

แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู-หน้าต่าง และผนัง  
ของอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ



นายสมพงษ์ นามทวิสุข

ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5248-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I212834๖x

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR AIR INFILTRATION  
THROUGH DOORS-WINDOWS AND WALLS OF AIR-CONDITIONED BUILDINGS



MR. SOMPONG NAMTAVEESUK

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5248-2



สมพงษ์ นามทวีสุข: แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู-หน้าต่าง และผนังของอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ. (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR AIR INFILTRATION THROUGH DOORS-WINDOWS AND WALLS OF AIR-CONDITIONED BUILDINGS) อ.ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ นูรณาภาญจน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญธิการ, 180 หน้า. ISBN 974-17-5248-2

ปัญหาหนึ่งที่พบในอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศในประเทศไทยคือ การสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมากในการลดความร้อนและความชื้นที่รั่วซึมเข้ามาที่อากาศภายนอก การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบประเมินค่าการรั่วซึมของอากาศ โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปรและหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกับพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็น เนื่องจากการรั่วซึมของอากาศ

ขั้นตอนในการวิจัยประกอบด้วย การทดลองเก็บข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรั่วซึมของอากาศ ประตู-หน้าต่าง ผนังที่ทำการศึกษาได้แก่ ประตูกระจกเปลือย หน้าต่างบานเกล็ด ประตู-หน้าต่างบานเปิด ประตู-หน้าต่างบานเลื่อน ช่องแสงบานติดตาย ผนังไม้ตีซ้อนเกล็ด ผนังไม้อัด ผนังคอนกรีตมวลเบา ผนังก่ออิฐ และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ต่อจากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู-หน้าต่าง และผนัง และนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสร้างสมการถดถอยแบบเป็นเส้นตรง และไม่เป็นเส้นตรงเพื่อทำนายค่าการรั่วซึมของอากาศ นำข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพฯ พ.ศ. 2543 มาคำนวณหาพลังงานตลอดทั้งปีสูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศ

ผลการศึกษาที่ได้ นำมาสร้างแบบประเมินโดยแบ่งค่าระดับเป็น 5 ระดับ โดยค่าระดับ 1 มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุด และค่าระดับ 5 มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด ประตู-หน้าต่างที่มีการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมมากที่สุดคือประตูกระจกเปลือย ( $1666.83 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 2 คือหน้าต่างบานเกล็ด ( $955.39 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 3 คือประตู-หน้าต่างบานเปิด ( $590.37 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 4 คือประตู-หน้าต่างบานเลื่อน ( $95.10 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 5 คือช่องแสงบานติดตาย ( $93.12 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) และผนังที่มีการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมมากที่สุด คือผนังไม้ตีซ้อนเกล็ด ( $955.39 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 2 คือผนังไม้อัด ( $50.73 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 3 คือผนังคอนกรีตมวลเบา ( $5.9 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 4 คือผนังก่ออิฐ ( $0.13 \text{ Btu/hr.-m}^2$ ) ค่าระดับ 5 คือผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ( $0.05 \text{ Btu/hr.-m}^2$ )

ในการทดสอบแบบประเมิน ได้เลือกบ้านพักอาศัยทั่วไปซึ่งใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา หน้าต่างบานเปิด และบ้านไทยเดิมซึ่งใช้ผนังไม้ตีซ้อนเกล็ด หน้าต่างบานเปิด มาเป็นกรณีศึกษา พบว่า บ้านพักอาศัยทั่วไปมีค่าระดับอยู่ที่ 3 บ้านไทยเดิมมีค่าระดับอยู่ที่ 1 เมื่อเปลี่ยนผนังและหน้าต่างชุดเดิมของอาคารทั้งสอง มาเป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก และหน้าต่างบานเลื่อน แล้วทำการประเมินอีกครั้งพบว่า บ้านพักอาศัยทั่วไปและบ้านไทย มีค่าระดับอยู่ที่ 5 ผลการทดสอบนี้สรุปได้ว่าการใช้ประตู-หน้าต่างบานเลื่อน ช่องแสงบานติดตาย และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่าประตู-หน้าต่าง และผนังประเภทอื่นๆ

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม.....



# # 457 42022 25 MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD: AIR INFILTRATION / EXTERNAL WIND SPEED / ENTHALPY

SOMPONG NAMTAVEESUK: AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR AIR INFILTRATION THROUGH DOORS-WINDOWS AND WALLS OF AIR-CONDITIONED BUILDINGS. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR VORASUN BURANAKARN, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PROFESSOR Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 180 pp. ISBN 974-17-5248-2

A significant portion of cooling load in air-conditioned buildings in Thailand is from air infiltration. The objective of this study is to develop an energy conservation index for buildings' air infiltration, by investigating all factors affecting the cooling load, due to air infiltration through a building's doors, windows, and walls.

The procedures consist of experiment, studying and compiling information on air infiltration. Various types of door-windows and walls used in this research consisted of glass door, louvered window, hinged door-window, sliding door-window, fixed window, 4" wood panel, plywood wall, light weighted concrete wall, masonry brick wall and the Exterior Insulation and Finishing System(EIFS) wall. The research includes developing a relationship between the external wind speeds and the infiltration rates. The linear and non-linear regression analyses were then performed using experimental data. The equation is then used to evaluate energy loss by using the Bangkok's weather data of 2000.


Different types of door-windows and walls were analyzed for their energy efficiencies in terms of cooling load from infiltration. Scales 1 to 5 were assigned. Level 1 indicates the lowest energy efficiency of wall while level 5 means the highest. For doors and windows, the glass door requires the most cooling load (1666.83 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 2 is the louvered window (955.39 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 3 is hinged door-window (590.37 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 4 is sliding door-window (95.10 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). The most efficient one is fixed window (93.12 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). For walls, the 4" wood panel requires the most cooling load (955.39 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 2 is plywood wall (50.73 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 3 is light weighted concrete wall (5.9 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). Level 4 is masonry brick wall (0.13 Btu/hr.-m<sup>2</sup>). The most efficient one was EIFS wall (0.05 Btu/hr.-m<sup>2</sup>).

The proposed energy conservation index was tested on two samples; a conventional house with light weighted concrete walls and hinged windows, and a traditional Thai house with 4" wood panel and hinged windows. The conventional house was found to be level 3. The traditional Thai house has level 1. After a modification using sliding windows and EIFS walls, both houses obtain level 5. It is concluded that using door-windows and walls with the lowest infiltration rates, such as sliding door-window, fixed window and EIFS wall, is appropriate for air-conditioned buildings, in terms of reduction cooling load.

Department Architecture

Field of study Architecture

Academic year 2003

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้สละเวลาอันมีค่า ให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร และรองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทั้งนี้รวมไปถึงเจ้าของอาคารสถานที่ทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาเชื้อเพื่อสถานที่ในการทดลอง และขอขอบคุณบิดามารดา พี่ๆ เพื่อนๆ ร่วมรุ่นทุกท่าน คุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ คุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ คุณแกมกาญจน์ ทรัพย์सार คุณदनยภัทร และคุณนลินทิพย์ ว่องสาทรกิจ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างมาก จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องมา ณ โอกาสนี้ด้วย



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ .....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญ .....	2
1.2 วัตถุประสงค์ .....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย .....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
2 การวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	7
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการรั่วซึมอากาศ .....	7
2.2 การไหลเวียนของอากาศ .....	7
2.3 การรั่วซึมของอากาศ .....	8
2.3.1 ปัจจัยด้านที่ตั้ง .....	9
2.3.2 ปัจจัยด้านรูปทรง ช่องเปิด และผนังอาคาร .....	10
2.3.3 ปัจจัยทางด้านผู้ใช้อาคารและระบบเครื่องกลภายในอาคาร .....	13
2.4 อัตราการไหลเวียนของอากาศ .....	14
2.5 ค่า Time Constant .....	16
2.6 แนวคิดพื้นฐานการเกิดภาวะการทำความเย็น .....	17
2.7 คุณภาพของอากาศภายใน .....	18
2.8 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศ .....	20
2.8.1 อายุของอากาศ .....	20
2.8.2 Air Change Effectiveness .....	21
2.9 ระบบกลศาสตร์เคลื่อนที่ .....	22



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.9.1 ความดันลม .....	24
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	26
2.11 สรุปผลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
<b>3 ระเบียบวิธีวิจัย .....</b>	<b>28</b>
3.1 การดำเนินงานวิจัย .....	28
3.2 ขั้นตอนการทดลอง .....	30
3.3 ตัวอย่างประตูลงและผนังที่ทดลอง .....	31
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล .....	36
3.5 การทดสอบเครื่องมือ .....	38
<b>4 ผลการทดลองและการกำหนดค่าระดับตัวแปร .....</b>	<b>40</b>
4.1 อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อประตูกระจกเปลือยและผนังทดลอง...40	40
4.2 สรุปผลการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อของประตูกระจกบานเปิดคู่..... 45	45
4.2.1 สรุปผลการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อของประตู กระจกบานเปิดขนาด 1 ตร.ม.ของแต่ละชั่วโมงใน 1 วันของเดือนต่างๆ.....54	54
4.3 สรุปผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้อัดโครงคร่ำไม้ .....	60
4.3.1 สรุปผลการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้อัดโครง คร่ำไม้ขนาด 1 ตร.ม. ของแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนต่างๆ .....	69
4.4 สรุปผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีตมวลเบา.....75	75
4.4.1 สรุปผลการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีต มวลเบาขนาด 1 ตร.ม. ของแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนต่างๆ .....	84
4.5 สรุปผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก.....90	90
4.4.1 สรุปผลการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังระบบฉนวน กันความร้อนภายนอกขนาด 1 ตร.ม.ของแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนต่างๆ ...99	99
4.6 ผลสรุปการทดลองการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อประตูกระจกบานเปิด และผนัง ทดสอบประเภทต่างๆ.....	102
4.7 การกำหนดค่าระดับในการประเมิน.....	104
4.8 การกำหนดค่าระดับในการประเมินการรั่วซึมผ่านทางประตูหน้าต่าง .....	104
4.9 การกำหนดค่าระดับในการประเมินการรั่วซึมผ่านทางผนัง .....	109



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.10	อิทธิพลของลมในทิศต่างๆ.....112
4.11	ผลสรุปการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู-หน้าต่างและผนังประเภทต่างๆ ในทิศทางต่างๆ.....123
<b>5</b>	<b>การสร้างและทดสอบแบบประเมิน</b> .....124
5.1	การสร้างแบบประเมิน.....124
5.1.1	การสร้างตารางคำนวณค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศ.....124
5.1.2	การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมของอากาศของอาคาร.....135
5.2	วิธีการใช้งานแบบประเมิน.....138
5.3	การทดสอบแบบประเมินด้วยข้อมูลของบ้านจัดสรรทั่วไป.....141
5.3.1	วิเคราะห์ผลการประเมินบ้านพักอาศัยแบบ A.....142
5.4	การทดสอบแบบประเมินด้วยข้อมูลของบ้านเรือนไทย.....144
5.4.1	วิเคราะห์ผลการประเมินบ้านพักอาศัยแบบ B.....145
5.5	การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมิน.....147
<b>6</b>	<b>บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b> .....149
6.1	บทสรุป.....149
6.1.1	บทสรุปการประเมินการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านประตู-หน้าต่าง และผนัง.....154
6.1.2	แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมของอากาศในอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ.....156
6.2	ข้อเสนอแนะ.....158
<b>รายการอ้างอิง</b> .....159	
<b>ภาคผนวก</b> .....160	
<b>ภาคผนวก ก</b> .....161	
- ข้อมูลบ้านตัวอย่าง.....162	
<b>ภาคผนวก ข</b> .....166	
- ตารางข้อมูล.....167	
<b>ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์</b> .....180	

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการรั่วซึมอากาศผ่านประตู-หน้าต่างประเภทต่างๆ .....	11
ตารางที่ 2.2 แสดงการรั่วซึมอันเนื่องจากการเปิดประตูของผู้ใช้อาคาร .....	13
ตารางที่ 2.3 มลพิษทางอากาศและแหล่งกำเนิด .....	19
ตารางที่ 4.1 แสดงผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางรอยต่อของ ประตูกระจก แต่ละชั่วโมง ใน 1 วันของเดือนต่างๆ.....	46
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้อัดโครง คร่ำไม้ แต่ละชั่วโมง ใน 1 วันของเดือนต่างๆ.....	61
ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีต มวลเบา แต่ละชั่วโมง ใน 1 วันของเดือนต่างๆ.....	76
ตารางที่ 4.4 แสดงผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังระบบฉนวน กันความร้อนภายนอก แต่ละชั่วโมง ใน 1 วันของเดือนต่างๆ.....	91
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างแบบประเมินค่าการรั่วซึมของอากาศผ่านประตู-หน้าต่าง และผนัง ของอาคาร.....	137

ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 2.1 อาคาร 2 ชั้นที่มีการใช้ Force Ventilation .....	8
รูปภาพที่ 2.2 แสดงอิทธิพลของลมที่มีระยะห่างระหว่างอาคารประมาณ 1 เท่าของความยาว ของอาคาร.....	9
รูปภาพที่ 2.3 แสดงอิทธิพลของลมที่มีระยะห่างระหว่างอาคารประมาณ 3 เท่าของความยาว ของอาคารอาคาร.....	10
รูปภาพที่ 2.4 แสดงแสดงทิศทางการกระแสน้ำที่มากกระทบกับอาคารที่มีรูปทรงต่างกัน ซึ่งจะส่งผล ต่อปริมาณการรั่วซึมของอากาศที่ต่างกันด้วย.....	10
รูปภาพที่ 2.5 Displacement Flow within a Space.....	15
รูปภาพที่ 2.6 Entrainment Flow within a Space .....	15
รูปภาพที่ 2.7 Pressure Differences Caused by Stack Effect For Typical Structure.....	25
รูปภาพที่ 3.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง.....	31
รูปภาพที่ 3.2 รูปแบบประตูตัวอย่างที่ทำการศึกษา.....	32
รูปภาพที่ 3.3 สภาพแวดล้อมทั่วไปของอาคารทดลอง.....	32
รูปภาพที่ 3.4 อาคารที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา.....	33
รูปภาพที่ 3.5 สภาพแวดล้อมทั่วไปของอาคารทดลอง .....	33
รูปภาพที่ 3.6 อาคารที่ใช้ผนังไม้อัดโครงเคร่าไม้ .....	34
รูปภาพที่ 3.7 สภาพแวดล้อมทั่วไปของอาคารทดลอง .....	34
รูปภาพที่ 3.8 อาคารที่ใช้ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก .....	35
รูปภาพที่ 3.9 สภาพแวดล้อมทั่วไปของอาคารทดลอง .....	35
รูปภาพที่ 3.10 เครื่องมือวัดความเร็วลม .....	36
รูปภาพที่ 3.11 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ .....	36
รูปภาพที่ 3.12 อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องวัดความเร็วลม(Data Logger) .....	37
รูปภาพที่ 3.13 ฤดูกาลสถิติที่ใช้ปิดคลุมตัวอย่างที่ต้องการศึกษาเพื่อรวบรวมความเร็วลม .....	37
รูปภาพที่ 5.1 แบบบ้าน Augusta 5.....	141
รูปภาพที่ 5.2 แบบบ้าน เรือนชวนชม.....	144
รูปภาพที่ 6.1 แสดงอิทธิพลของรูปทรงที่มีผลต่อการรั่วซึมของอากาศที่แตกต่างกัน โดยอาคาร ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีอัตราการรั่วซึมของอากาศมากที่สุด.....	150
รูปภาพที่ 6.2 แสดงอิทธิพลของรูปทรงที่มีผลต่อการรั่วซึมของอากาศที่แตกต่างกัน โดยอาคาร ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีอัตราการรั่วซึมของอากาศปานกลาง.....	150

## สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปภาพที่ 6.3 แสดงอิทธิพลของรูปทรงที่มีผลต่อการรั่วซึมของอากาศที่แตกต่างกัน โดยอาคารที่มีรูปทรงระบอามีอัตราการรั่วซึมของอากาศน้อยมาก.....	151
---	-----



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อประตูกระจกขนาด 4.18 ตร.ม. ด้านทิศเหนือเมื่อวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2547... 41	41
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับการรั่วซึมของอากาศต่อพื้นที่ประตูกระจกขนาด 1 ตร.ฟุต. เมื่อวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2547..... 42	42
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการทำนายผลการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยต่อประตูกระจก..... 43	43
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมจริงผ่านรอยต่อประตูกระจกกับค่าการรั่วซึมจากการทำนายของสมการต่างๆ..... 44	44
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมกราคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.. 47	47
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกุมภาพันธ์จากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 47	47
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมีนาคมจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.... 48	48
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนเมษายนจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543... 48	48
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤษภาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 49	49
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมิถุนายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 49	49
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกรกฎาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 50	50
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนสิงหาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 50	50

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกันยายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	50
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนตุลาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543...50	50
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤศจิกายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	51
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตูบานเปิดขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนธันวาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..51	51
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านรอยต่อของประตู บานเปิดขนาด1 ตร.ม. ใน 1 เดือน ของเดือนต่างๆจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543... 53	53
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับการรั่วซึมของอากาศต่อ พื้นที่ผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ ขนาด 1 ตร.ม. เมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ.2547.....	57
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงการทำนายผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้.....	58
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมจริงผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้กับค่า การรั่วซึมจากการทำนายของสมการต่างๆ.....	59
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมกราคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	62
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกุมภาพันธ์จากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	62
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมีนาคมจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	63
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนเมษายนจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	63
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤษภาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	64
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมิถุนายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	64



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.27 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกรกฎาคมจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	65
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนสิงหาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	65
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกันยายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	66
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนตุลาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	66
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤศจิกายนจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	67
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครงคร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนธันวาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	67
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังไม้อัดโครง คร่าวไม้ขนาด1 ตร.ม.ใน 1 เดือน ของเดือนต่างๆจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	68
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับการรั่วซึมของอากาศต่อ พื้นที่ผนังคอนกรีตมวลเบา ขนาด 1 ตร.ม. เมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ.2547.....	72
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการทำนายผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีตมวลเบา.....	73
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมจริงผ่านผนังผนังคอนกรีตมวลเบา กับค่า การรั่วซึมจากการทำนายของสมการต่างๆ.....	74
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมกราคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	77
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกุมภาพันธ์จากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	77
แผนภูมิที่ 4.39 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมีนาคมจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	78
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนเมษายนจากข้อมูลภูมิอากาศพ.ศ. 2543.....	78

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤษภาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....79

แผนภูมิที่ 4.42 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมิถุนายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 79

แผนภูมิที่ 4.43 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกรกฎาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....80

แผนภูมิที่ 4.44 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนสิงหาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....80

แผนภูมิที่ 4.45 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกันยายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....81

แผนภูมิที่ 4.46 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนตุลาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543..... 81

แผนภูมิที่ 4.47 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤศจิกายนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....82

แผนภูมิที่ 4.48 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาขนาด 1 ตร.ม.  
 ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนธันวาคมจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....82

แผนภูมิที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังคอนกรีต  
 มวลเบาขนาด 1 ตร.ม. ใน 1 เดือน ของเดือนต่างๆจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....83

แผนภูมิที่ 4.50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับการรั่วซึมของอากาศต่อ  
 พื้นที่ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกขนาด 1 ตร.ม. เมื่อวันที่ 12 มีนาคม  
 พ.ศ.2547..... 87

แผนภูมิที่ 4.51 แสดงการทำนายผลการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
 ภายนอก..... 88

แผนภูมิที่ 4.52 แสดงการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมจริงผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก  
 กับค่าการรั่วซึมจากการทำนายของสมการต่างๆ..... 89

แผนภูมิที่ 4.53 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
 ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมกราคมจากข้อมูล  
 ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....92



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.54 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกุมภาพันธ์จากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	92
แผนภูมิที่ 4.55 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมีนาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	93
แผนภูมิที่ 4.56 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนเมษายนจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	93
แผนภูมิที่ 4.57 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤษภาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	94
แผนภูมิที่ 4.58 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนมิถุนายนจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	94
แผนภูมิที่ 4.59 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกรกฎาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	95
แผนภูมิที่ 4.60 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนสิงหาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	95
แผนภูมิที่ 4.61 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนกันยายนจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	96
แผนภูมิที่ 4.62 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนตุลาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	96

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.63 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนพฤศจิกายนจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	97
แผนภูมิที่ 4.64 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละชั่วโมง ใน 1 วัน ของเดือนธันวาคมจากข้อมูล ภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	97
แผนภูมิที่ 4.65 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านผนังระบบฉนวนกัน ความร้อนภายนอกขนาด 1 ตร.ม. ใน 1 เดือน ของเดือนต่างๆจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	98
แผนภูมิที่ 4.66 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมผ่านทางผนังประเภทต่างๆ ที่มีพื้นที่ ขนาด 1 ตร.ม. ในแต่ละเดือนจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	103
แผนภูมิที่ 4.67 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทาง ประตู-หน้าต่างประเภทต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	107
แผนภูมิที่ 4.68 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทาง ผนังประเภทต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	111
แผนภูมิที่ 4.69 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านรอยประตูกระจกขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	113
แผนภูมิที่ 4.70 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านหน้าต่างบานเกล็ดขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	114
แผนภูมิที่ 4.71 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านประตู-หน้าต่างบานเปิด ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	115
แผนภูมิที่ 4.72 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านประตู-หน้าต่าง บานเลื่อนขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	116
แผนภูมิที่ 4.73 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านช่องแสงบานติดตาย ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	117
แผนภูมิที่ 4.74 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้ดีซันเกล็ด ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	118
แผนภูมิที่ 4.75 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังไม้อัดโครงคร่ำไม้ ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	119



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.76 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 0.10 ม. ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	120
แผนภูมิที่ 4.77 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังก่ออิฐหนา 0.10 ม. ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	121
แผนภูมิที่ 4.78 แสดงการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังEIFS ขนาด 1 ตร.ม. ในทิศต่างๆ ตลอดทั้งปีจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2543.....	122
แผนภูมิที่ 5.1 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางรอยต่อประตู กระจกเปลี่ยนในทิศต่างๆ.....	125
แผนภูมิที่ 5.2 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางหน้าต่างบาน เกล็ดในทิศต่างๆ.....	126
แผนภูมิที่ 5.3 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู- หน้าต่างบานเปิดในทิศต่างๆ.....	127
แผนภูมิที่ 5.4 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางประตู- หน้าต่างบานเลื่อนในทิศต่างๆ.....	128
แผนภูมิที่ 5.5 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางช่องแสงบาน ติดตายในทิศต่างๆ.....	129
แผนภูมิที่ 5.6 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังไม้ตีซ้อน เกล็ดในทิศต่างๆ.....	130
แผนภูมิที่ 5.7 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังไม้อัด โครงคร่าในทิศต่างๆ.....	131
แผนภูมิที่ 5.8 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังคอนกรีต มวลเบาในทิศต่างๆ.....	131
แผนภูมิที่ 5.9 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังก่ออิฐ ในทิศต่างๆ.....	132
แผนภูมิที่ 5.10 แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังระบบ ฉนวนกันความร้อนภายนอกในทิศต่างๆ.....	134

## สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 5.11 แบบประเมินประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมของอาคารพักอาศัย.....	136
แผนภูมิที่ 5.12 แสดงวิธีการใช้แบบประเมินค่าพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศ.....	140
แผนภูมิที่ 5.13 แสดงสัดส่วนพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศของบ้านพักอาศัย แบบA.....	142
แผนภูมิที่ 5.14 แสดงสัดส่วนพื้นที่ประตู-หน้าต่าง และผนังภายนอกของบ้านพักอาศัยแบบA....	142
แผนภูมิที่ 5.15 แสดงสัดส่วนพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศของบ้านพักอาศัย แบบAที่ปรับปรุงแล้ว.....	143
แผนภูมิที่ 5.16 แสดงสัดส่วนพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศของบ้านพักอาศัย แบบB.....	145
แผนภูมิที่ 5.17 แสดงสัดส่วนพื้นที่ประตู-หน้าต่าง และผนังภายนอกของบ้านพักอาศัยแบบB....	145
แผนภูมิที่ 5.18 แสดงสัดส่วนพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศของบ้านพักอาศัยแบบB ที่ปรับปรุงแล้ว.....	146

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย