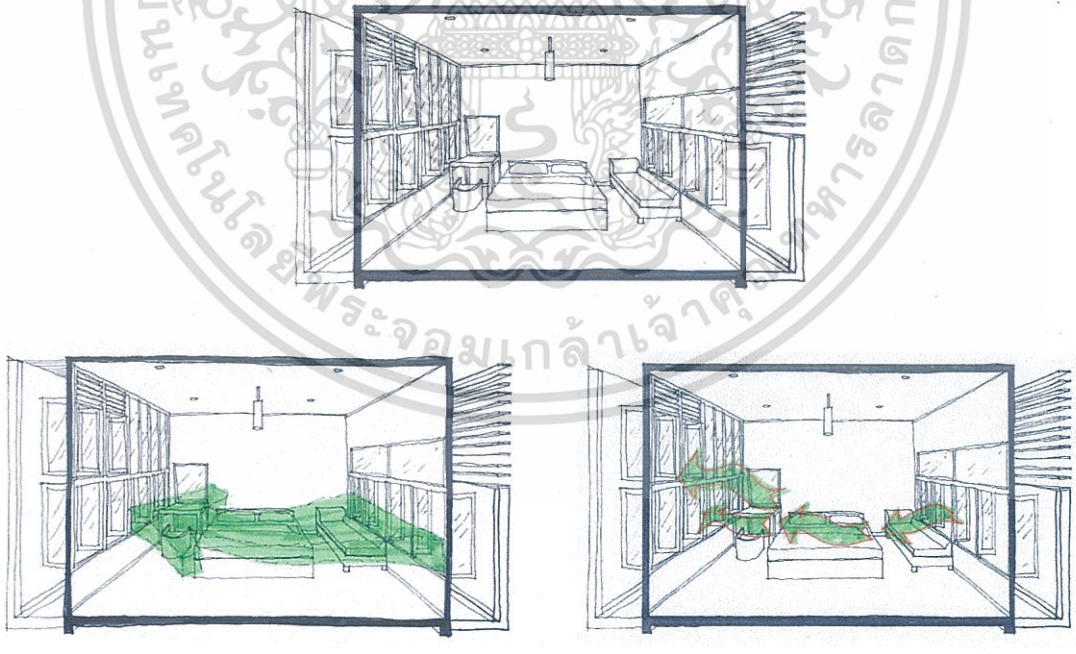
SECTION A–B

ภาพที่4.38 แบบขยายห้องนอน 1D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

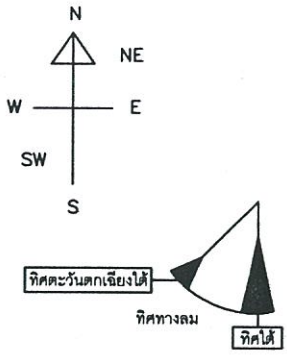


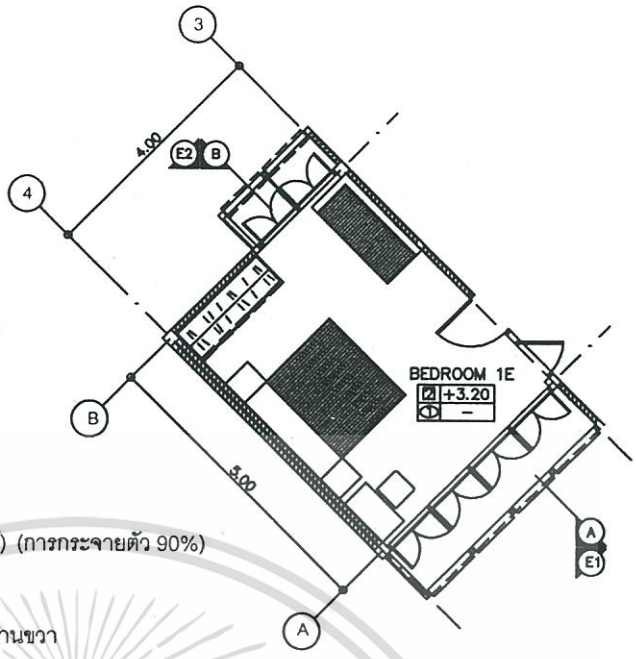
ภาพที่ 4.39 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 1C (Bedroom 1C)



ภาพที่ 4.40 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 1D (Bedroom 1D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ผังพื้นห้องนอน 1E

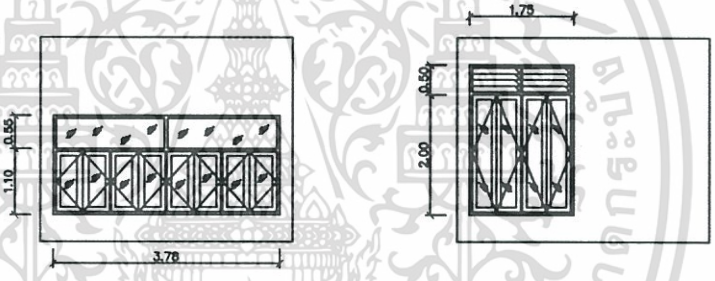
ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 90%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRr)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา

* ใช้รูปแบบช่องเปิดนี้สำหรับอาคารแบบที่ 1.8

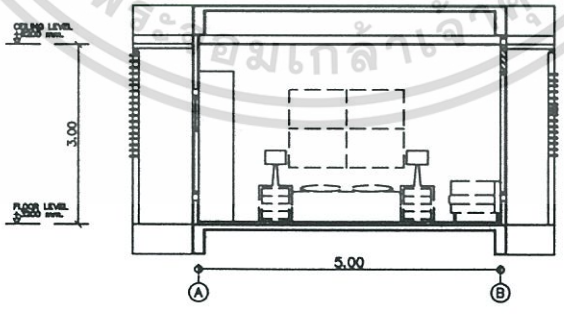
รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ELEVATION 2

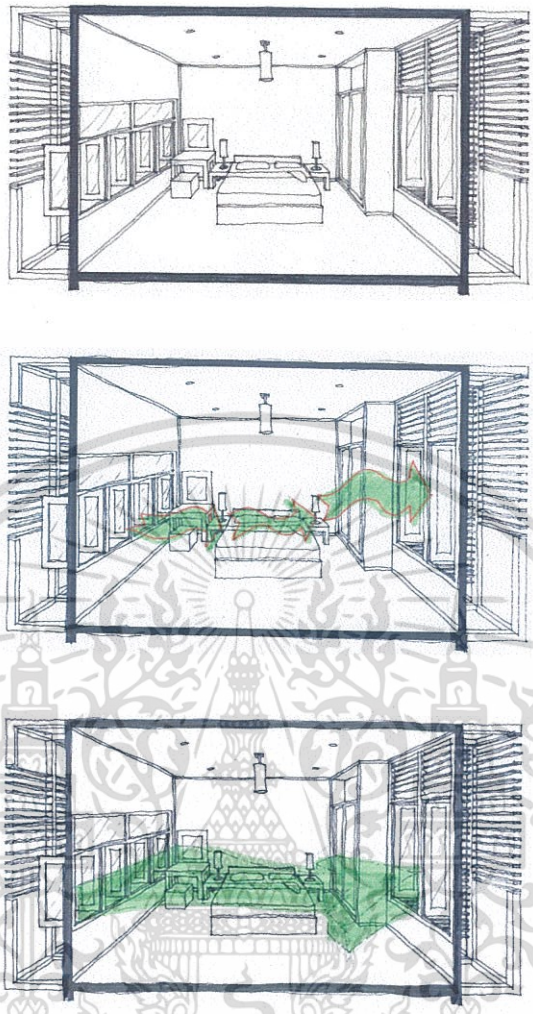
รูปตัด



SECTION A–B

ภาพที่4.41 แบบขยายห้องนอน 1E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.42 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 1E (Bedroom 1E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 **ตัวอย่างที่ 2 บ้านเดียว 2 ชั้น**

ในการออกแบบตัวอย่างที่ 2 ผู้ทำวิจัยได้ออกแบบช่องเปิดสำหรับห้องนอนใหญ่ และ ห้องนอน 3 เท่านั้น เนื่องจากห้องนอน 2 มีสภาพไม่ตรงกับขอบเขตของงานวิจัยนี้จึงใช้ช่องเปิดรูปแบบเดิมแต่ได้ออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับห้องนอน 2 เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอก

ห้องนอนใหญ่ เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) – สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr) ตามลำดับซึ่งให้ผลการกระจายตัวกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิด 95% และ90%กับลมภายนอกที่ทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้า ช่องเปิดทางเข้าใช้อุปกรณ์กันแดดแนวนอน ช่องทางออกใช้เกล็ดแนวนอนปรับได้ติดกับกรอบบานเพื่อให้เข้ากับช่องเปิดเดิมบริเวณใกล้เคียง และเพิ่มเติมช่องแสงเพื่อให้เข้ากับช่องเปิดส่วนใหญ่ของอาคาร ผนังด้านทิศตะวันตกเป็นผนังทึบจัดวางเฟอร์นิเจอร์ และตู้ต่างๆติดผนังเพื่อช่วยในการป้องกันความร้อนจากผนังทางทิศตะวันตกเข้ามาในห้อง

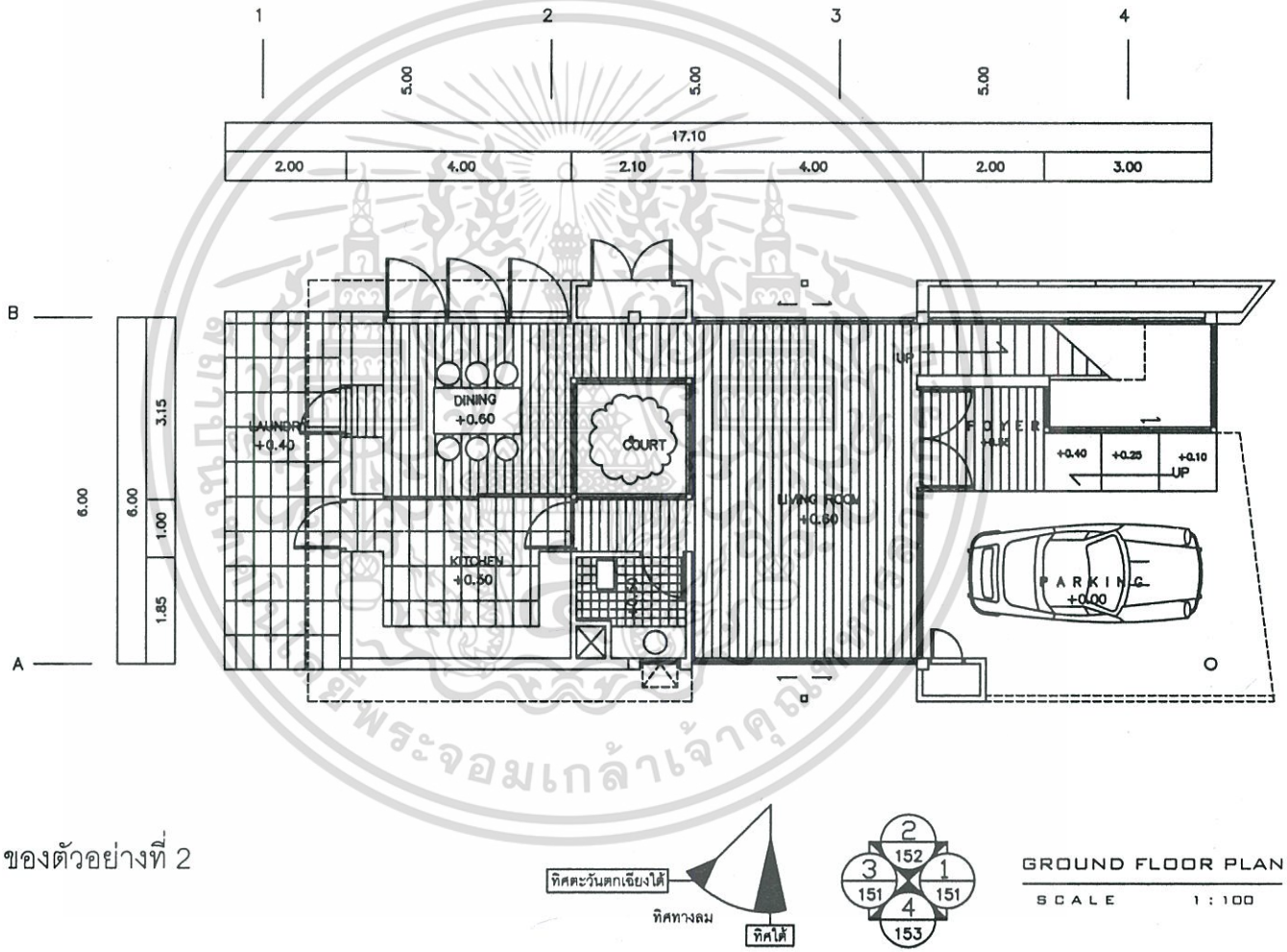
ห้องนอน 3 เลือกใช้ช่องเปิดทางเข้า-ออก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) – สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl) ตามลำดับ โดยช่องเปิดทางเข้า-ออกตั้งฉากกันตามสภาพของห้องนอนให้ผลการกระจายตัวกับลมภายนอกที่ทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า 100% และลมเอียง 45° มีค่าการกระจายตัว 80% สังเกตได้ว่าผู้ทำวิจัยมิได้เลือกรูปแบบช่องเปิดตามข้อสรุปเนื่องจากว่า ห้องนอน 3 นั้นอยู่บริเวณด้านหน้าอาคารตรงทางเข้าออกจึงเสนอรูปแบบช่องเปิดที่มีส่วนโปร่งน้อยกว่าเพื่อความเป็นส่วนตัวและลดการใช้อุปกรณ์บังแดดลง แต่ถ้าเจาะตามข้อสรุปจะต้องเจาะ 2 รูปแบบทั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนทั้งบนและล่าง (HRp และ HRpu) ซึ่งใช้พื้นที่เกือบทั้งผนังและผลการกระจายตัวยังเท่ากัน (แต่ในรายละเอียด VRpl ต่ำกว่าเล็กน้อย ดูจากตารางที่ 3-6 ตารางรวมผลการทดลอง) ผู้ทำวิจัยจึงเห็นว่าน่าจะเหมาะสมกว่า

ในส่วนอื่นๆ ช่องเปิดบางส่วนมีการใส่อุปกรณ์บังแดดเพิ่มเติมเนื่องจากช่องเปิดที่ได้รับการออกแบบไว้มีขนาดใหญ่ อาจเพื่อต้องการการเปิดโล่งและมุมมอง แต่ต้องรับแสงแดดและความร้อนมากเช่นกัน หลังคาเดิมผู้ออกแบบเลือกใช้หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กเรียบ (Slab) ผู้ทำวิจัยได้ออกแบบหลังคาจั่วซ้อน เพื่อให้มีช่องว่างของอากาศใต้หลังคาและมีการระบายอากาศภายใต้หลังคาที่บริเวณหน้าจั่ว ส่วนที่เป็นจั่วซ้อนนั้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการระบายอากาศใต้หลังคาให้มากขึ้น เนื่องจากหลังคามีความยาวมากการระบายอากาศบริเวณหน้าจั่วอาจไม่เพียงพอจึงเพิ่มช่องระบายความร้อนที่จะลอยตัวสูงขึ้นไปด้านบนและระบายออกไปทางเกร็ดด้านบนหลังคาด้วย, เพิ่มระยะยื่นของชายคาเพื่อป้องกันแสงแดดและความร้อนเข้ามาทางช่องเปิดและลดอุปกรณ์บังแดดที่กีดขวางลมบริเวณช่องเปิดลงทำให้ลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดได้อย่างสะดวกแต่ในส่วนด้านหน้ายังคงต้องมีอุปกรณ์บังแดดเพื่อเพิ่มความเป็นส่วนตัวให้กับห้องนอน, ลดพื้นที่หลังคาที่ได้รับแสงแดดทางทิศตะวันออกและตะวันตก และ ช่วยให้ลมภายนอกด้านบนปะทะชายคาแล้วม้วนตัว

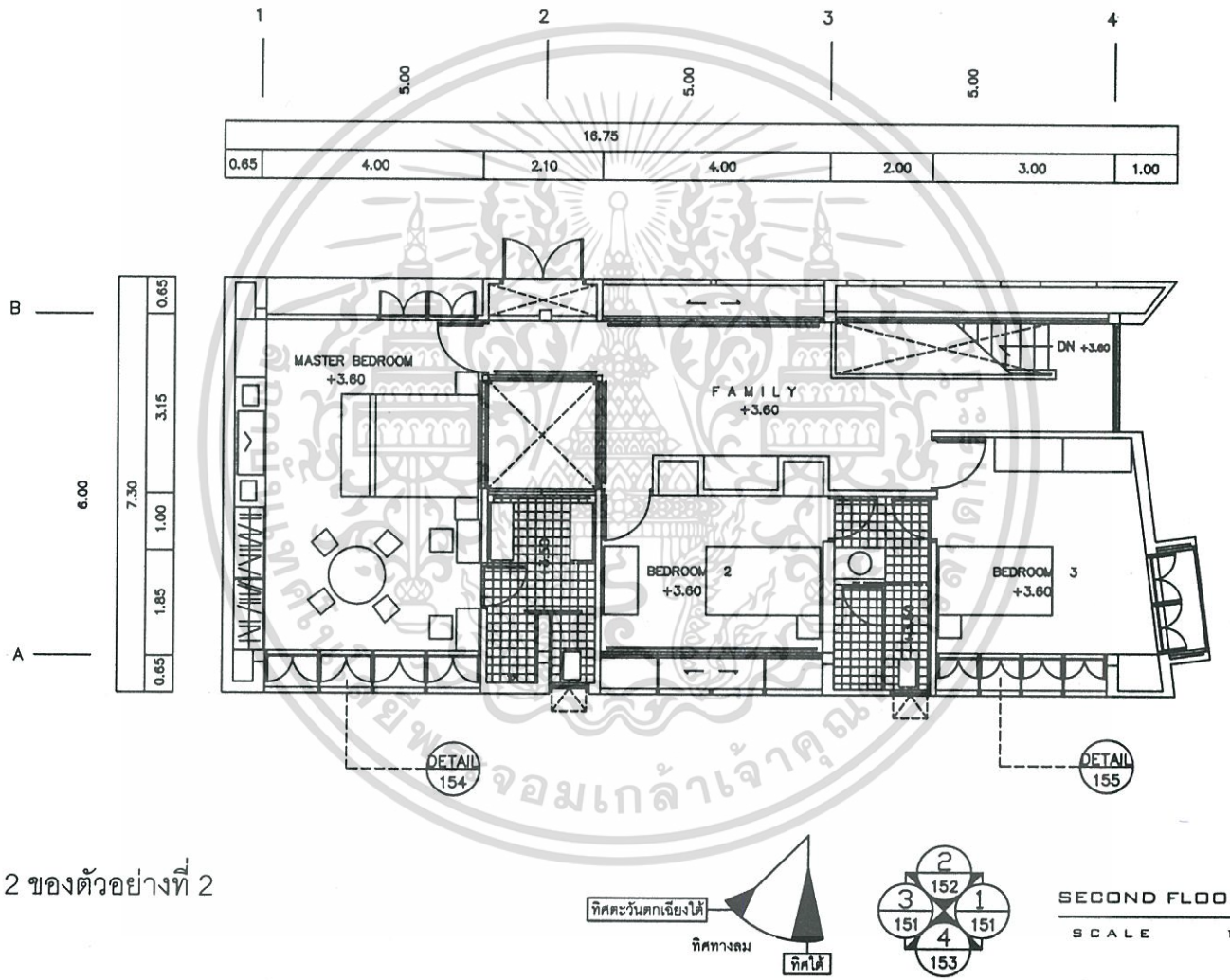
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงมาในระดับของช่องเปิดทางเข้าด้วย สุดท้ายช่องเปิดทั้งหมดมีการปรับขนาดให้เข้ากับขนาดห้อง และปรับเส้นของกรอบหน้าต่างและวงกบให้เข้ากับหน้าต่างที่ได้รับการออกแบบไว้ด้วยเช่นกัน

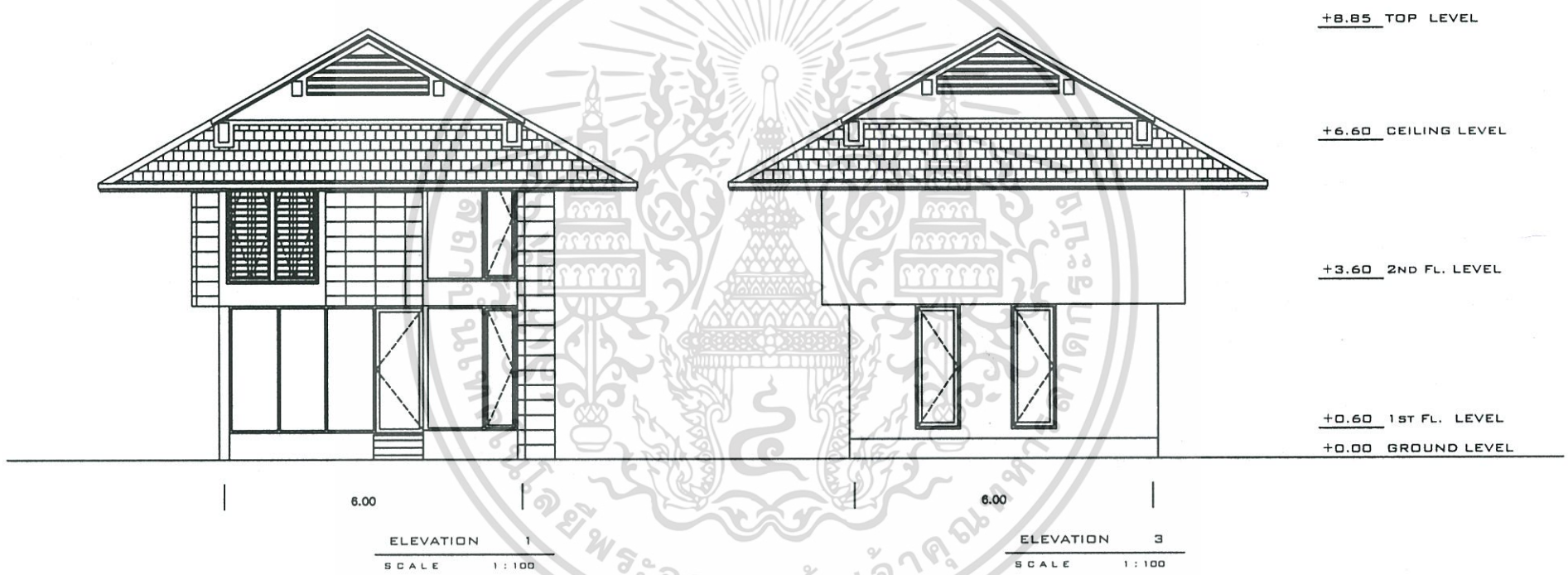
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



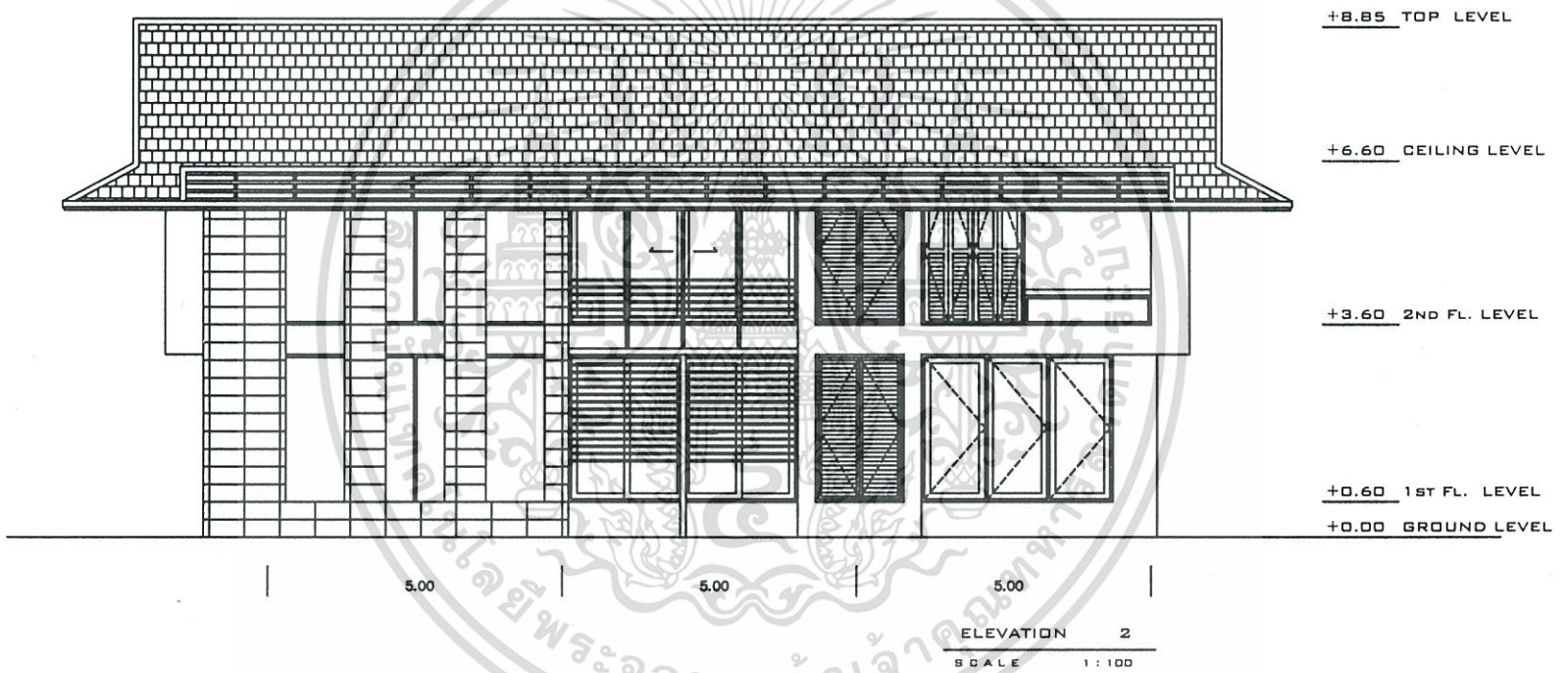
ภาพที่4.43 ผังพื้นชั้นล่าง ของตัวอย่างที่ 2



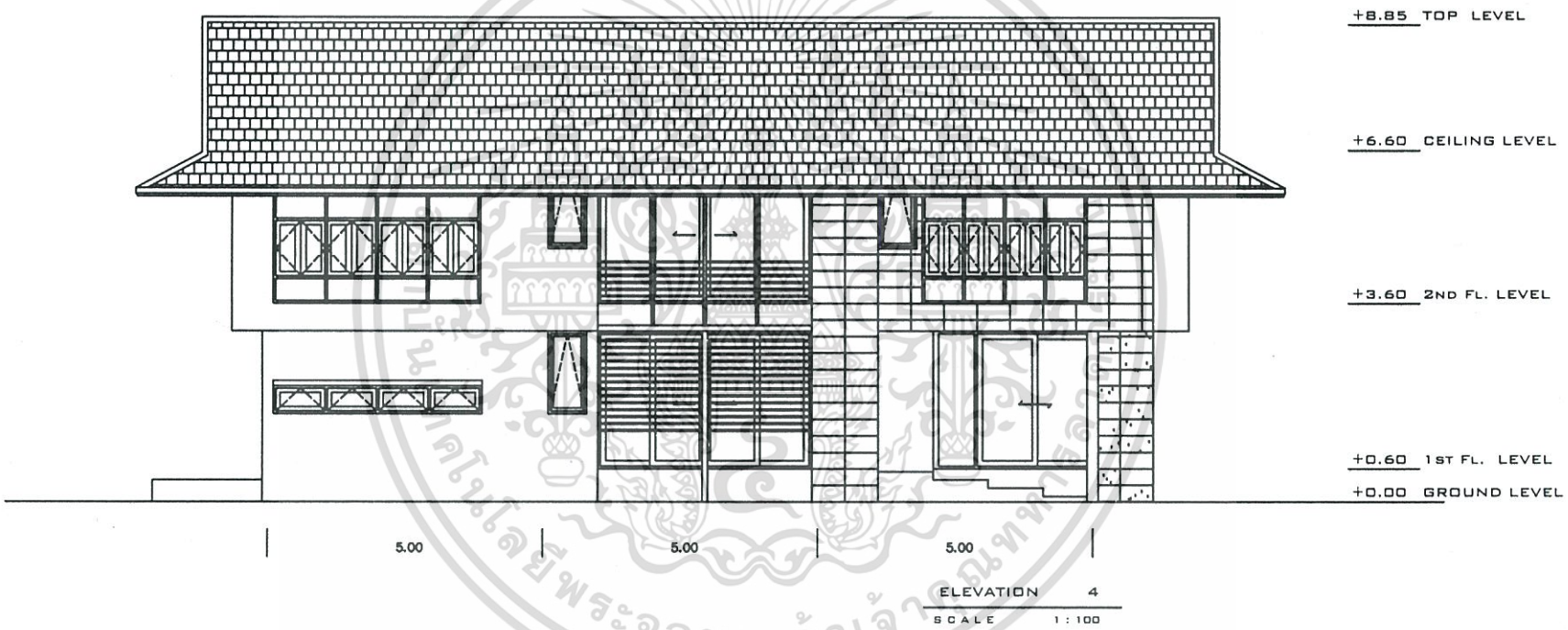
ภาพที่4.44 ผังพื้นชั้น 2 ของตัวอย่างที่ 2



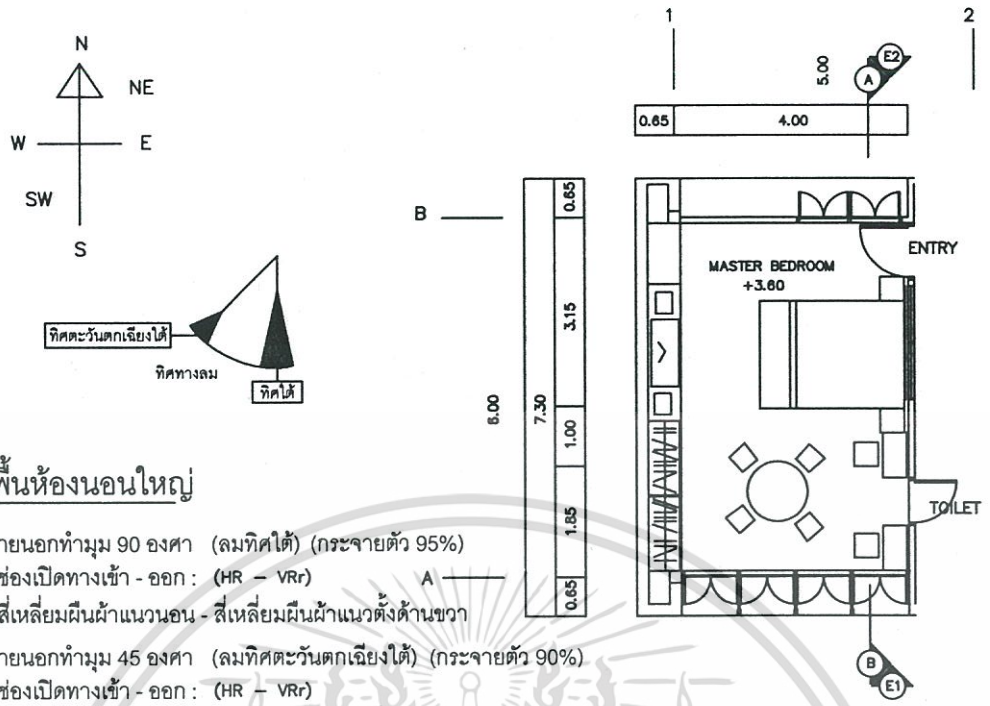
ภาพที่4.45 รูปด้าน 1 และ 3 ของตัวอย่างที่ 2



ภาพที่4.46 รูปด้าน 2 ของตัวอย่างที่ 2



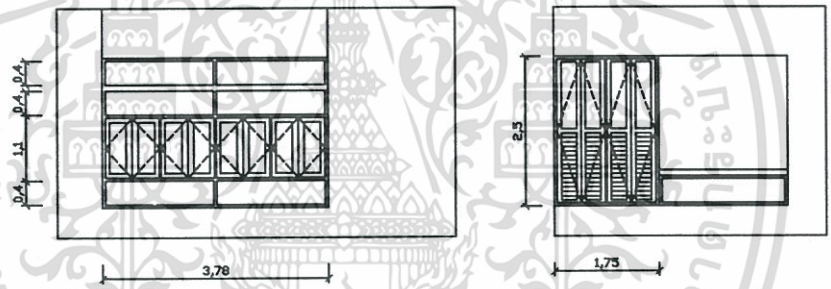
ภาพที่4.47 รูปด้าน 4 ของตัวอย่างที่ 2



ผังพื้นห้องนอนใหญ่

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (กระจายตัว 95%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRr)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา

ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (กระจายตัว 90%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRr)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา

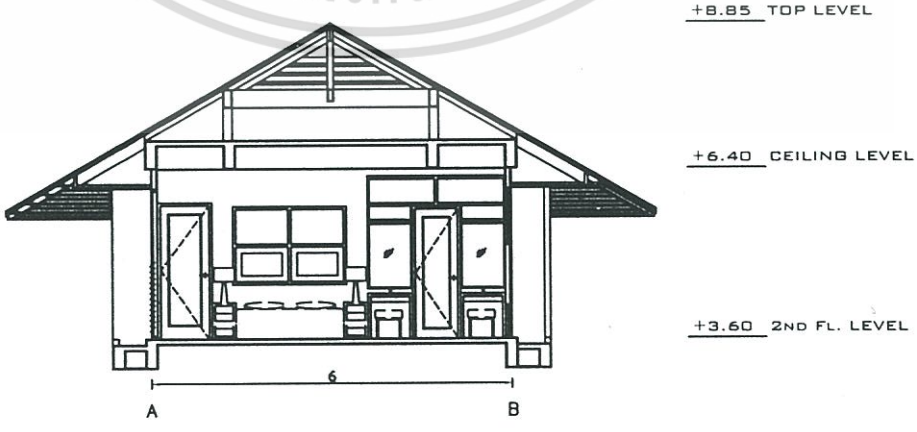


รูปแบบช่องเปิด

ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)
ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา (VRr)
ELEVATION 2

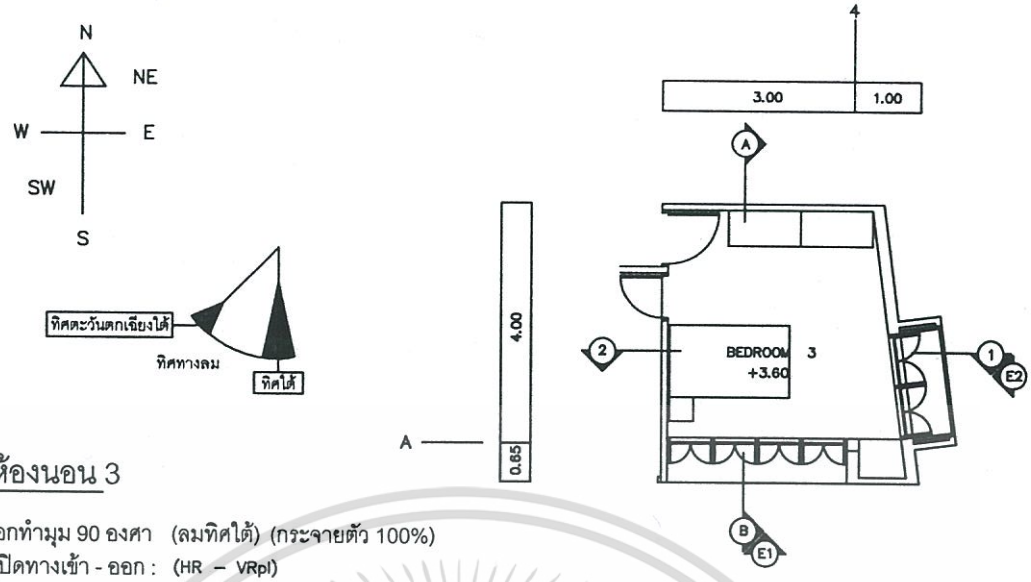
รูปตัด



SECTION A–B

ภาพที่4.48 แบบขยายห้องนอนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

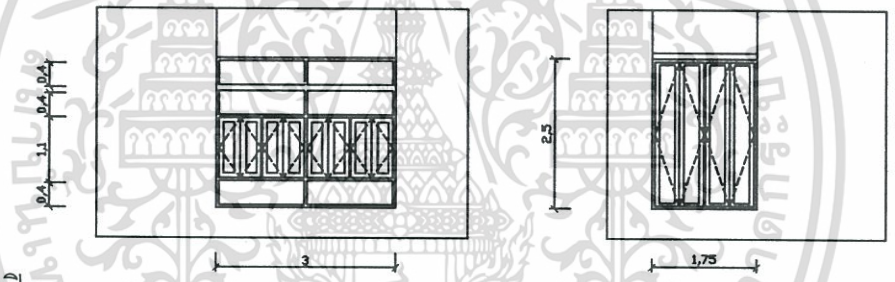


ผังพื้นห้องนอน 3

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (กระจายตัว 100%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRpl)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (กระจายตัว 80%)
ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – VRpl)
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย

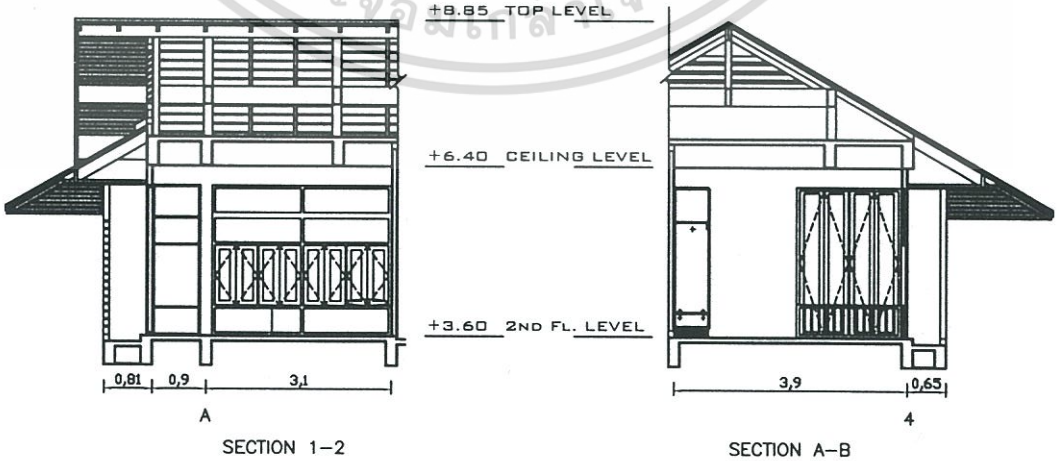
รูปแบบช่องเปิด



ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)
ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย (VRpl)
ELEVATION 2

รูปตัด

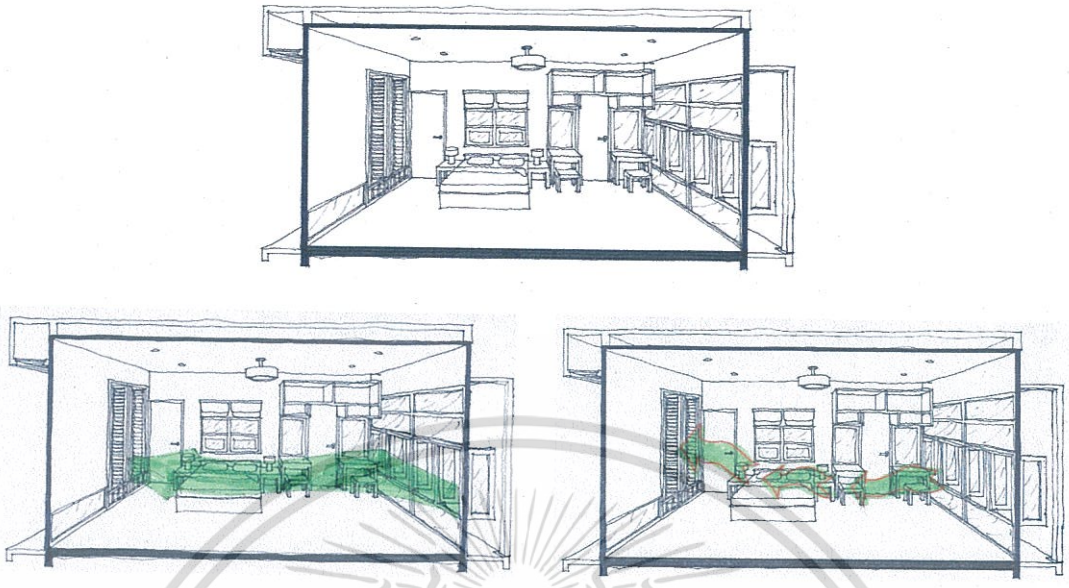


SECTION 1–2

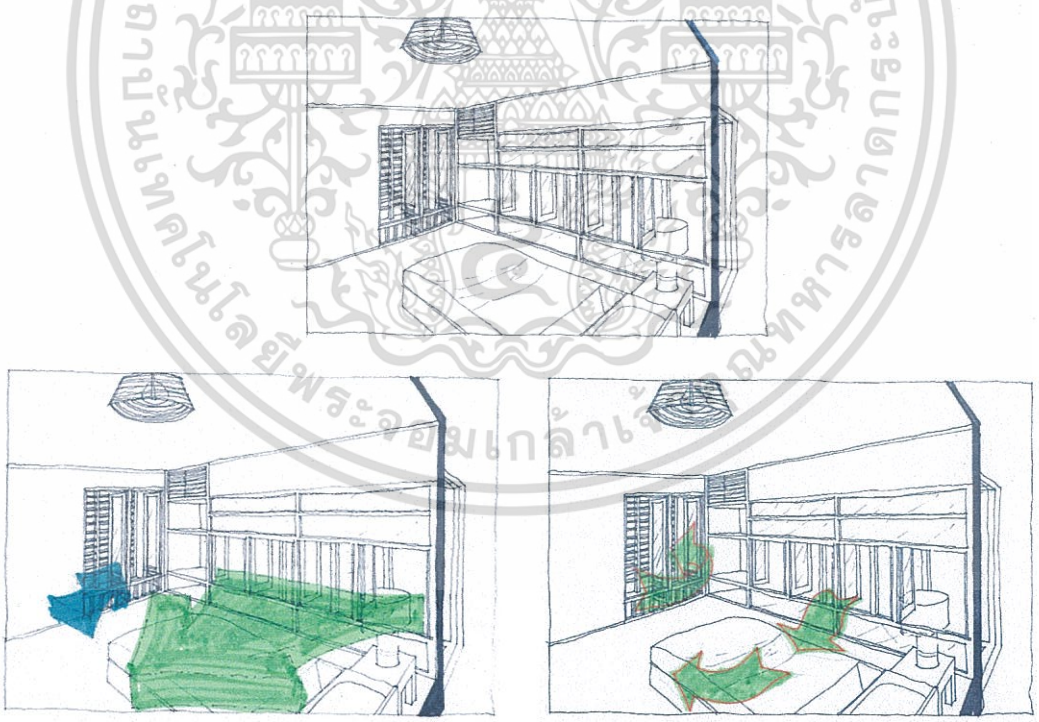
SECTION A–B

ภาพที่4.49 แบบขยายห้องนอน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.50 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอนใหญ่ (Master bedroom)



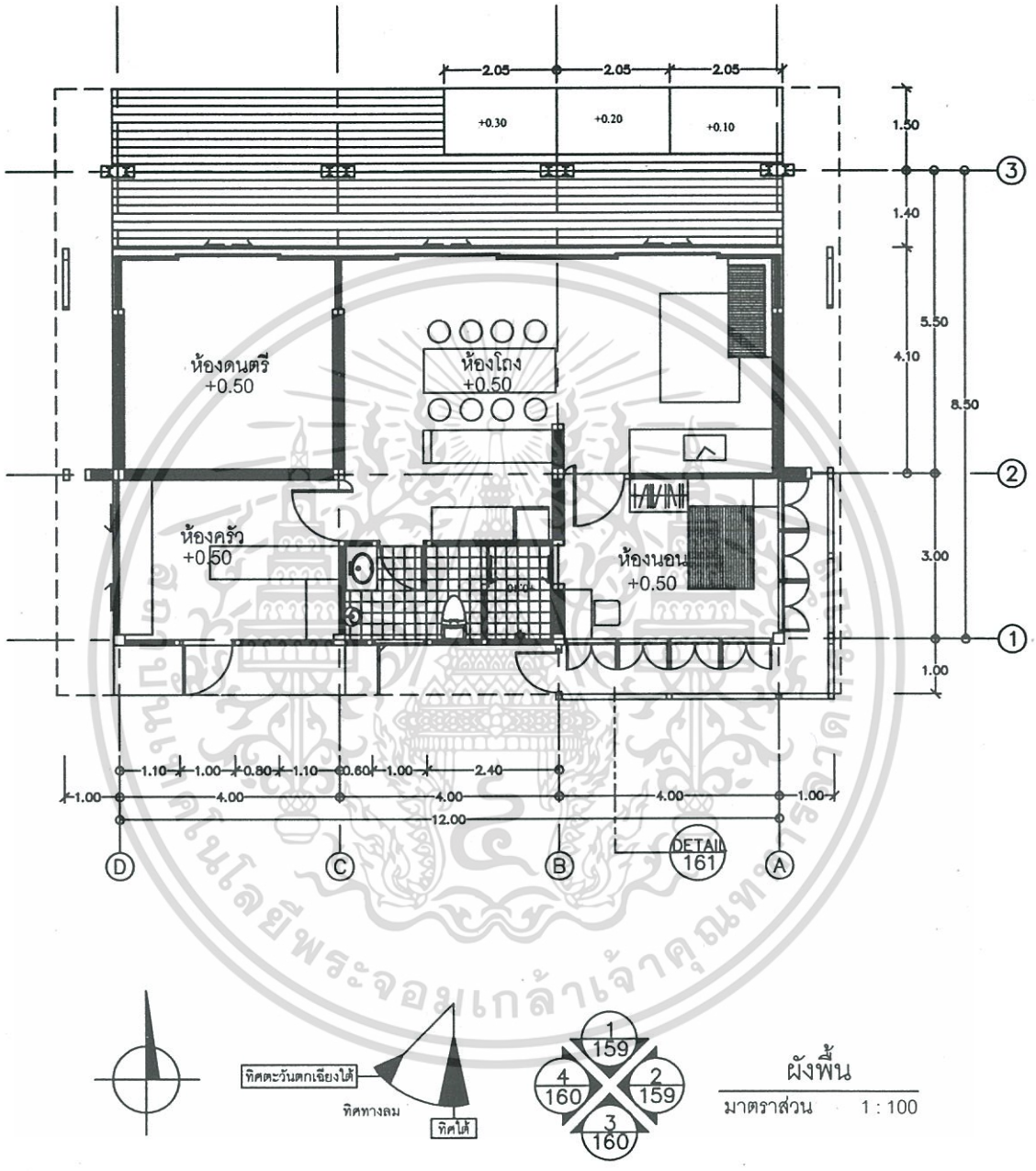
ภาพที่ 4.51 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน 3 (Bedroom 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ตัวอย่างที่ 3 บ้านเดียว 1 ชั้น

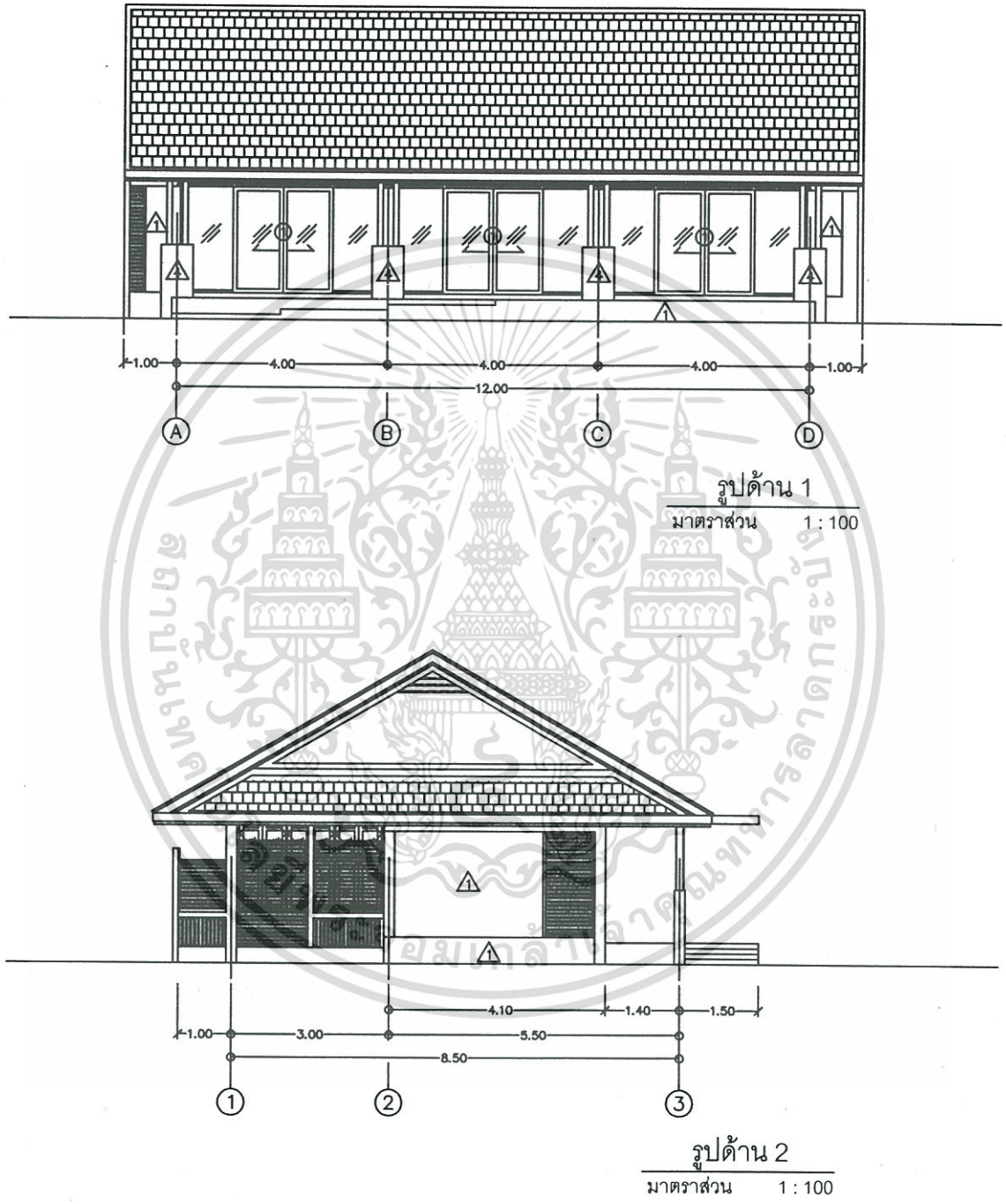
ในการออกแบบตัวอย่างที่ 3 เนื่องจากเป็นบ้านชั้นเดียวซึ่งระดับความสูงทำให้ลมภายนอกมีความเร็วลดลงอยู่แล้ว แต่ผู้ทำวิจัยต้องการนำเสนอเพื่อให้เป็นทางเลือกในการนำไปใช้และเสนอการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาของห้องนอนสำหรับบ้านชั้นเดียวที่ต่างจากบ้าน 2 ชั้นด้วย ผู้ทำวิจัยจึงได้เลือกรูปร่างช่องเปิดทางเข้าออกที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดสำหรับช่องเปิดคือ ช่องเปิดทางเข้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR) และรูปร่างช่องเปิดทางออกแบบผสมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบนและล่าง (HRp และ HRpu) ซึ่งให้ผลการกระจายตัวสูงสุดเมื่อลมภายนอกทำมุมตั้งฉาก 90° กับช่องเปิดทางเข้า 100% และ 80% เมื่อลมภายนอกทำมุมเอียง 45° กับช่องเปิดทางเข้า ในตัวอย่างที่ 3 นั้นใช้ช่องเปิดต่างจากตัวอย่างที่ 2 ทั้งที่มีลักษณะห้องนอนเหมือนกันเนื่องจากในตัวอย่างที่ 3 เป็นบ้านชั้นเดียวที่ต้องการการกระจายตัวของลมที่สูงที่สุดและพื้นที่ในการกระจายตัวอย่างเหมาะสมที่สุดเพราะห้องนอนในตัวอย่างที่ 3 นั้นถูกจัดวางให้มีพื้นที่แคบกว่า ตำแหน่งของเตียงนอนจึงต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งดังกล่าวตามแบบการกระจายตัวของลมจึงต้องลึกเข้าไปถึงปลายห้อง ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อช่องเปิดทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HRp) จะมีพื้นที่การกระจายตัวได้ลึกและทั่วถึงกว่านั้นเอง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือความเป็นส่วนตัวผู้ทำวิจัยจึงได้ออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้ใช้เป็นอุปกรณ์บังตาที่ล้อมรอบแต่มีประตูที่สามารถเข้ามาซ่อมบำรุงหรือทำความสะอาดบริเวณนั้นได้ เนื่องจากความสูงตลอดแนวของอุปกรณ์บังแดดอาจทำให้ลมพัดผ่านได้ยากจึงได้ออกแบบอุปกรณ์บังแดดด้านบนให้อยู่คนละระนาบกันเพื่อให้เวลาลมพัดเข้ามาปะทะระแนงกันแดดช่วงบนลมจะมีช่องที่ใหญ่กว่าเคลื่อนที่พัดต่ำลงมาผ่านเข้ามายังช่องเปิดทางเข้าได้โดยยังสามารถป้องกันแสงแดดได้เช่นกัน และเสนอให้มีการปลูกต้นไม้พุ่มเตี้ยบริเวณใกล้อาคารและต้นไม้โปร่งระดับกลางและสูงถัดออกไปตามลำดับเพื่อช่วยในการบังสายตาแต่ไม่บังกระแสลมด้วย นอกจากนั้นเดิมผู้ออกแบบได้ออกแบบหลังคาเป็นหลังคาปีกนกและมีช่องว่างอากาศใต้หลังคาน้อยซึ่งจะทำให้มีการอุดตันของรางระบายน้ำบริเวณกลางบ้านอาจทำให้เกิดปัญหาการรั่วซึมได้และยังทำให้ความร้อนจากหลังคาผ่านเข้ามาได้อย่างรวดเร็ว ผู้ทำวิจัยจึงได้ปรับแบบหลังคาใหม่ให้เป็นหลังคาจั่ว เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เป็นการเพิ่มช่องว่างอากาศใต้หลังคาที่สามารถการระบายอากาศใต้หลังคาทางหน้าจั่วได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



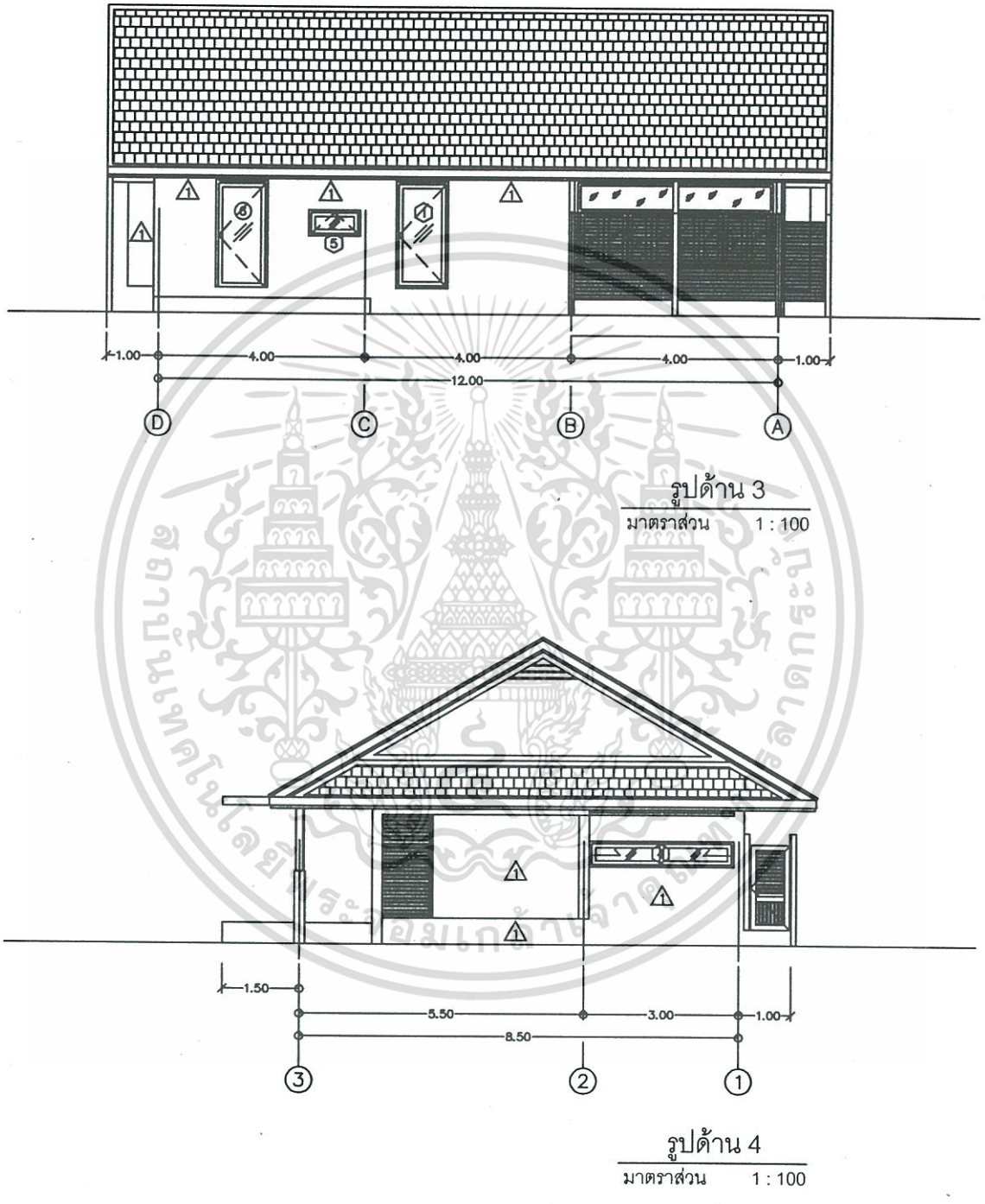
ภาพที่4.52 ผังพื้นตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



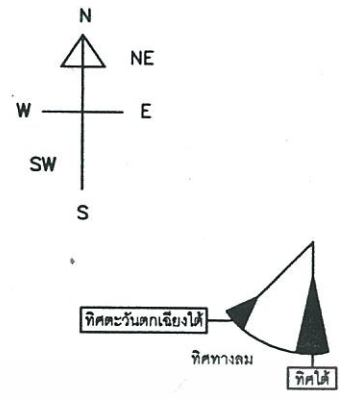
ภาพที่4.53 รูปด้าน 1 และ 2 ของตัวอย่างที่ 3

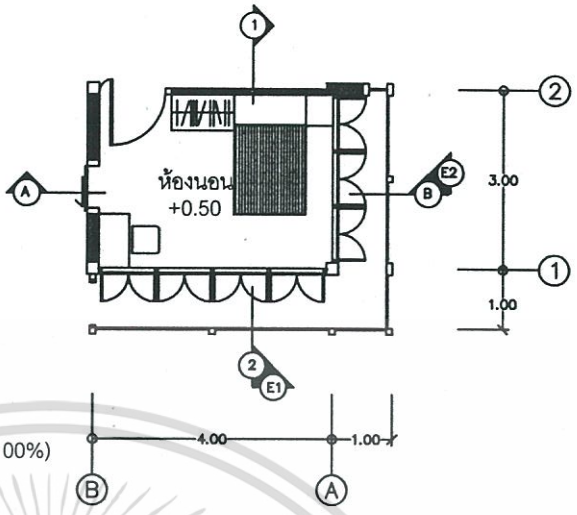
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.54 รูปด้าน 3 และ 4 ของตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ผังพื้นห้องนอน

ลมภายนอกทำมุม 90 องศา (ลมทิศใต้) (การกระจายตัว 100%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – HRp)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน

ลมภายนอกทำมุม 45 องศา (ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้) (การกระจายตัว 80%)

ช่องเปิดทางเข้า - ออก : (HR – HRpu)

สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน - สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน

รูปแบบช่องเปิด

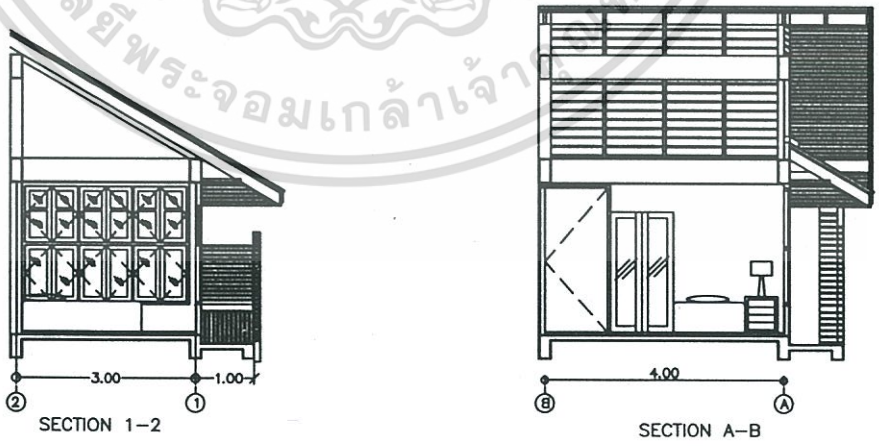
ทางเข้า : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน (HR)

ELEVATION 1

ทางออก : รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน ทั้งด้านล่างและบน (HRp+HRpu)

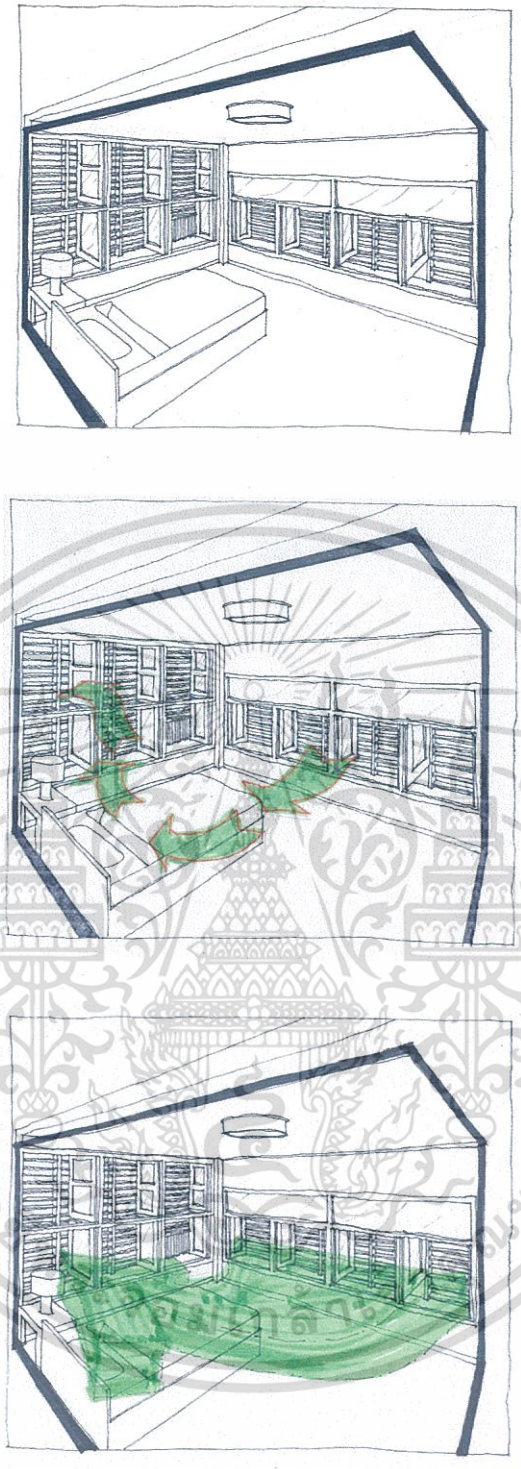
ELEVATION 2

รูปตัด



ภาพที่4.55 แบบขยายห้องนอน ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.56 ภาพทัศนียภาพภายในห้องนอน (Bedroom)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

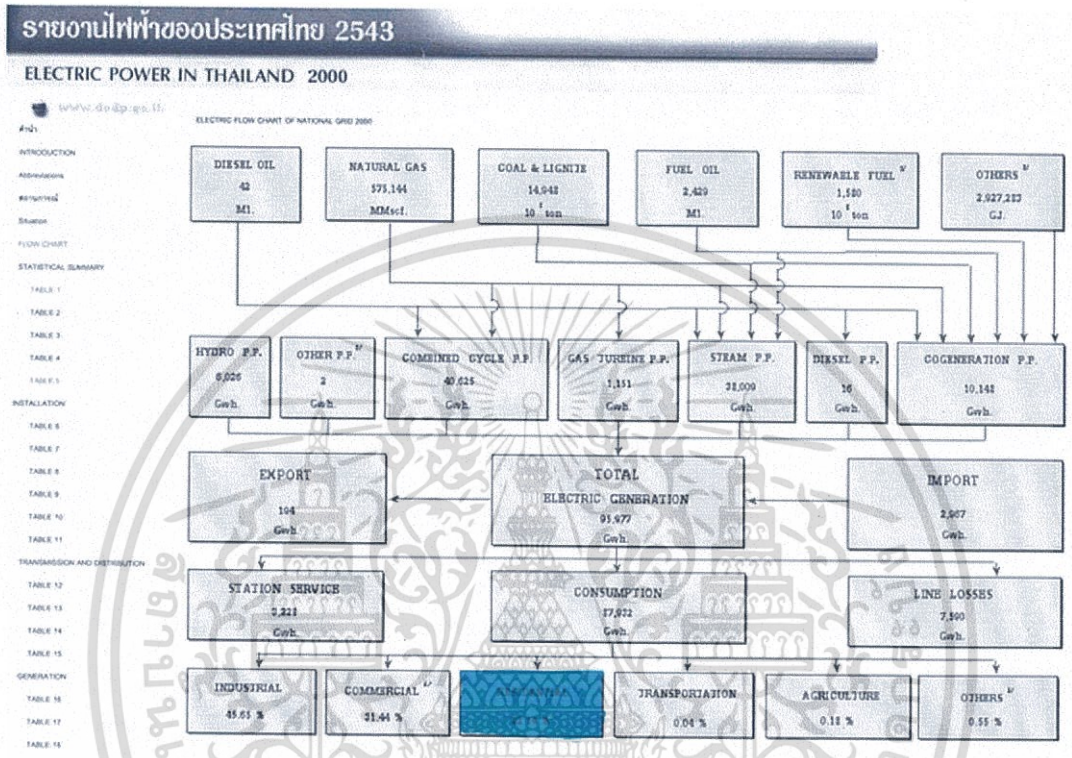
1. พัชรินทร์ มณีรัตน์, แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวเพื่อการประหยัดพลังงานโดยเน้นการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ กรณีศึกษา : โครงการบ้านจัดสรรในเขตกรุงเทพมหานครรอบนอก วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
2. ดรุณี มงคลสวัสดิ์, การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ในอาคารตึกแถว, กรณีศึกษา : อาคารตึกแถวเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545
3. Koenigsberger, O.H. et. Al., Manual of Tropical Housing and Building Part One : Climate Design, Commonwealth Printing Press Ltd., Hong Kong, 1978
4. Olgyay, Victor, Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, 1963
5. ธีรมน ไวโรจนกิจ, เอกสารประกอบการเรียนวิชา Environment Technology, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
6. Givoni, B., Man, Climate and Architecture 2nd Ed. London : Applied Science Publishers, Ltd., 1976
7. A.D. Penwarder and A.F.E. Wise, Wind Environment Around Buildings (Building Research Establishment Report), HMSO, London, 1975
8. ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2539
9. มาลินี ศรีสุวรรณ, การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543
10. สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิต และ การไฟฟ้านครหลวง)

แผนภูมิที่ ก (1) Electric Flow Chart of National Grid 2000 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิต พ.ศ.2543)



ตารางที่ ก (1) ตารางแสดงการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าในเขต การไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟน. และ กฟผ.)

การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าในเขต กฟน. และ กฟภ.

การไฟฟ้า/ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า : ล้านหน่วย					อัตราเพิ่ม (%)			
	2540	2541	2542	2543	2544	2541	2542	2543	2544
การไฟฟ้านครหลวง	**32,176**	**30,337**	**29,681**	**32,558**	**34,555**	**-5.72**	**-2.16**	**9.69**	**6.13**
บ้านอยู่อาศัย	6,654	6,867	6,408	6,882	7,286	3.20	-6.69	7.40	5.87
กิจการขนาดเล็ก	4,648	4,356	4,115	4,467	4,739	-6.29	-5.53	8.56	6.08
ธุรกิจ	6,831	6,578	6,570	7,898	8,769	-3.70	-0.13	20.21	11.03
อุตสาหกรรม	12,057	10,662	10,689	11,484	11,940	-11.57	0.25	7.43	3.97
ส่วนราชการ	1,454	1,365	1,368	1,098	1,146	-6.16	0.21	19.70	4.38
อื่น ๆ	532	509	532	729	676	-4.33	4.46	37.04	-7.28
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	**45,812**	**47,142**	**48,757**	**52,728**	**56,933**	**2.90**	**3.43**	**8.14**	**7.97**
บ้านอยู่อาศัย	10,902	11,917	11,752	12,553	13,882	9.31	-1.39	6.81	10.59
กิจการขนาดเล็ก	4,526	4,421	4,011	4,211	4,529	-2.34	-9.26	4.99	7.55
ธุรกิจ	3,014	3,679	3,698	3,943	4,637	22.03	0.51	6.63	17.62
อุตสาหกรรม	24,980	25,103	27,236	29,800	31,383	0.49	8.50	9.41	5.31
ส่วนราชการ	2,113	1,750	1,866	2,053	2,310	-17.17	6.60	0.04	12.50
การเกษตร	166	206	163	154	179	24.15	-21.06	-5.32	15.94
อื่น ๆ	110	67	31	14	12	-39.46	-52.81	-56.12	-14.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก (2) ตารางแสดงข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า หน่วยจำหน่าย และรายได้แยกตามประเภท (การไฟฟ้านครหลวง ปีงบประมาณ 2540 – 2544)

ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า หน่วยจำหน่าย รายได้แยกตามประเภท
ปีงบประมาณ 2540-2544

รายการ	ปีงบประมาณ				
	2540	2541	2542	2543	2544
จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าสิ้นปีงบประมาณ ราย					
บ้านอยู่อาศัย	1,619,852	1,665,964	1,711,003	1,754,163	1,794,917
กิจการขนาดเล็ก	348,655	345,177	348,433	356,994	403,345
กิจการขนาดกลาง	18,891	18,238	18,000	18,104	18,710
กิจการขนาดใหญ่	830	852	857	981	1,009
กิจการเฉพาะอย่าง	1,560	1,677	1,691	1,712	1,770
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	9,304	9,733	9,958	10,139	9,910
ไฟสาธารณะและไฟถนน	4,931	4,953	4,951	4,519	4,153
รวม	2,004,023	2,046,594	2,094,893	2,146,612	2,233,814
หน่วยจำหน่าย ล้านหน่วย					
บ้านอยู่อาศัย	6,493.92	6,985.99	6,447.32	6,669.77	7,354.78
กิจการขนาดเล็ก	4,645.01	4,479.88	4,115.29	4,333.58	4,748.80
กิจการขนาดกลาง	8,735.21	7,376.54	7,139.54	7,494.03	7,816.52
กิจการขนาดใหญ่	9,591.03	9,368.40	9,068.29	10,247.24	11,122.07
กิจการเฉพาะอย่าง	1,338.10	1,385.78	1,363.26	1,441.70	1,517.46
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	1,443.22	1,390.90	1,366.66	1,141.33	1,134.06
ไฟสาธารณะและไฟถนน	126.45	133.70	141.09	148.45	153.44
รวม	32,372.94	31,121.19	29,641.45	31,476.10	33,847.13
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ล้านบาท					
บ้านอยู่อาศัย	14,637.13	17,377.94	15,584.55	17,034.20	20,520.29
กิจการขนาดเล็ก	11,688.82	12,282.06	11,128.16	12,318.91	14,316.28
กิจการขนาดกลาง	17,548.31	16,894.13	16,077.39	17,743.41	20,432.49
กิจการขนาดใหญ่	16,939.27	18,595.01	17,804.35	21,767.27	25,969.61
กิจการเฉพาะอย่าง	2,539.63	2,945.29	2,857.82	3,202.53	3,778.46
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	2,706.81	2,923.88	2,844.44	2,530.95	2,764.55
ไฟสาธารณะและไฟถนน	-	-	-	-	-
รวม	66,059.97	71,018.31	66,296.71	74,597.27	87,781.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก (3) ตารางการพยากรณ์คาดการจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ.2544 – 2550

MEA'S NO OF CUSTOMER

Forecast Fiscal Year 2001 -2016

DESCRIPTION		1998 (2541)	1999 (2542)	2000 (2543)	2001 (2544)	2002 (2545)	2003 (2546)	2004 (2547)	2005 (2548)	2006 (2549)	2007 (2550)
		← Actual →									
RESIDENTIAL (Total)	: NO. OF CUSTOMER	1,665,964	1,711,003	1,754,163	1,797,663	1,847,998	1,902,514	1,959,019	2,018,769	2,081,149	2,144,624
	%INCREASE	2.85%	2.70%	2.52%	2.48%	2.80%	2.95%	2.97%	3.05%	3.09%	3.05%
< 150 kWh per month	: NO. OF CUSTOMER	371,206	406,144	391,559	397,229	412,505	424,673	437,286	450,624	464,548	478,717
	%INCREASE	-0.15%	9.41%	-3.59%	1.45%	3.85%	2.95%	2.97%	3.05%	3.09%	3.05%
> 150 kWh per month	: NO. OF CUSTOMER	1,294,758	1,304,859	1,362,604	1,400,434	1,435,493	1,477,841	1,521,733	1,568,145	1,616,601	1,665,907
	%INCREASE	3.74%	0.78%	4.43%	2.78%	2.50%	2.95%	2.97%	3.05%	3.09%	3.05%
SMALL GENERAL	: NO. OF CUSTOMER	345,177	348,433	356,994	398,544	409,504	421,175	432,673	443,922	455,686	467,990
SERVICE	%INCREASE	-1.00%	0.94%	2.46%	11.64%	2.75%	2.85%	2.73%	2.60%	2.65%	2.70%
MEDIUM GENERAL	: NO. OF CUSTOMER	18,238	18,000	18,104	18,209	18,409	18,659	18,959	19,309	19,684	20,084
SERVICE	%INCREASE	-3.46%	-1.30%	0.58%	0.58%	1.10%	1.36%	1.61%	1.85%	1.94%	2.03%
LARGE GENERAL	: NO. OF CUSTOMER	852	857	981	1,017	1,107	1,167	1,221	1,273	1,329	1,378
SERVICE	%INCREASE	2.65%	0.59%	14.47%	3.67%	8.85%	5.42%	4.63%	4.26%	4.40%	3.69%
SPECIFIC BUSINESS	: NO. OF CUSTOMER	1,677	1,691	1,712	1,752	1,820	1,873	1,918	1,961	2,011	2,059
	%INCREASE	7.50%	0.83%	1.24%	2.34%	3.88%	2.91%	2.40%	2.24%	2.55%	2.39%
GOV'T INSTITUTION &	: NO. OF CUSTOMER	9,733	9,958	10,139	10,392	10,662	10,955	11,251	11,584	11,942	12,316
NON-PROFIT ORGANIZATION	%INCREASE	4.61%	2.31%	1.82%	2.50%	2.60%	2.75%	2.70%	2.96%	3.09%	3.13%
STREET LIGHTING	: NO. OF CUSTOMER	4,953	4,951	4,519	4,603	4,699	4,801	4,905	5,008	5,111	5,214
	%INCREASE	0.45%	-0.04%	-8.73%	1.86%	2.09%	2.17%	2.17%	2.10%	2.06%	2.02%

ภาพที่ ข (1.4) ภาพเครื่องมือวัดความเร็วลม Hot Wire

ภาพที่ ข (1.5) ภาพการวางหุ่นจำลองและเครื่องมือในอุโมงค์ลม

ภาพที่ ข (1.6) ภาพการใช้เครื่องมือทำการทดลองในอุโมงค์ลม

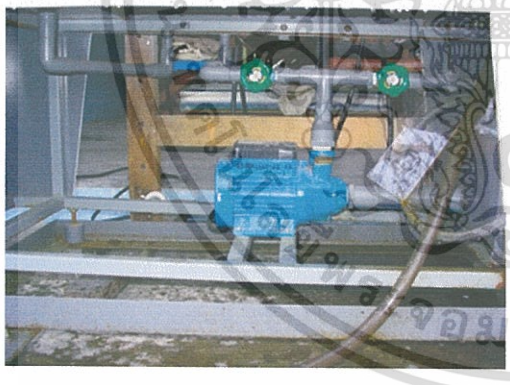
ภาพที่ ข (1.7) ภาพการวัดความเร็วลมในหุ่นจำลอง ขณะทำการทดลองในอุโมงค์ลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. 2 โต๊ะน้ำ (Flow Visualization Table)

ภาพที่ ข (2.1) ภาพโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Table)

ภาพที่ ข (2.2) ภาพแผงควบคุมโต๊ะน้ำ
เรียงจากซ้าย : - มาตรบอกระดับความแรงของน้ำ
- กระบอกใส่น้ำด่างทับทิม และ วาล์วปิด-เปิด
- ปุ่ม ปิด – เปิด เครื่อง
- ปุ่มปรับความแรงของน้ำ



ภาพที่ ข (2.3) ภาพปั๊มน้ำข้างใต้โต๊ะน้ำ

ภาพที่ ข (2.4) ภาพการทำการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

คาบ 10 ปี พ.ศ.2534 – 2543

ตารางที่ ค (1) ตารางแสดงข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร (10 ปี พ.ศ.2534 – 2543)

AGROCLIMATOLOGICAL FOR 1991 - 2000

Station	BANG NA	Elevation of station above MSL	3.00 m
Latitude	13.6 N	Height of thermometer above ground	1.25 m
Longitude	100.6 E	Height of wind vane above ground	10.00 m
		Height of rain gauge	1.00 m

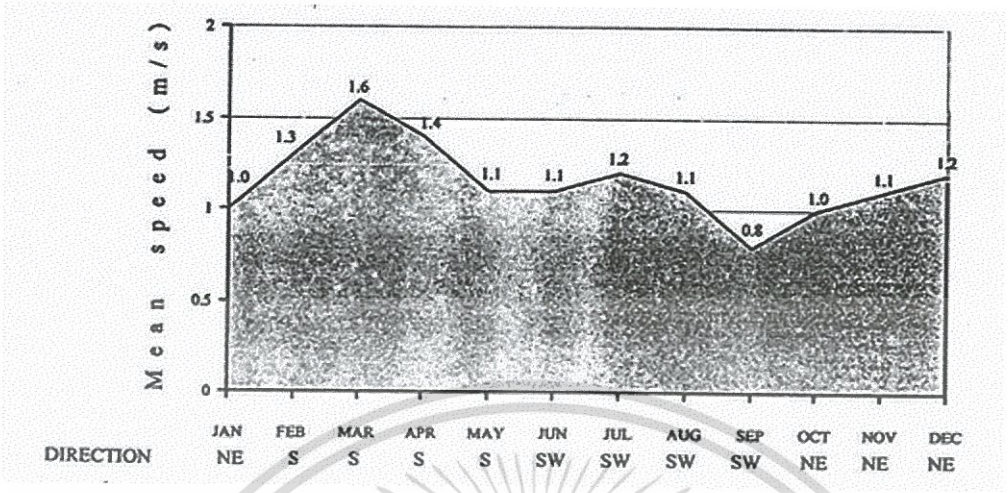
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Air temperature (celsius)													
Extreme maximum	35.9	37.0	37.6	39.1	39.2	37.5	36.8	36.6	35.6	35.2	34.8	35.1	39.2
Mean maximum	32.2	33.2	34.4	35.2	34.9	33.9	33.2	33.0	32.8	32.2	31.8	31.1	33.2
Mean	27.0	28.1	29.9	30.7	30.5	29.7	29.4	29.0	28.6	28.2	27.5	26.3	28.7
Mean minimum	22.1	23.2	25.5	26.3	26.0	25.7	25.6	25.1	24.6	24.3	23.3	21.6	24.4
Extreme minimum	14.0	15.8	19.5	21.4	21.8	22.2	22.3	21.6	22.2	18.3	17.5	11.7	11.7
Grass minimum temperature (celsius)													
Mean minimum	18.3	20.1	23.2	25.1	25.0	24.3	24.1	24.0	23.7	22.9	20.5	18.0	22.4
Extreme minimum	8.5	9.3	12.2	19.0	20.6	20.0	20.6	21.0	20.9	14.0	12.3	3.7	3.7
Water temperature (celcius)													
Mean maximum	30.1	31.6	33.5	34.6	34.2	33.2	32.8	32.5	32.3	32.1	30.9	29.4	32.3
Mean	24.8	26.2	28.3	29.4	29.3	28.4	28.3	28.1	28.0	27.5	25.9	24.2	27.4
Mean minimum	19.5	21.0	23.2	24.3	24.4	23.9	23.8	23.5	23.5	22.9	21.0	19.0	22.5
Relative humidity (%)													
Extreme maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mean maximum	92	91	92	92	92	90	91	91	93	92	87	85	91
Mean	68	67	70	72	73	73	73	74	75	72	69	66	71
Mean minimum	45	45	49	52	54	55	57	58	58	56	51	47	52
Extreme minimum	23	15	17	14	32	34	39	39	36	38	27	31	14
Soil temperature (celcius)													
Mean at surface	28.7	29.9	32.2	32.6	32.0	31.0	30.6	29.8	29.2	28.7	28.4	28.1	30.1
Mean at 5 cm	29.5	30.9	33.4	33.8	33.0	31.6	31.1	30.2	29.5	29.1	29.4	29.0	30.9
Mean at 10 cm	29.0	30.5	32.7	33.3	32.7	31.6	30.9	30.2	29.5	29.1	29.0	28.4	30.6
Mean at 20 cm	29.4	30.8	32.9	33.5	33.0	31.7	31.3	30.5	29.9	29.5	29.6	28.9	30.9
Mean at 50 cm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
Mean at 100 cm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
Rainfall (mm)													
Total amount	12.7	18.9	28.3	122.2	206.9	176.6	163.0	237.1	358.2	248.7	33.9	2.5	1609.0
Number of rainy day	2	3	3	7	14	17	17	20	22	17	5	2	129
Greatest in 24 hr	64.1	37.5	33.7	96.1	185.9	128.4	79.2	82.3	126.2	111.9	84.1	7.6	185.9
Evaporation (mm)													
Mean	4.2	4.8	5.5	5.6	5.2	4.7	4.3	4.3	3.9	3.9	4.4	4.5	4.6
Wind													
Prevailing direction	NE	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	
Mean speed (m/s)	1.0	1.3	1.6	1.4	1.1	1.1	1.2	1.1	0.8	1.0	1.1	1.2	
Sunshine duration (hr)													
xtreme maximum	9.9	10.5	10.8	11.3	11.6	11.7	11.8	10.8	10.3	10.5	10.4	10.0	11.8
Mean	7.9	8.9	8.6	8.3	6.8	5.5	5.3	4.4	4.6	5.7	7.3	7.9	6.8

Remark: "-" indicate missing data

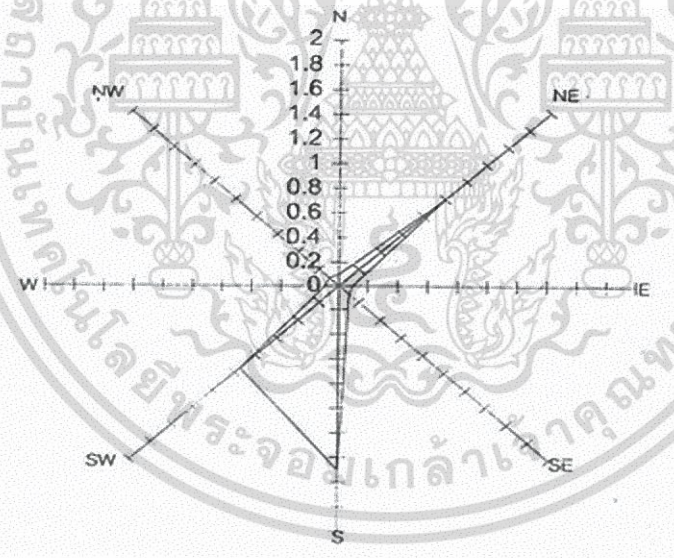
AGROMETEOROLOGICAL ANALYSIS SUB-DIVISION, AGROMETEOROLOGY DIVISION
DATA PROCESSING SUB-DIVISION, CLIMATOLOGY DIVISION
METEOROLOGICAL DEPARTMENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ ค (1) แผนภูมิทิศทาง และ ความเร็วลมของกรุงเทพมหานคร
(คาบ 10 ปี พ.ศ. 2534 – 2543)



แผนภูมิที่ ค (2) แผนภูมิแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละทิศทางของกรุงเทพมหานคร
(คาบ 10 ปี พ.ศ. 2534 – 2543)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

คำนิยามศัพท์

รูปร่างช่องเปิด	ชื่อภาษาอังกฤษ	ตัวย่อ	สัญญลักษณ์
สี่เหลี่ยมจตุรัส	Square	S	
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน	Horizontal Rectangle	HR	
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน	Horizontal Rectangle upper	HRu	U
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง	Vertical Rectangle	VR	
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย	Vertical Rectangle left	VRl	L
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา	Vertical Rectangle right	VRr	R
รูปร่างช่องเปิดทางออกเมื่ออยู่ตั้งฉากกับช่องทางเข้า			
สี่เหลี่ยมจตุรัส	Square perpendicular	Sp	P
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน	Horizontal Rectangle perpendicular	HRp	P
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนด้านบน	Horizontal Rectangle perpendicular upper	HRpu	PU
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง	Vertical Rectangle perpendicular	VRp	P
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านซ้าย	Vertical Rectangle perpendicular left	VRpl	PL
สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้งด้านขวา	Vertical Rectangle perpendicular right	VRpr	PR

ประวัติผู้เขียน

นายกานต์ หะวานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

2523 – 2534 ประถม และมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2537 – 2541 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

2542 – 2546 กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขา สถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

2540 สถาปนิกฝึกงาน บริษัท S.C.S.B. จำกัด

2543 สอนศิลปะเด็ก ที่โรงเรียนอนุบาล แสงโสม

2544 – 2546 สถาปนิก บริษัท R.B. SERVICE จำกัด

ปัจจุบัน อาจารย์พิเศษ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้