การจำลองแบบหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารในกรุงเทพมหานคร

นาย มิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-517-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013816 I10247522

SIMULATION OF HEAT GAIN THROUGH BUILDING ENVELOPE FOR BUILDINGS IN BANGKOK METROPOLIS

Mr. Misarachai Aphiphatanamontri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-568-517-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองแบบหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของ-
อาคารในกรุงเทพมหานคร

โดย นายมิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ
(นายกิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์)

มิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี : การจำลองแบบหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารในกรุงเทพมหานคร (SIMULATION OF HEAT GAIN THROUGH BUILDING ENVELOPE FOR BUILDINGS IN BANGKOK METROPOLIS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ทวี เวชพฤติ, 313 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยหาค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารที่มีรูปร่างลักษณะ และทิศทางการวางอาคารต่าง ๆ วิจัยหารูปร่างของอาคารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับความร้อนน้อยที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับสถาปนิกและวิศวกรได้ใช้พิจารณาเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานต่อไป เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดทำมาก่อน นอกจากนี้ ยังได้วิจัยถึงแนวทางการลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารโดยการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารและฉนวนกันความร้อนชนิดต่าง ๆ

วิทยานิพนธ์นี้เริ่มตั้งแต่การหาค่าตัวประกอบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อนสำหรับกรุงเทพมหานคร การหาค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารจะหาในรูปของค่าความร้อนเฉลี่ยตลอดปี การหาค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารนี้จะคำนวณโดยใช้แบบจำลองของอาคาร ซึ่งจะทำการแปรเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของอาคาร เพื่อให้ได้อาคารที่มีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ และศึกษาผลของการแปรเปลี่ยนปัจจัยที่มีต่อค่าความร้อนที่คำนวณได้ และคำนวณหารูปร่างอาคารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับความร้อนน้อยที่สุด เมื่อกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ของอาคารมาให้ สำหรับแนวทางการลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร จะคำนวณหาสัมประสิทธิ์รังเงาประสิทธิผลของอุปกรณ์บังแดดภายนอกแบบต่าง ๆ ที่ใช้โดยทั่วไปและเปรียบเทียบการใช้ฉนวนกันความร้อนที่ใช้ทั่วไป 4 ชนิด ได้แก่ ใยหิน ใยแก้ว โพลียูรีเทนโฟม และโพลีสไตรีนโฟม

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต มิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทวี เวชพฤติ

MISARACHAI APHIPHATANAMONTRI : SIMULATION OF HEAT GAIN THROUGH BUILDING ENVELOPE FOR BUILDINGS IN BANGKOK METROPOLIS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.TAWEE VECHAPHUTTI, 313 PP.

This thesis studied heat gain through the building envelopes, and their optimum shape to minimize heat gain. From the results, architects and engineers could consider as the guideline to design the appropriate building for energy conservation. In addition, this thesis investigated ways and means to reduce heat gain by using external shading devices and thermal insulating materials.

At first this thesis investigated factors which were used to calculate heat gain through building envelopes in Bangkok. The average heat gain, which was averaged throughout the year, was presented. To calculate average heat gain, the building envelope was simulated by varying its shape, fenestration area and orientation of the building to obtain various models. The effects of the variation of configuration factors to the average heat gain were analyzed, and optimum shape of the building to minimize average heat gain was calculated when materials, fenestration area and orientation were defined. To provide guidelines for reduction of heat gain through the buildings, the effective shading coefficients of general external shading devices were calculated, and comparisons were made with the four thermal insulating materials, namely, rockwool, fiberglass, polyurethane foam and polystyrene foam.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต มิสรชัย อภิพัฒนะมนตรี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทวี เวชพุทธิ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ ให้คำแนะนำทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ และคุณราไพพิณ สุจิรัตนวิมล สถาปนิกจากบริษัท ทีค จำกัด ให้ข้อมูลและคำแนะนำทางด้านวัสดุที่ใช้และการออกแบบอาคาร คุณยงยุทธ มังนิมิตร บริษัทไชยยงค์ห้องเย็นขนส่ง จำกัด ให้ความสะดวกในการใช้คอมพิวเตอร์อย่างดียิ่ง และ เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับจากห้างหุ้นส่วนจำกัด ตะวันออก อิมปอร์ต เอ็กปอร์ต จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. ทฤษฎีการหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคาร 5
3. การคำนวณหาค่าตัวประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อน..... 32
4. การจำลองแบบการหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกอาคาร..... 56
5. การหาสัดส่วนอาคารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับความร้อนน้อยที่สุด..... 91
6. แนวทางการลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร..... 111
7. บทสรุป..... 139

เอกสารอ้างอิง..... 145

ภาคผนวก..... 147

ประวัติผู้เขียน..... 313

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าวันเฉลี่ยของทุกเดือน.....	12
3.1	แสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมรายชั่วโมง.....	34
3.2	แสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงรายชั่วโมง.....	36
3.3	แสดงค่าเฉลี่ยแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากการใช้ค่า n ของวันต้นเดือนจนถึง n ของวันสิ้นเดือนเดือน มค.....	43
3.4	แสดงค่าเฉลี่ยแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากการใช้ค่า n ของวันต้นเดือนจนถึง n ของวันสิ้นเดือนเดือน กพ.....	44
3.5 ก	แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของกำแพง.....	47
3.5 ข	แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของหลังคา.....	47
3.6	แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมงเป็นองศาเซลเซียส.....	50
3.7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทรานเฟอร์ฟังชั่นสำหรับกำแพงภายนอก.....	51
3.8	แสดงค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแดกต่างเทียบเท่าของกำแพงต่าง ๆ ที่ใช้ทั่วไป.....	54
3.9	แสดงค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแดกต่างเทียบเท่าของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 cm.....	55
4.1 ก	แสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ.....	67
4.1 ข	แสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ $\Delta Q/\Delta WWR_N$	67
4.2	แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มีรูปร่างกว้าง : ยาว = 1 : 5 วางในทิศทางต่าง ๆ.....	73

ตารางที่ หน้า

4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มี WWR แบบต่าง ๆ. 89
5.1 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยที่ผ่านกำแพงแบบจำลองในทิศทางต่าง ๆ..... 100
5.2 แสดงช่วงของสัดส่วนอาคารที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองแบบต่าง ๆ..... 103
5.3 ตัวอย่างการคำนวณหาสัดส่วนอาคารและจำนวนชั้นที่เหมาะสม..... 109
6.1 สัมประสิทธิ์ร่มเงาของกระจกต่าง ๆ (SC_1)..... 113
6.2 ประเภทและจุดเด่นของวัสดุฉนวน..... 124
6.3 แสดงค่า U ของ Insucrete และกำแพงคอนกรีตบล็อคที่บุด้วยฉนวนต่าง ๆ ราคาวัสดุและการติดตั้งเมื่อเปรียบเทียบกับราคากำแพงคอนกรีตบล็อค..... 126
6.4 แสดงค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าของกำแพงบุฉนวนต่าง ๆ..... 130
6.5 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยที่ผ่านกำแพงบุฉนวนต่าง ๆ... 132
6.6 แสดงค่าความร้อนที่ลดได้ตลอดปี..... 134
6.7 แสดงค่า SIMPLE PAYBACK..... 136
6.8 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตบุฉนวนประเภทต่าง ๆ..... 138
7.1 แสดงช่วงของสัดส่วนอาคารที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองแบบต่าง ๆ..... 143
ก.1 แฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ ของระนาบเอียง 90°..... 160
ก.2 แฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ ของระนาบระดับ.. 192

ตารางที่ หน้า

ก.3 การเปรียบเทียบค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาและไม่พิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจกของระนาบเอียง 90° หันไปทางทิศตะวันตก..... 196

ก.4 การเปรียบเทียบค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาและไม่พิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจกของระนาบระดับ..... 200

ก.5 ค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดเดือนและปี..... 204

ก.6 อุณหภูมิของระนาบที่มีผิวสีปานกลาง..... 210

ก.7 ตัวอย่างการคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกำแพงคอนกรีตบล็อคหนา 10 cm. ที่เวลาและทิศทางต่าง ๆ เดือน มค. และ เดือน กพ..... 216

ก.8 อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับกำแพงคอนกรีตบล็อคหนาประมาณ 10 cm..... 224

ฉ.1 แสดงค่า SC_2 ของอุปกรณ์บังแดดแบบทางนอนที่ ϕ_1 ตั้งแต่ 0° ถึง 50°..... 273

ฉ.2 แสดงค่า SC_2 ของอุปกรณ์บังแดดแบบทางตั้งที่ ϕ_2 ตั้งแต่ -50° ถึง 50°..... 281

ฉ.3 แสดงค่า SC_2 ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสมที่ ϕ_1 ตั้งแต่ 0° ถึง 40°..... 297

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงสมการเวลา, E..... 8

2.2 แสดงมุมต่าง ๆ ของระนาบกับดวงอาทิตย์..... 11

2.3 แสดงโนโมแกรม..... 11

2.4 แสดงทิศทาง I_n บนระนาบระดับและระนาบเอียง... 13

2.5 แสดงมุมตกกระทบและมุมหักเหในตัวกลางที่มีดัชนีหักเห n_1 และ n_2 17

2.6 แสดงการส่งผ่านในตัวกลาง..... 18

2.7 แสดงมุมตกกระทบประสิทธิผลของพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย..... 22

2.8 แสดงสมดุลย์ทางความร้อนของกระจกที่ถูกแสงแดดที่เวลาใด ๆ..... 24

3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุระนาบกระจกใสหนา 3 mm.... 41

4.1 แผนภูมิแสดงการแปรเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ของแบบจำลอง..... 59

4.2 แสดงค้าน x และ y ของแบบจำลอง..... 61

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง WWR_N & Q เมื่อ WWR อีก 3 ด้าน(WWR_S, WWR_E, WWR_W) มีค่าเท่ากัน คือ 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %.. 65

4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง WWR ในทิศทางต่าง ๆ..... 66

4.5 ก กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากันที่ 0 %..... 70

รูปที่ หน้า

4.5 ข กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากันที่ 100 %..... 71

4.6 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน คู่หนึ่งมีค่า WWR = 100 % อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 0 %..... 75

4.7 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน คู่หนึ่งมีค่า WWR = 80 % อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 20 %..... 78

4.8 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากับ 100 % สามด้าน และด้านที่เหลือมี WWR = 0 %..... 81

4.9 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เพียงด้านเดียว..... 84

4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความชันของกราฟของแบบจำลองที่มี WWR ต่างกัน 4 แบบ..... 87

4.11 แสดงการวางแบบจำลองของอาคารทั่วไปในทิศทางต่าง ๆ..... 88

6.1 แสดงมุม VSA และมุม HSA..... 115

6.2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณหา VSA และ HSA... 116

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

α	ค่าการดูดกลืน
α_a	มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์
β	มุมเอียงของระนาบ
δ	เดคคลีเนชั่น
Υ	มุมแอลซิมุธของระนาบ
Υ_s	มุมแอลซิมุธของดวงอาทิตย์
Υ_{ws}	มุมแอลซิมุธระหว่างระนาบกับดวงอาทิตย์
ε	ค่าการปล่อยรังสีแบบครึ่งทรงกลมของผิว
λ	ค่าคงที่ Lagrange Multiplier
ϕ	เส้นรุ้ง
ρ	ค่าการสะท้อนแสงของพื้นโดยรอบระนาบ
τ	ค่าการผ่านทะลุ
ω	มุมของเวลา
ω_s	มุมเวลาของดวงอาทิตย์ขึ้นหรือตก
θ	มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์
θ_z	มุมเซนิธ
A	ขนาดพื้นที่ชั้น
A_f	พื้นที่ช่องกระจก
A_w	พื้นที่กำแพงทึบ
A_o	พื้นที่กำแพงทั้งหมดด้านใดด้านหนึ่ง
c	ความสูงของชั้นของแบบจำลอง
E	สมการเวลา
G	อัตราส่วนพื้นที่ช่องกระจกที่ถูกแสงแดดต่อพื้นที่ช่องกระจกทั้งหมด
h	อัตราความร้อนเฉลี่ยที่ผ่านกำแพงด้านใด ๆ

h_i สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวและการพาของอากาศที่ผิวภายใน

h_o สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวและการพาของอากาศที่ผิวภายนอก

H_b พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงที่ผ่านกระจกใสหนา 3 mm.

H_d พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายที่ผ่านกระจกใสหนา 3 mm.

H_{total} พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมที่ผ่านกระจกใสหนา 3 mm.

HSA มุมเกิดเงาแนวนอน

I_b พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงที่รับได้บนระนาบระดับ

I_d พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายที่รับได้บนระนาบระดับ

I_i ความเข้มของรังสีที่ตกกระทบที่ผิว

I_r ความเข้มของรังสีที่สะท้อนกลับจากผิว

I_t พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมที่รับได้บนระนาบ

L_{loc} เส้นแวงท้องถิ่น

L_{st} เส้นแวงมาตรฐาน

n จำนวนวัน

n_1, n_2 ดัชนีหักเหในตัวกลางที่ 1 และ 2

N_i เศษส่วนความร้อนที่ไหลเข้าสู่ภายในเนื่องจากพลังงาน-แสงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืน

$\dot{q}_{fR}$ อัตราความร้อนที่สะท้อนกลับจากกระจก

$\dot{q}_{fS}$ อัตราความร้อนที่สะสมในกระจก

$\dot{q}_{fT}$ อัตราความร้อนที่ผ่านทะลุกระจก

$\dot{q}_{fRCi}$ อัตราความร้อนที่เกิดจากการพาและแผ่รังสีสู่ภายในของกระจก

$\dot{q}_{fRCo}$ อัตราความร้อนที่เกิดจากการพาและแผ่รังสีสู่ภายในของกระจก

q ความร้อนที่ผ่านรูปรอบนอกของอาคารด้านใด ๆ

q_f ความร้อนที่ผ่านกระจก

q_r	ความร้อนที่ผ่านหลังคา
q_w	ความร้อนที่ผ่านกำแพงทึบ
Q	ความร้อนที่ผ่านรูปรอบนอกของอาคาร
r	ค่าการสะท้อนแสง
R	สัดส่วนของอาคาร
ΔR	ค่าแตกต่างระหว่างพลังงานรังสีคลื่นยาวที่ตกกระทบบนผิว-จากท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อม, กับพลังงานรังสีที่ปล่อยจากวัตถุดำที่อุณหภูมิอากาศภายนอก
SC	ค่าสัมประสิทธิ์ร่มเงาของช่องกระจกแบบใด ๆ
SC_1	ค่าสัมประสิทธิ์ร่มเงาของกระจก
SC_2	ค่าสัมประสิทธิ์ร่มเงาประสิทธิผลของอุปกรณ์บังแดดภายนอก
SF	ค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์
t_e	อุณหภูมิโซล-แอร์
t_i	อุณหภูมิอากาศภายใน
t_o	อุณหภูมิอากาศภายนอก
TA	ขนาดพื้นที่ชั้นรวม
TD_{eq}	อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า
ΔT	อุณหภูมิแตกต่างระหว่างอากาศภายนอกกับภายใน
U_f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก
U_w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงทึบ
VSA	มุมเกิดเงาแนวตั้ง
WWR	อัตราส่วนพื้นที่ช่องกระจกต่อพื้นที่กำแพง

อักษรห้อยท้าย

N	ทิศเหนือ
S	ทิศใต้
E	ทิศตะวันออก

W	ทิศตะวันตก
NE	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
SW	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
SE	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
NW	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ