การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง

นาย ไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ 2537

ISBN 974-584-690-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 15226748

A STUDY OF STRATIFICATION IN ATRIUM USING SCALE MODEL SIMULATION

Mr.Paiboon Raksasutiphan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-690-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง

โดย นาย ไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์ : การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง (A STUDY OF STRATIFICATION IN ATRIUM USING SCALE MODEL SIMULATION) อ.ที่ปรึกษา : รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, 112 หน้า.
ISBN 974-584-690-2

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของชั้นความร้อนภายในโถง เพื่อพยายามหาแนวทางในการออกแบบ แก้ไขชั้นความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโถง โดยได้เลือกทำการศึกษาถึงตัวแปร 5 ตัว ที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของความร้อนภายในโถง คือ อุณหภูมิภายนอก, ตำแหน่งความสูงของจุดต่างๆภายในโถง, ค่ารังสีแสงอาทิตย์, ขนาดช่องเปิดระบายอากาศและความหนาแน่นของมวลสารที่เป็นวัสดุภายในโถง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง โดยศึกษาจากหุ่นจำลองโถง ซึ่งมีขนาดความกว้างภายใน 1.00 เมตร x 1.00 เมตร สูง 4 เมตร วัสดุเป็นอิฐและวัสดุเบา ทำการวัดค่าของอุณหภูมิภายในโถงที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ รวมไปถึงค่าอุณหภูมิที่ผิววัสดุด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) บันทึกข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 15 นาทีอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 2 วันต่อชุดการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS-PC+ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปรที่ศึกษา

ผลจากการวิจัยได้ผลสรุปเป็น สมการการคาดการณ์ของอุณหภูมิภายในโถง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ทั้ง 5 ตัวแปรดังที่กล่าวมาแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##C535050 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: : STRATIFICATION EFFECT / ATRIUM
PAIBOON RAKSASUTIPHAN : A STUDY OF STRATIFICATION IN ATRIUM USING SCALE MODEL SIMULATION. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMSITH NITYA, 112 pp. ISBN 974-584-690-2

The objective of this thesis is to study stratification effect in an atrium and design solution to solve that effect.Five factors that should have impact to the thermal behavior in the atrium are studied. The factors are outside temperature, vertical distance of every height in the atrium (height), solar radiation, outlet opening area and density of mass in the atrium.

This research is an experimental research using atrium models which inside dimension is 1.00 x 1.00 meters and 4 meters heigh. Atrium models are made of bricks and a light weight material, Inside are temperature at various levels of height including surface temperature were measured by Thermo Couple. The data is collected by recording the temperature every 15 minutes continuously for two consecutive days per one set of experiment. These data are analyzed with SPSS-PC+, a computer software package, by Multiple Regression and Correlation Method.

The result of the research leads to an equation for inside atrium temperature prediction correlating with the above five factors.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบพระคุณการพลังงานแห่งชาติ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณ ครอบครัวเพชรวราภาที่อนุเคราะห์สถานที่

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ของกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงค่าสรุปสภาพภูมิอากาศ รายเดือน ประจำปี พ.ศ. 2536 ของกรุงเทพมหานคร.....	26
4.1	แสดงค่าข้อมูลของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบในระบบปิด.....	50
4.2	แสดงค่าข้อมูลของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบในระบบเปิด 10% 20% 30%	51
4.3	แสดงค่าข้อมูลของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบในระบบเปิด 50% 70% 100%	52
4.4	แสดงค่าข้อมูลของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบในระบบเปิด 100%	53
4.5	แสดงค่าข้อมูลของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบในระบบเปิด 100% ไม่มีกระจก.....	44
4.6	แสดงคำสั่งในการคำนวณความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$.	55
4.7	แสดงผลการคำนวณความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$.....	56
ภ.1	ตัวอย่างการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SPSS/PC$^+$.	110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงบริเวณ Atrium ของศูนย์การค้ามาบุญครอง...	14
2.2	แสดงบริเวณ Atrium ของศูนย์การค้าโซโก้.....	15
2.3	แสดงบริเวณ Atrium ของศูนย์การค้าริเวอร์ซิตี้....	16
4.1	แสดงขนาดและวัสดุปล่องที่ใช้ในการวิจัย.....	32
4.2	แสดงตำแหน่งการติดตั้ง sensor เพื่อวัดค่าอุณหภูมิในปล่องทดสอบ.....	33
4.3	แสดงที่ตั้งปล่องทดสอบ.....	35
4.4	แสดงการติด sensor วัดอุณหภูมิที่ผิววัสดุภายในผนังมวลมาก(ผนังอิฐ).....	36
4.5	แสดงการติดตั้ง sensor วัดอุณหภูมิกลางปล่อง.....	36
4.6	แสดงการติด sensor วัดอุณหภูมิที่ผิววัสดุภายในผนังมวลน้อย.....	37
4.7	แสดงการติดตั้ง sensor วัดอุณหภูมิกลางปล่อง.....	37
4.8	แสดงการติดตั้ง sensor วัดอุณหภูมิกระจก (sky light) ปล่องมวลมาก.....	38
4.9	แสดงการติดตั้ง sensor วัดอุณหภูมิกระจก (sky light) ปล่องมวลน้อย.....	38
4.10	แสดงการติดตั้งกระจก (sky light) เปิดระบายอากาศตามเปอร์เซนต์ที่กำหนดไว้.....	39
4.11	แสดงภายในปล่องทดสอบ.....	39
4.12	แสดงการบุฉนวน (โฟม) ภายนอกและการติดตั้ง sensor ตามระดับความสูง.....	40
4.13	แสดงการบุฉนวน (โฟม) ภายนอกอีกมุม.....	40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.14 แสดงการเปิดช่องให้ลมเข้าด้านล่างของปล่องมวลมาก..... 41
4.15 แสดงการเปิดช่องให้ลมเข้าด้านล่างของปล่องมวลน้อย..... 41
4.16 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermo cubple).... 42
4.17 แสดงการต่อสาย sensor ไปยังเครื่อง แต่ละเส้นแทนอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งความสูง..... 42
4.18 แสดงการติดตั้งเครื่องวัด radiation ที่ผนัง..... 43
4.19 แสดงการติดตั้งเครื่องวัด radiation วัดในแนวตั้ง..... 43
4.20 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม..... 44
4.21 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้บันทึกอุณหภูมิ..... 44
4.22 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 64
4.23 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 65
4.24 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เฉพาะมวลสารมาก ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 66
4.25 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 1 เมตร วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 67
4.26 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 2 เมตร วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.27 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 3 เมตร วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 69

4.28 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 4 เมตร วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 70

4.29 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถงที่ผิวผนัง ระบบปิด เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 71

4.30 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 10%, 20%, 30%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 72

4.31 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 10% มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 73

4.32 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 20% มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 74

4.33 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 30% มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 75

4.34 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 10%, 20%, 30%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง1เมตรวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 76

4.35 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 10%, 20%, 30%เฉพาะมวลสารน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณ ตำแหน่งความสูง2เมตรวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 77
4.36 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 10%, 20%, 30%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง3เมตรวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 78
4.37 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 10%, 20%, 30%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง4เมตรวันที่วัดผล 27-28กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537..... 79
4.38 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 50%, 70%, 100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 80
4.39 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 50% มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 81
4.40 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 70% มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 82
4.41 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถงเฉพาะระบบเปิด ระบายอากาศ 100%มวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 83
4.42 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 50%, 70%, 100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง 1 เมตร วันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.43 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 50%, 70%, 100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง 2 เมตร วันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 85

4.44 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 50%, 70%, 100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง 3 เมตร วันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 86

4.45 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 50%, 70%,100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูง 4 เมตร วันที่วัดผล 4-5 มีนาคม พ.ศ.2537..... 87

4.46 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537. 88

4.47 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%เฉพาะมวลสารน้อย ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537. 89

4.48 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%เฉพาะมวลสารมาก ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537. 90

4.49 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง1เมตรวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537.... 91

4.50 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง2เมตรวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537.... 92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.51 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบาย
อากาศ 100%เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความ
สูง3เมตรวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537.... 93
4.52 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบาย
อากาศ 100%เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความ
สูง4เมตรวันที่วัดผล 11-12 มีนาคม พ.ศ.2537.... 94
4.53 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด
ระบายอากาศ 100%ไม่มีกระจกเปรียบเทียบมวลสาร
ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม
พ.ศ.2537..... 95
4.54 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด
ระบายอากาศ 100%ไม่มีกระจก เฉพาะมวลสารน้อย
ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม
พ.ศ.2537..... 96
4.55 แสดงกราฟรวมของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด
ระบายอากาศ 100%ไม่มีกระจก เฉพาะมวลสารมาก
ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม
พ.ศ.2537..... 97
4.56 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบาย
อากาศ 100%ไม่มีกระจก เปรียบเทียบมวลสาร ณ
ตำแหน่งความสูง 1 เมตร วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม
พ.ศ.2537..... 98
4.57 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบาย
อากาศ 100%ไม่มีกระจก เปรียบเทียบมวลสาร ณ
ตำแหน่งความสูง 2 เมตร วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม
พ.ศ.2537..... 99
4.58 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อากาศ 100%ไม่มีกระจก เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 3 เมตร วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม พ.ศ.2537..... 100

4.59 แสดงกราฟของอุณหภูมิภายในโถง ระบบเปิด ระบายอากาศ 100%ไม่มีกระจก เปรียบเทียบมวลสาร ณ ตำแหน่งความสูง 4 เมตร วันที่วัดผล 9-10 มีนาคม พ.ศ.2537..... 101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

A = เนื้อที่ว่างทางเข้าหรือทางออก ซึ่งสมมติว่ามีค่าเท่ากัน (ft^2)

c = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu/(lb)F)

C = องศาเซนต์เซียส

CFM = อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/min)

F = องศาฟาเรนไฮน

H = วัสดุมวลมาก

K = ค่าคงที่ มีค่า 9.4 ถึง 7.2

L = วัสดุมวลน้อย

p = ความหนาแน่นของอากาศ (lb/ft^3)

p_i = ความหนาแน่นของอากาศภายใน (pcf)

p_o = ความหนาแน่นของอากาศภายนอก (pcf)

$\hat{}P_{stack}$ = ผลต่างของแรงกด (psf)

q_{con} = อัตราความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน (Btu/hr)

T_i = อุณหภูมิของอากาศภายใน (F)

T_o = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (F)

$\hat{T}_i$ = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายใน (R)

$\hat{T}_o$ = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายนอก (R)

W = ความชื้นสัมพัทธ์ (lb/lb)

Z = ระยะทางตามแนวตั้ง ระหว่างศูนย์กลางของช่องเปิด (ft)

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ซ

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   - หลักการและเหตุผล..... 2
   - วัตถุประสงค์ในการวิจัย..... 3
   - ระเบียบวิธีการวิจัย..... 3
   - ขั้นตอนและวิธีวิจัย..... 4
2. ทฤษฎีที่มีผลต่อการวิจัย..... 7
   - ความเป็นมาและประโยชน์ของ Atrium..... 7
   - การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ..... 17
3. วิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ..... 25
   - สภาพภูมิอากาศ..... 25
4. กระบวนการวิจัย..... 29
   - วิธีที่ใช้ในการวิจัย..... 29
   - ขั้นตอนในการวิจัย..... 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รายงานการวิเคราะห์ผล..... 45
- ผลที่ได้รับจากการวิจัย..... 47
5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 102
- ข้อจำกัดในการวิจัย..... 102
- สรุปผลและเสนอแนะ..... 103
เอกสารอ้างอิง..... 107
ภาคผนวก..... 109
ประวัติผู้เขียน..... 112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย