การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย

นางสาวโสธิดา งามวิวัฒนสว่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FORMATION OF STANDARDIZED DOOR AND WINDOW FOR THAILAND

Ms.Sothida Ngamwiwatsawang

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

510695

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย
โดย	นางสาวโสธิดา งามวิวัฒนสว่าง
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง : การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย.
(FORMATION OF STANDARDIZED DOOR AND WINDOW FOR THAILAND)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ , 96 หน้า.

กระแสตื่นตัวภาวะโลกร้อนในภาคธุรกิจก่อสร้างอาคารของไทย หลากหลายแนวทางและมาตรการเพื่อกระตุ้นให้มีการบริโภคพลังงานอย่างคุ้มค่าจึงได้เกิดขึ้นอย่างจริงจัง แนวทางหนึ่งเพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นในภาคธุรกิจก่อสร้างอาคารในปัจจุบันคือ การหันมาให้ความสำคัญกับการเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงานสำหรับประเทศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย และการใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดขยะจากการก่อสร้าง ประตู-หน้าต่างประหยัดพลังงานเป็นหนึ่งในวัสดุหลักสำคัญในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ที่มีราคาที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้ผู้ที่มีรายได้น้อยไม่มีโอกาสได้ใช้ ในปัจจุบัน ธุรกิจการประกอบและติดตั้งประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานในประเทศไทยยังมีต้นทุนที่สูงมาก การวิจัยนี้ จึงมีแนวคิด "จัดทำประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย" ให้มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ราคาถูก ติดตั้งง่ายและรวดเร็ว เพื่อช่วยส่งเสริมให้ประชาชนมีโอกาสได้ใช้ประตูหน้าต่างที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น เป็นการส่งเสริมให้ช่วยกันลดภาวะโลกร้อน

วิธีการวิจัยกระทำโดยการเก็บรวบรวมขนาดประตูหน้าต่างที่นิยมใช้กันปัจจุบันมาทำการคำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบกับขนาดประตู-หน้าต่างที่ได้รับการปรับให้มีขนาดมาตรฐาน จากนั้นจึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้วัสดุ แรงงาน พลังงาน และระยะเวลาในการติดตั้ง โดยใช้หลักวิเคราะห์ทางเศษฐศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและเวลา

ผลการศึกษาอาคารกรณีศึกษา 11 หลัง พบว่า ประตู-หน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทยสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า 32.37% ลดเวลาในการประกอบติดตั้งลง 84.60% และลดภาระทำความเย็น 258 วัตต์/ตารางเมตร/ชั่วโมง ของพื้นผิวกระจก เมื่อเปรียบเทียบกับประตูหน้าต่างเดิมที่ใช้กระจกสีเขียว 6 มม.และกรอบบานอลูมินั่ม

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2551

5074188025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : STANDARDIZED / DOOR & WINDOW / ENERGY / UPVC FRAME

SOTHIDA NGAMWIWATSAWANG : FORMATION OF STANDARDIZED DOOR AND WINDOW FOR THAILAND. ADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D, 96 pp.

Since awareness of global warming has increased, so has greater priority been given to building materials to reduce the demands of CO2 which in turn reduces global warming through wiser energy use. It is undoubtedly true that building construction materials have an enormous direct impact on the environment in terms of energy use. Many simple actions can be taken to help reduce global warming by reducing waste, reusing materials, recycling products, using less air conditioning through the use of energy efficient products for hot and humid climates like Thailand, and encouraging others to conserve energy. Doors and windows have a real impact on cooling costs in Thailand. Energy efficient windows and doors are very high cost today because they are custom-made resulting in greater waste and consuming much time and labor for installation. This research aims to produce doors and windows which are cost-effective, easy to install and save construction time in order to encourage people in Thailand to use doors and windows that are energy efficient.

From 11 fielded study houses, the experimental results indicated that standard door and window can save fenestration cost more than 32.37%, less installation time 84.60% and save energy consumption as low as 258 Watt/m2.hr of standard fenestration compared to existing door and window with 6 mm. green glass and aluminum frame.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Architect Student's Signature .....

Field of Study : Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างดียิ่งได้ ด้วยความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และน้ำใจจากบุคคล และหน่วยงาน ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำถึงประเด็นต่างๆในการศึกษาและชี้แนวทางในการแก้ปัญหา การค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการวิเคราะห์ และสรุปผลการศึกษา รวมทั้งการแก้ไขงานให้สมบูรณ์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ซึ่งเป็นผู้ประศาสน์วิชา ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดหลักสูตรการศึกษา และช่วยติดตามดูแลงานวิจัยอย่างใกล้ชิด

ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้ข้อคิด และคำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความครบถ้วนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณวินัย ทวีสกุลชัย กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี้กลาส จำกัด ผู้ที่สนับสนุนทุนการศึกษา ให้ความช่วยเหลืออย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ทิพย์สุดา ปทุมานนท์ ดร.ปรีชญา สิทธิพันธุ์ ดร.วรภัทร อิงคโรจน์ฤทธิ ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร และคณาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน ผู้ที่ประศาสน์ความรู้ จุดประกายความคิด ตลอดการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณพงษ์พัน สระทองช่วง และน้องๆ บริษัท ไทยเยอรมัน สเปเชียลตี้กลาส จำกัด ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาและสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท เมกลา จำกัด ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่และแรงงานในการวิจัย และขอขอบคุณ บริษัท เฟ็นสเตอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่อนุเคราะห์เฟรม PVC

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน ทุกสาขาวิชาที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ คอยถามไถ่ด้วยความห่วงใย และให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งตลอดมา

ท้ายที่สุดขอกราบเท้าคุณพ่อคุณแม่ พี่ชายและน้องชาย ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจมาตลอด จนทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาและน้ำใจอันดียิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

สารบัญแผนภูมิ..... ฏ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 7

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 8

1.4 ข้อจำกัดในการวิจัย..... 8

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 9

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย..... 10

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 14

บทที่ 2 ทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี..... 15

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17

2.2.1 ประเภทและคุณสมบัติของช่องเปิด..... 17

2.2.2 ขนาดของช่องเปิด..... 18

2.2.3 คุณสมบัติกระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน..... 23

2.2.4 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุทำวงกบประตู-หน้าต่าง..... 38

2.2.5 น้ำหนักต่อบานที่เหมาะสม..... 42

2.2.6 วิธีการผลิตกระจก และวงกบประตู-หน้าต่าง..... 45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.7 ปัญหาแรงงานในธุรกิจก่อสร้าง..... 49
2.2.8 ความต้องการที่อยู่อาศัยในประเทศไทย..... 51

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัยและวัสดุอุปกรณ์

3.1 การกำหนดชนิดกระจกที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่าง..... 54
3.2 การกำหนดชนิดวงกบที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่าง..... 55
3.3 การกำหนดประเภทและขนาดหน้าต่าง..... 61
3.4 การกำหนดขนาดผนังจำลองและช่องเปิดอาคาร..... 62
3.5 การกำหนดขั้นตอนการทดสอบ..... 64
3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและบันทึกข้อมูล..... 68
3.7 การวิเคราห์ผลการทดสอบ..... 69
3.8 สรุปผลการทดสอบ..... 70

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 ผลการวิเคราะห์..... 71
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการประตู-หน้าต่างมาตรฐาน..... 71
4.1.2 ผลการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน..... 77

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 85
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 87
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 87

รายการอ้างอิง..... 89
บรรณานุกรม..... 90
ภาคผนวก..... 91
ภาคผนวก ก. คู่มือติดตั้งประตู-หน้าต่าง มาตรฐาน..... 92
ภาคผนวก ข. วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำความเย็น..... 94
ประวัตผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 31 ของโลก	3
1.2	ไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 4 ของเอเชีย	3
2.1	ขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐาน	23
3.1	เปรียบเทียบมาตรฐานสหรัฐอเมริกา และไทย	57
3.2	ขนาดกระจกที่นำมาเป็นวัตุดิบมาตรฐาน	58
3.3	ขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย	59
3.4	ขนาดกระจกแปรรูปที่ใหญ่ที่สุดที่ผลิตได้ในต้นทุนที่ต่ำ	59
3.5	ค่าความต้านทานของวัสดุที่ใช้ทำวงกบประตู-หน้าต่าง	60
3.6	ขนาดประตู-หน้าต่าง มาตรฐานสำหรับประเทศไทย	62
4.1	เปอร์เซ็นใช้กระจกต่อพื้นที่ใช้สอย	71
4.2	แสดงประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ	72
4.3	แสดงประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ	74
4.4	เปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต	75
4.5	เปรียบเทียบต้นทุนแรงงานที่ใช้ในการผลิตและติดตั้ง	75
4.6	เปรียบเทียบต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตและติดตั้ง	76
4.7	เวลาที่ใช้เฉลี่ยแยกตามประเภท	79
4.8	เปรียบระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแต่ละกลุ่มอาชีพ	83
4.9	เปรียบระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน	83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยของชายไทยอายุระหว่าง 17-49 ปี	19
2.2	สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยมนุษย์	20
2.3	Solar Intensity at Sea Level by Wavelength	25
2.4	Solar Reflection / Transmission of Clear glass	25
2.5	Solar Reflection / Transmission of Pilkington K Glass(Low-E)	26
2.6	Solar Reflection / Transmission of Ipasol 66/34(Low-E)	26
2.7	Spectral Transmission Ration	28
2.8	การเปรียบเทียบค่า U-Value ตามมาตรฐาน EN673	29
2.9	เปรียบเทียบค่า U-Value กับค่า emittance	29
2.10	Aluminum Spacer	30
2.11	Impact of the gap in a double-pane window on the U-value	31
2.12	Energy Factor	32
2.13	รังสี UV	35
2.14	การเกิดหยดน้ำบนผิวกระจก	36
2.15	การเกิดหยดน้ำบนผิวกระจกแต่ละชนิด	37
3.1	กระจกประหยัดพลังงานหนา 24 มม	56
3.2	Solar Energy through window	56
3.3	24 Heat Stop REAVGN	58
3.4	วงกบบานเลื่อน และบานเปิด	60
3.5	ผนังและช่องเปิดจำลอง	66
3.6	แสดงการติดตั้งตัวแทนหน้าต่างมาตรฐาน	64
3.7	หน้าต่างบานติดตายขนาด	68
3.8	หน้าต่างบานเลื่อนขนาด	68
3.9	นาฬิกาจับเวลา	69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก	2
1.2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานของไทยเปรียบเทียบปี 1994 และ2003	4
1.3	สัดส่วนต้นทุนการผลิตประตู-หน้าต่าง ปี 2009	5
1.4	ต้นทุนการผลิตประตู-หน้าต่าง ปี 2009	6
2.1	เปรียบเทียบค่า U-Factor ของกระจก 5 ประเภท	30
2.2	U-Factor and SHGC of Tinted Glass	31
2.3	U-Factor and SHGC of Low-E Coated and non Coated Glass	33
2.4	SC and VT of process and non process Glass	34
2.5	Surface Temperature	37
2.6	U-Factor of Aluminum Wood, and PVC Frame	38
2.7	PVC-U window & door profile markets in Europe	40
2.8	% PVC-U ในตลาดยุโรปตะวันตก	41
2.9	สัดส่วนการใช้ PVC-U ในตลาดยุโรปตะวันตก	41
2.10	ความสามารถในการยกของหนักของคนไทย	45
2.11	ประเภทที่อยู่อาศัยที่เป็นที่ต้องการ	51
2.12	ส่วนแบ่งตลาดราคาบ้านเดี่ยว	52
2.13	ตลาดที่อยู่อาศัยในประเทศไทย	53
3.1	เปรียบคุณสมบัติของกระจก มาตรฐานไทย กับ NFRC และ Energy Star	57
3.2	U Value Comparison	61
4.1	แสดงจำนวนอาคารกรณีศึกษาในแต่ละขนาด	72
4.2	แสดงปรระสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ	73
4.3	ต้นทุนรวมประตู-หน้าต่าง	76
4.4	แยกประเภทต้นทุนประตู-หน้าต่างมาตรฐาน	77
4.5	เวลาที่ใช้เฉลี่ยแยกตามประเภท	80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 เวลาเฉลี่ยแยกตามประเภทในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง..... 80
4.7 เปรียบเทียบจำนวนวันทำงานแต่ละโครงการ..... 81
4.8 เปรียบเทียบจำนวนวันเฉลี่ยทำงานแบบมาตรฐานและไม่มาตรฐาน..... 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์หรือคำย่อ	คำเต็ม	คำอธิบาย
	Absorptions.	สัดส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระจกดูดซับไว้ มีหน่วนเป็นเปอร์เซ็น
	Air Infiltration	ปริมาณอากาศที่รั่ว เข้าหรือออก ผ่านประตู-หน้าต่าง
	Annealed Glass	กระจกโฟลทที่แตกเป็นปากฉลาม เป็นวัสดุพื้นฐานของกระจกแปรรูป
ANSI	American National Standards Institute	สถาบันมาตรฐานแห่งชาติ ของสหรัสอเมริกา
AR	Argon	ก๊าซอาร์กอน เป็นก๊าซเฉื่อย มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อน
ASTM	American Society for Testing and Materials	เป็นองค์กรด้านการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์
	Awning	หน้าต่างบานกระทุ้ง
Btu		หน่วยของพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ อุณหภูมิสูงขึ้น 1 °F
	Casement	ประตู หรือ หน้าต่างบานเปิด ไปด้านใดด้านหนึ่ง
CFM.	Cubic Feet per Minute	ปริมาณอากาศที่รั่ว 1 ลูกบาศก์ฟุต/นาที
	Composite frame	เฟรมที่ประกอบด้วยวัสดุมากกว่า 1 ชนิด
	Condensation	การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ บนผิววัสดุใด กรณีที่อุณหภูมิผิววัสดุนั้นๆ ต่ำกว่าจุดน้ำค้าง
	Conduction	ปริมาณความร้อนที่นำผ่านวัสดุแข็งจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง
	Convection	การส่งผ่านความร้อนโดยอาศัย อากาศ หรือของไหลเป็นตัวนำพา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์หรือคำย่อ	คำเต็ม	คำอธิบาย
	Desiccant	สารดูดความชื้น ประสิทธิภาพสูง จะใช้ในช่องว่างระหว่างกระจกสองแผ่น
	Dew Point	อุณหภูมิที่จุดที่ทำให้เกิดหยดน้ำ
DGU	Double Glazing Unit	กระจก2แผ่นวางขนานกัน กั้นด้วย อลูมินั่มสแปเซอร์ เพื่อลดการนำความร้อนผ่านกระจก จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง
	Double-Hung Window	หน้าต่างบานเลื่อน โดยเลื่อนขึ้นหรือลงในแนวตั้ง
	Fixed Panel	ช่องแสงขนาดใหญ่ หรือบานติดตาย
	Fixed Window	หน้าต่างบานติดตาย
	Frame	วงกบ กรอบบานประตู-หน้าต่าง
	Gas Filled	อากาศ หรือก๊าซเฉื่อยที่เติมในช่องว่างระหว่างกระจก อิซูเลตเพื่อไปเพิ่มความเป็นฉนวนความร้อน หรือลดค่า U-Factor
SHG	Solar Heat Gain	ปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกด้วยการนำ การพา และการแผ่
HS	Heat-strengthened glass	กระจกที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อทำให้ค่า stress ของผิวกระจกเพิ่มขึ้น
IR	Infrared radiation	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 70 นาโนเมตรเตอร์
	Krypton	ก๊าซเฉื่อย ไม่เป็นพิษ ใช้เพื่อเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับกระจกอินซูเลต
KWH	Kilowatt Hour	หน่วยของพลังงาน หรืองาน
	Laminated glass	คือการนำกระจก 2 แผ่นขึ้นไปมายึดติดกันด้วยแผ่น PVB หรือ EVA หรือ INP หรือ RESIN เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้เป็นกระจกนิรภัย
Low-E	Low Emissivity	โลหะที่เคลือบบนผิวกระจกเพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนจากกระจก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์หรือคำย่อ	คำเต็ม	คำอธิบาย
NFRC	National Fenestration Rating Council	สถาบันที่กำหนดมาตรฐาน วัสดุประหยัดพลังงาน
U PVC	Un plasticizer Polyvinylchloride	เฟรมที่ใช้ยึดกระจกให้ติดกับช่องแสงอาคาร ทำมาจากพลาสติก
	R-value	ค่าความต้านทานความร้อนผ่านกระจก ค่า R-value ยิ่งสูง กระจกจะมีความเป็นฉนวนมาก
	Radiation	ค่าการแผ่ความร้อน
	Reflectance	ปริมาณความร้อน หรือแสงที่สะท้อนผิววัสดุ
	Reflective glass	กระจกที่เคลือบโลหะบนผิวกระจกเพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงอาทิตย์
	Safety glass	กระจกนิรภัยเพื่อลดอันตรายจากกระจกบาด ประกอบด้วย 3 ประเภทคือ กระจกนิรภัยเทมเปอร์ กระจกนิรภัยลามิเนต และกระจกเสริมลวด
	Sash	คือบานประตู หรือหน้าต่างที่ประกอบด้วยเฟรมและกระจก
	Sealant	วัสดุยาแนว ให้อุดรอยรั่ว ช่องว่างต่างๆ เพื่อกันการรั่วซึม
SC	Shading coefficient	ค่าสัมประสิทธิการบังเงา คือ SHCG ของกระจกเทียบกับ 0.87 ค่า SC ยิ่งต่ำ กระจกจะยิ่งประหยัดพลังงาน
	Short-wave infrared radiation	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นอยู่ระหว่า 700-2500 nm.
	Sliding window	หน้าต่างบานเลื่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์หรือคำย่อ	คำเต็ม	คำอธิบาย
SHGC	Solar heat gain coefficient	ปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกโดยตรง รวมกับปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่จากผิวกระจกที่ดูดซับความร้อนไว้ ค่า SHGC ยิ่งต่ำกระจกจะยิ่งประหยัดพลังงาน
	Tempered glass	คือกระจกที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณภูมิ 600-650 ^{o}C ทำให้กระจกมีความแข็งกว่ากระจก Annealed 4 เท่า และแตกเป็นเม็ดข้าวโพด ลดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ใกล้
	Thermal break	ลักษณะการแตกของกระจกอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิบนผิวกระจกแผ่นเดียวกัน มากเกิน 30 ^{o}C ในกรณีกระจก Annealed
Tsol	Solar Transmittance	ค่าพลังงานความร้อน ทะลุผ่านกระจก
	U-factor	หรือ U-Value คือค่าการนำความร้อนผ่านกระจก
UV	Ultraviolet light	แสงเหนือม่วง คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้ง 100-380 nm.
	Visible light	คลื่นแสง หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่น ตั้งแต่ 380-700 nm.
VT	Visible transmittance	ปริมาณคลื่นแสงที่ทะลุผ่านกระจก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิกฤตภาวะโลกร้อนได้สร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประโยชน์สูงสุดให้เกิดขึ้นในวงการต่างๆทั่วโลก โดยมีสาเหตุจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น เพื่อในการผลิตพลังงานรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม อาคาร และการขนส่ง เป็นต้น วิกฤตภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศไทยด้วย กระแสตื่นตัวภาวะโลกร้อนในภาคธุรกิจก่อสร้างอาคาร หลายๆ ฝ่าย ทั้งภาครัฐและเอกชนรวมถึงผู้ออกแบบและเจ้าของอาคาร จึงได้ร่วมรณรงค์เพื่อหยุดหรือชะลอภาวะโลกร้อนให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด หลากหลายแนวทางและมาตรการเพื่อกระตุ้นให้มีการบริโภคพลังงานอย่างคุ้มค่าจึงได้เกิดขึ้นอย่างจริงจัง

แนวทางหนึ่งเพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นในภาคธุรกิจก่อสร้างอาคารในปัจจุบันคือ การออกแบบสิ่งก่อสร้างต่างๆ ด้วยวัสดุก่อสร้างประหยัดพลังงานคุณภาพสูงที่เหมาะสมกับภูมิประเทศร้อนชื้น และการอาศัยประโยชน์จากธรรมชาติที่มีให้ใช้อย่างเหลือเฟือ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ต้นไม้ และสภาพแวดล้อม[1] เป็นต้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

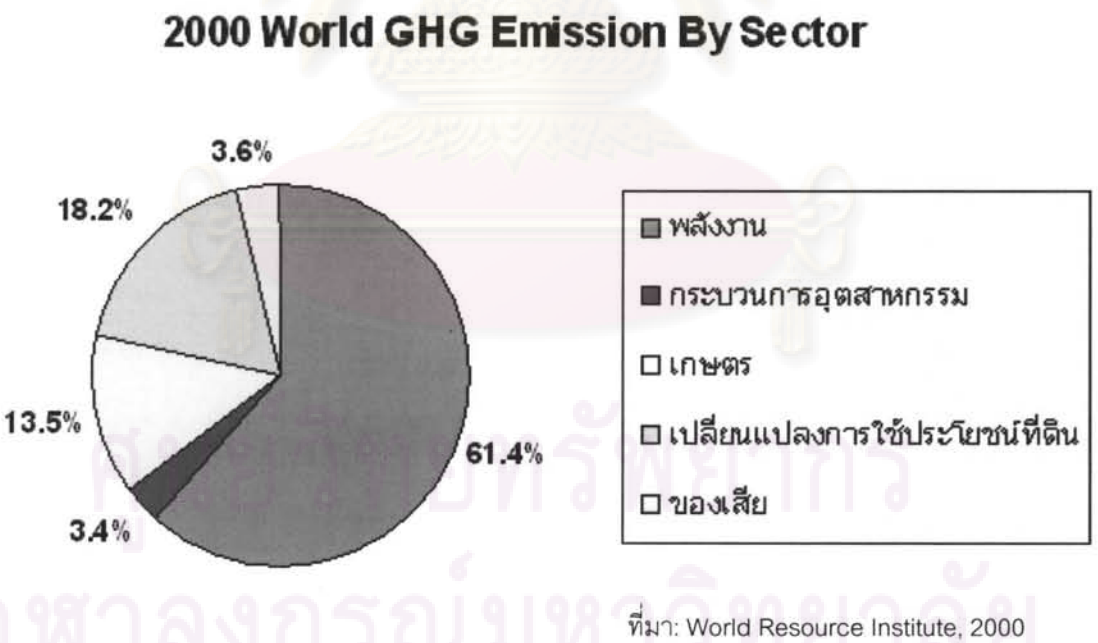
ปัจจุบันผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น และการใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและขยะจากการก่อสร้าง เนื่องจากการออกแบบอาคารและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างนั้น มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานมวลรวมของประเทศ ประตู-หน้าต่างกระจกเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้ปิดผิวอาคาร และเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดใหญ่จนถึงอาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก ประตู-หน้าต่างกระจกได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความสวยงามให้กับอาคารหลายอย่าง เช่น การประหยัดพลังงาน[1] กันขโมย กันเสียง กันรังสี UV และสามารถทำความสะอาดได้เอง ในปัจจุบันประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีแนวโน้มที่

[1] สุนทร บุญญาธิการ, บ้านประหยัดพลังงานไม่แพง (อย่างที่คิด). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.oknation.net/blog/homebiz/2008/11/07/entry-

สูงขึ้นอย่างมากทั้งนี้เป็นผลมาจากประตู-หน้าต่างมีคุณสมบัติโปร่งใส ให้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้มาก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง ในขณะเดียวกันก็สกัดกั้นความร้อนจากภายนอกอาคารให้ผ่านเข้ามาภายในอาคารได้น้อย พลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาได้น้อยทำให้ช่วยลดภาระในการทำความเย็นให้กับอาคาร นอกจากนี้ประตู-หน้าต่างก็มีความแข็งแรงและปลอดภัยสามารถหน่วงรั้งผู้ไม่ประสงค์ดีที่พยายามบุกรุกเข้ามาภายในอาคาร ดูแลรักษาง่าย และยังคงความทันสมัยโดดเด่นแก่อาคาร

จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัย พบว่าในช่วงปี 2535-2544 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 10,200 เป็น 19,644 GWh ต่อปี ซึ่งเทียบได้กับการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10 ต่อปี หรือคิดเป็นสัดส่วน 20-25% ของการใช้ไฟฟ้าในทุกภาคเศรษฐกิจของประเทศและมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับลักษณะของการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยมากขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบให้มีความสอดคล้องทั้งคุณภาพชีวิตและการใช้พลังงานเชิงอนุรักษ์ควบคู่กันไป[2]

แผนภูมิที่ 1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก



ที่มา: World Resource Institute, 2000

[2] พรพรรณ เหลืองรุจิวงศ์. การศึกษาประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานของหน้าต่างและกระจกสำหรับบ้านพักอาศัย . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.

ตารางที่ 1.1 ไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 31 ของโลก

World Rank	Countries	% of World Emission*
1	สหรัฐอเมริกา	15.79
2	จีน	11.88
3	อินโดนีเซีย	7.41
4	บราซิล	5.37
5	รัสเซีย	4.73
...	...	...
31	**ไทย**	**0.75**

ที่มา: World Resource Institute, 2000

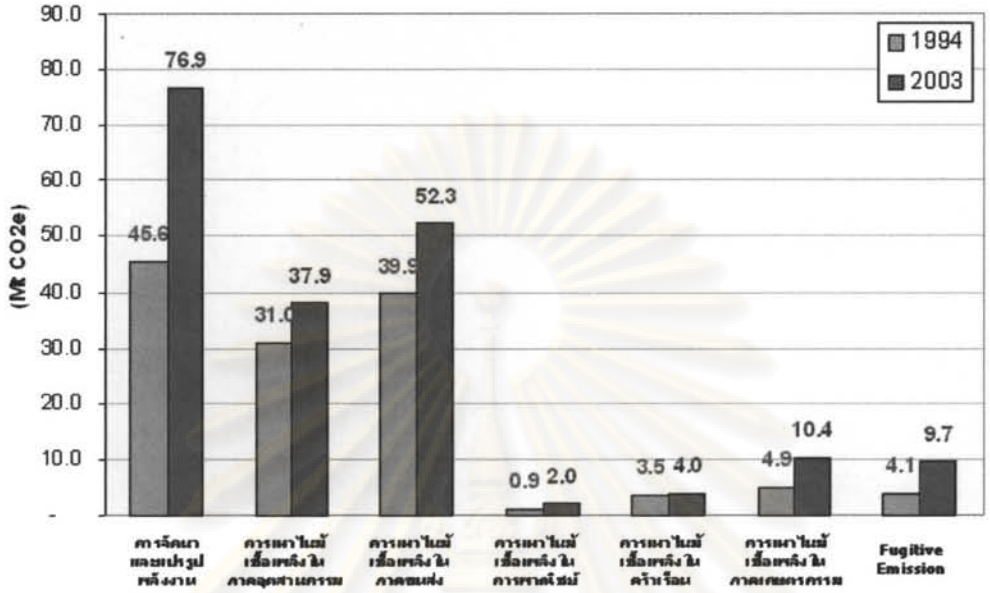
ตารางที่ 1.2 ไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 4 ของเอเชีย

ASEAN Rank	Countries	% of World Emission*
1	อินโดนีเซีย	7.41
2	มาเลเซีย	2.09
3	พม่า	1.23
4	**ไทย**	**0.75**
5	ฟิลิปปินส์	0.55
6	กัมพูชา	0.30
7	เวียดนาม	0.20
8	สิงคโปร์	0.14
9	ลาว	0.07
10	บรูไน	0.02

ที่มา: World Resource Institute, 2000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานของไทยเปรียบเทียบปี 1994 และ2003

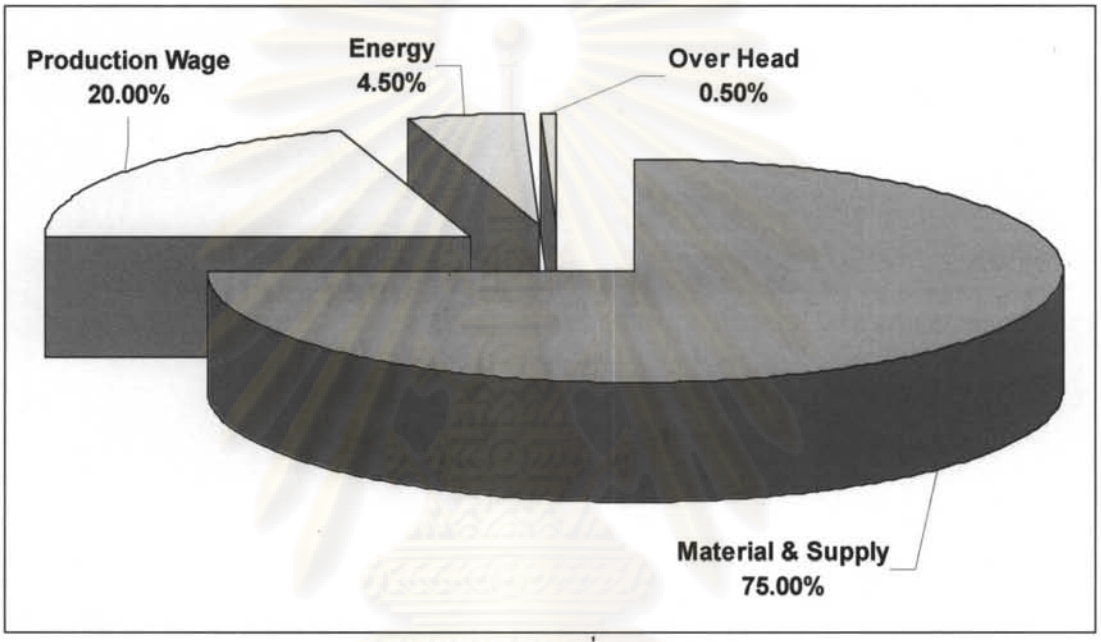


ที่มา: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550

ในปัจจุบัน ธุรกิจประกอบและติดตั้งประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานประสิทธิภาพสูงที่สามารถสกัดกั้นและลดปริมาณความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคารในประเทศไทยยังมีราคาที่ค่อนข้างจะสูงมากเมื่อเทียบกับประตู-หน้าต่างกระจกใสหรือกระจกสีเขียวที่ใช้กันทั่วไปปัจจุบันนี้ สาเหตสำคัญหนึ่งคือ ในตลาดประตู-หน้าต่างกระจกปัจจุบันไม่มีขนาดที่เป็นมาตรฐาน ประตู-หน้าต่างแต่ละบานยังเป็นลักษณะสั่งทำ ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบในการผลิตสูง ใช้เวลาในการผลิตที่ยาวนาน และต้องอาศัยช่างฝีมือเฉพาะด้านกระจกในการติดตั้งเท่านั้น ส่งผลให้เจ้าของอาคารหันไปใช้ประตู-หน้าต่างราคาถูกกว่า การออกแบบและสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย เป็นประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานสำหรับประเทศร้อนชื้นอย่างเช่นประเทศไทยให้มีราคาที่ถูก ติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้เจ้าของอาคารมีโอกาสได้ใช้ประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานมาตรฐานสากลกันมากขึ้น เป็นการส่งเสริมให้ช่วยกันลดภาวะโลกร้อน และลดขยะจากเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยกระดับคุณภาพชีวิตต่อผู้ใช้อาคาร และมีส่วนร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคม

ประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานที่ใช้เป็นวัสดุปิดผิวอาคารปัจจุบันที่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนสูง จะมีราคาที่ค่อนข้างสูง ต้องใช้เวลาในการติดตั้งที่ยาวนาน และราคาก็เป็นปัจจัยหลักในการเลือกใช้วัสดุ ปัจจัยหลักที่ทำให้การประกอบและติดหน้าประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานในประเทศไทยมีราคาสูงคือ

แผนภูมิที่ 1.3 สัดส่วนต้นทุนการผลิตประตู-หน้าต่าง ปี 2009



ที่มา: TGSG Technical Service, 2009

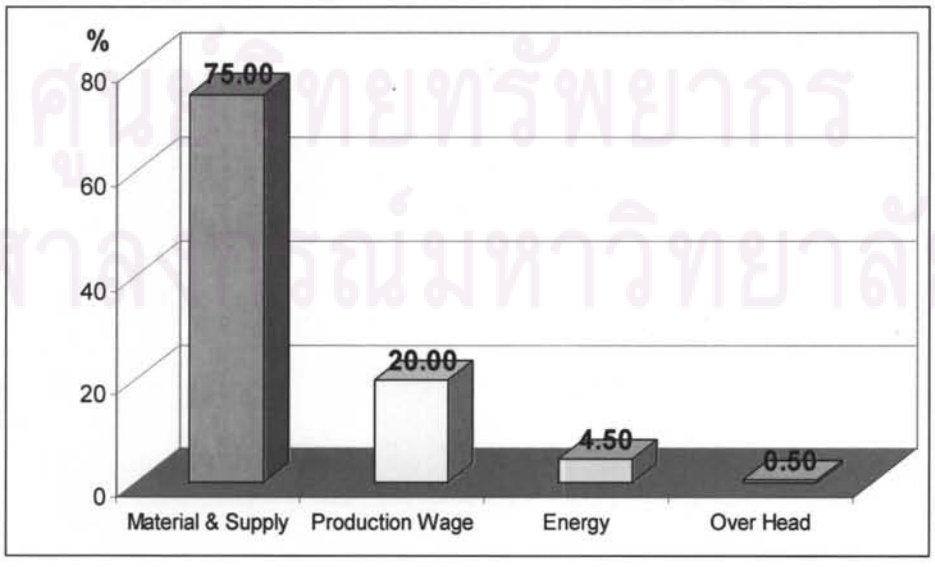
1.1.1 **ใช้วัสดุไม่เต็มประสิทธิภาพ** ตัวแปรหลักที่ทำให้ประตู-หน้าต่างมีต้นทุนที่สูงคือ วัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับการผลิตซึ่งเป็นต้นทุนหลักเฉลี่ยประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมดนั้นไม่ได้ถูกใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานในประเทศไทยนั้นยังเป็นลักษณะสั่งทำ ทำให้เสียเศษวัสดุในการผลิตสูง ใช้แรงงานเป็นจำนวนมากและใช้ระยะเวลาในการผลิตที่ยาวนาน ผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารไม่ทราบถึงปัจจัยหลักที่ทำให้ประตู-หน้าต่างมีราคาสูงอีกทั้งไม่มีขนาดประตู-หน้าต่างให้เลือกใช้ในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องออกแบบขนาดประตู-หน้างต่างตามความต้องการของตนเอง ทำให้เกิดเศษวัสดุหลักจากการผลิต คือกระจกและกรอบบานเหลือทิ้งเฉลี่ยสูงถึง 30% ของวัตถุดิบหลักทั้งหมดที่นำมาประกอบเป็นประตู-หน้าต่าง เศษวัตถุดิบเหล่านั้นจะกลายเป็นขยะสร้างปัญหาให้กับสังคมในการกำจัดและทำลายต่อไป

1.1.2 **ใช้แรงงานจำนวนมาก** ตัวแปรรองที่ทำให้ต้นทุนประตู-หน้าต่างมีราคาที่สูงคือ จำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิตในโรงงาน และจำนวนแรงงานที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างต้องใช้มากขึ้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20% ของต้นทุนรวม กระบวนการผลิตและติดตั้งที่ยืดยาว เริ่มตั้งแต่การสำรวจหน้างาน การวัดขนาดช่องเปิดทุกบาน การตัดและผลิตที่โรงงาน ตลอดจนการขนส่งและติดตั้งหน้างาน ทำให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมากมาย และต้องเป็นแรงงานฝีมือที่มีความชำนาญเท่านั้นจึงจะทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนและปราณีตได้

1.1.3 **ใช้พลังงานจำนวนมาก** ตัวแปรสำคัญที่รองลงมาและมีความมองข้ามที่ทำให้ต้นทุนประตู-หน้าต่างสูง คือต้นทุนด้านพลังงาน การใช้พลังงานเพื่อการผลิต พลังงานทางด้านการเดินทางไปวัดหน้างาน พลังงานเพื่อการขนส่ง และอื่นๆเป็นต้น จะต้องใช้ต้นทุนด้านพลังงานเฉลี่ยประมาณ 4.5% ของต้นทุนรวม ในอนาคตต้นทุนด้านพลังงานมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอันเนื่องมาจากความต้องการด้านพลังงานของโลกที่สูงขึ้นและแหล่งพลังงานธรราชาติเริ่มขาดแคลน ดังนั้น การลดขั้นตอนในการเดินทางไปวัดขนาดช่องเปิดที่หน้างาน การลดการขนส่งที่ไม่จำเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตที่โรงงานด้วยขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐาน จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

1.1.4 **ค่าใช้จ่ายอื่นๆ** ตัวแปรย่อยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตเช่น ค่าเขียนแบบการผลิต ค่าเสื่อมของเครื่องจักร ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ ค่าหีบห่อ เป็นต้น เป็นต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5% ของต้นทุนทั้งหมด ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน จะทำให้ได้ผลการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้การใช้สินทรัพย์หมุนเวียนได้ดี ROA ก็จะสูงขึ้น

แผนภูมิที่ 1.4 ต้นทุนการผลิตประตู-หน้าต่าง ปี 2009



ปัจจุบันการใช้ประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานสำหรับอาคารที่อยู่อาศัยในประเทศไทยนั้นยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำมาก การวิจัยนี้ จึงมีแนวคิด "จัดทำประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย" กล่าวคือ มีราคาที่ไม่สูงเกินไป มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้มาตรฐานสากล มีขนาดที่เป็นมาตรฐาน มีขั้นตอนการประกอบติดตั้งง่ายและรวดเร็ว เพื่อให้คนไทยได้มีโอกาสใช้ประตู-หน้าต่างประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของคนไทยให้เท่าเทียมกับประเทศพัฒนา

โครงงานการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย เป็นงานวิจัยเพื่อกำหนดขนาดและกำหนดคุณสมบัติมาตรฐาน ประตู-หน้าต่างสำหรับประเทศไทย โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดต้นทุนและเวลาในการผลิตและติดตั้งประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงาน ซึ่งมีตัวแปรหลักคือ การใช้วัตถุดิบประเภทกระจกนิรภัยประหยัดพลังงานและเฟรมพีวีซีให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดให้ได้มากถึง 90% ขึ้นไป ลดจำนวนแรงงานสูญเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดค่าพลังงานในกระบวนการผลิตและการขนส่ง ลดเวลาในการสั่งซื้อและติดตั้งประตู-หน้าต่างสำหรับผู้รับเหมาหรือเจ้าของอาคารที่อยู่อาศัยให้ลงเหลือ 6-7 วัน และลดพลังงานความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารให้ได้สูงสุดเทียบเท่าหรือดีกว่ามาตรฐานของสหรัฐอเมริกา NFRC หรือ ENERGY STAR

การสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย จึงได้คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดมลภาวะน้อยต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันก็สร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับคนไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องผลักดันประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทยให้เกิดขึ้น เพื่อให้การบริโภคทรัพยากรของโลกเป็นไปอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อลดต้นทุนการประกอบประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงาน อันเนื่องมาจากการใช้วัสดุอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ใช้แรงงานจำนวนมาก และการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น

1.2.2 เพื่อลดระยะเวลาในการประกอบติดตั้งประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงาน อันเนื่องมาจากความยุ่งยากในการติดตั้ง และต้องใช้เครื่องมือจำนวนมาก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงงานสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ได้นำเอากรอบประตู-หน้าต่าง uPVC และกระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน เข้ามาทำการกำหนดขนาดที่เหมาะสมที่ทำให้การใช้วัตถุดิบ กระจกและเฟรมพีวีซีให้มีประสิทธิภาพมากกว่า 90% ลดจำนวนแรงงานฝีมือและลดการใช้พลังงานในการผลิตและขนส่ง เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงให้มากกว่า 30% และต้องมีขั้นตอนและวิธีการติดตั้งที่ง่ายและรวดเร็วไม่เกิน 7 วันทำการ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

1.3.1 เป็นการวิจัยแบบสร้างประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานสำหรับที่อยู่อาศัย บ้านเดี่ยว และคอนโดมิเนี่ยม ในประเทศไทย

1.3.2 ประตู-หน้าต่าง บานติดตาย บานเลื่อน และบานเปิด

1.3.3 ไม่รวมระบบ curtain wall ระบบ fix point และระบบ sky light

1.3.4 มีน้ำหนักต่อบานไม่เกิน 100 กิโลกรัม

1.3.5 กระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน ความหนารวม 24 มม. ประกอบด้วย กระจกหนา 6มม. ช่องว่างอากาศกว้าง 12 มม. และกระจกนิรภัยลามิเนตหนา 6 มม. มีค่า SC </= 0.35 ค่า L/T >/= 40%ค่า U-Value </= 0.18 $W/M^2.^oK$ ค่า VRout </= 20 % และ UV transmittance </= 1%

1.3.6 เฟรมเป็น UPVC ที่สามารถรองรับกระจกที่ความหนา 24 มม.ได้

1.3.7 ประตู-หน้าต่าง คำนวณภายใต้แรงลมไม่เกิน หรือเท่ากับ 1.20 kPa หรือ 120 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

1.4 ข้อจำกัดในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้เป็นการสร้างประตู-หน้าต่าง ให้มีขนาดที่เป็นมาตรฐาน และมีคุณสมบัติในการประหยัดพลังงาน ให้เป็นมาตรฐานสากล การให้กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีข้อจัดกัดในการวิจัยดังนี้คือ

1.4.1 ประตู-หน้าต่างที่สร้างขึ้น จะทำการทดสอบได้ไม่เกิน 10 ครั้ง ประตู-หน้าต่างจะเสียหายจากการรื้อถอนและไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ต่อไป

1.4.2 ข้อจำกัดอาคารกรณีศึกษา (บ้านเดี่ยว) ที่ใช้กระจกหนา 24 มม. และเฟรม UPVC มี 11 อาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างเสร็จภายในปี 2551

1.4.3 ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา ซึ่งใช้เวลามากในการเก็บข้อมูลแต่ละอาคาร

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ประตู หมายถึง ช่องทางหรือทางผ่านเข้าออกของผู้ใช้อาคาร ส่วนประกอบของประตูคือ วงกบ กรอบประตู UPVC และกระจกฉนวนความร้อนหนา 24 มม. โดยมี 3 ลักษณะคือ ประตูบานเปิดเดี่ยว ประตูบานเปิดคู่ และประตูบานเลื่อนคู่สลับ

หน้าต่าง หมายถึง ช่องทางถ่ายเทอากาศ และรับแสงสว่าง นอกจากนี้ยังให้ความรู้สึกสัมพันธ์ระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร ส่วนประกอบของหน้าต่าง คือ วงกบ และกรอบหน้าต่าง[3] UPVC และกระจกฉนวนความร้อนหนา 24 มม. โดยมี 3 ลักษณะคือ หน้าต่างบานเปิดเดี่ยว หน้าต่างบานเปิดคู่ และหน้าต่างบานเลื่อนคู่สลับ

มาตรฐาน หมายถึง สิ่งที่ถือเอาเป็นเกณฑ์สำหรับเทียบกำหนดในด้านขนาด คุณสมบัติ และคุณภาพ โดยที่คุณสมบัติมาตรฐานจะต้องมีค่าการประหยัดพลังงานเทียบเท่าหรือดีกว่ามาตรฐานสหรัฐอเมริกา NFRC หรือ ENERGY STAR และต้องมีคุณภาพสินค้าผลิตภายใต้มาตรฐาน AS2208, IGCC และ ISO/TS16949 BY RWTUV

กระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน หมายถึง กระจกที่กันรังสีความร้อนทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาวได้ดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา(Shading Coefficience)ไม่เกิน 0.35 มีค่าแสงผ่านได้ไม่ต่ำกว่า 40% ตัดรังสี UV ได้มากกว่า 99% มีค่าการนำความร้อน (Summer U-Value) ไม่เกิน 1.8 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อกระจกแตกด้วยสาเหตุใดก็ตาม จะต้องไม่ทำอันตรายต่อผู้ใช้งานและยังหน่วงการบุกรุกได้ มีความหนารวม 24 มม. ประกอบด้วย กระจกแผ่นนอกอาคารหนา 6 มม. ช่องว่างอากาศกว้าง 12 มม. บรรจุ Argon Gas 90 % และกระจกภายในอาคารเป็นกระจกนิรภัยลามิเนต ความหนารวม 6 มม.

เฟรม UPVC หมายถึง วงกบและกรอบประตู-หน้างต่างที่ทำด้วยวัสดุ UPVC หรือ Unplasticized Poly Vinyl Chloride ที่มีส่วนผสมของ PVC เป็นหลัก 70-85% UPVC มีลักษณะ

---

[3] รัตนา พงษธา. เขียนแบบช่างก่อสร้าง, 2532

ภายนอกคล้ายกับพลาสติก มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี UPVC มีส่วนผสมของสาร UV Stabilizer เพื่อให้ทนต่อรังสี UV มีส่วนผสมของ Titanium Dioxide เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันซัลเฟต โครงสร้างหน้าตัดของเส้น UPVC เป็นลักษณะ Multi-Chamber ป้องกันความร้อน กันเสียงรบกวนจากภายนอกและกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศได้ดี[4] สามารถติดตั้งกับกระจกหนา 24 มม. โดยไม่มีการดัดแปลง

พลังงาน หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต พลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งและเดินทาง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นอาคาร

พลังงานความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนรวมที่ได้รับจากพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งทางตรงและทางอ้อม

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษา เพื่อสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้นทุนและเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยการสร้างประตู-หน้าต่าง ให้มีขนาดมาตรฐานด้วยการปรับขนาดประตู-หน้าต่างที่เป็นที่นิยมและแพร่หลายที่ใช้ในปัจจุบันให้ลงตัวกับขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และปรับให้ลงตัวกับสรีระของคนไทยในการใช้งาน เปรียบเทียบต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการผลิตประตู-หน้าต่างมาตรฐาน กับประตูหน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน จากนั้นนำประตู-หน้าต่างมาตรฐานที่ได้ทำการออกแบบให้ง่ายต่อการติดตั้งเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเช่นบุคคลทั่วไปและช่างทั่วไปทำการทดลองติดตั้งและทำการจับเวลาในการติดตั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปแนวทางที่เหมาะสมต่อไป รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานในการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1.6.1 ศึกษาค้นคว้าและเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.6.1.1 การศึกษาจากทฤษฎีและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง

---

[4] วิภาส สิมปิศิริ, กรรมการผู้จัดการ บริษัท เฟ็นสเตอร์ อินเตอร์เนชั่น จำกัด. สัมภาษณ์, จำกัด 25 พฤศจิกายน 2551.

การศึกษาจะค้นคว้าจากหนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความในวารสาร สิ่งตีพิมพ์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งที่มีอยู่ในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งจากประสพการณ์โดยตรง โดยการค้นคว้านั้นจะทำควบคู่ไปกับการทดลองจนกระทั่งเสร็จสิ้นการวิจัย โดยจะทำการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.6.1.1.1 ประเภทของช่องเปิด ประตู-หน้าต่าง

1.6.1.1.2 ขนาดที่เหมาะสมต่อสรีระของคนไทยและการใช้งาน

1.6.1.1.3 ชนิดและขนาดมาตรฐานของกระจกที่เหมาะสมต่อประเทศไทย

1.6.1.1.4 ชนิดและขนาดมาตรฐานของเฟรมที่เหมาะสมต่อประเทศไทย

1.6.1.1.5 น้ำหนักที่เหมาะสม

1.6.1.1.6 วิธีการผลิต

1.6.1.1.7 วิธีการประกอบและติดตั้ง

1.6.1.1.8 ตลาดแรงงาน และตลาดที่อยู่อาศัย

1.6.1.2 การศึกษาตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต แบ่งพิจารณาออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ วัตถุดิบทางตรงและทางอ้อม แรงงานทางตรง และค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินทาง ขนส่ง และการผลิต เป็นการนำข้อมูลและแนวทางต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและใช้ความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์การทำงานที่มีอยู่ เพื่อสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดเวลาการติดตั้ง และบุคลทั่วไปสามารถติดตั้งได้เองด้วยจำนวนแรงงานไม่เกิน 2 คน มากำหนดแนวทางให้ชัดเจน เพื่อกำหนดเป็นขอบเขตการวิจัยและใช้กำหนดสมมติฐานในแนวทางที่เหมาะสม รวมทั้งเป็นการสรุปนิยามคำจำกัดความต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลอง

1.6.2 การเตรียมการวิจัย

การสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ประกอบด้วยการสร้างประตู-หน้าต่าง จากวัสดุที่ผ่านการทดสอบด้านการประหยัดพลังงานในห้องทดลองว่า มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้จริง ทำการปรับขนาดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อสรีระของ

คนไทยและได้ใช้วัสดุอย่างเต็มประสิทธิภาพ จากนั้นก็ดำเนินการทดลองการติดตั้ง โดยดำเนินการตามขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ศึกษาประเภทของกระจกประหยัดพลังงาน
- ศึกษาประเภทของเฟรมที่ใช้และประหยัดพลังงาน
- ศึกษาแนวคิดต่างๆ ไหนการกำหนดขนาดมาตรฐาน
- ศึกษาสำรวจระบบและขนาดประตู-หน้าต่าง สำหรับบ้านพักอาศัยที่เป็นบ้านเดี่ยว และ คอนโดมิเนี่ยมในประเทศไทย

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

- ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ อาคารบ้านเดี่ยวที่ก่อสร้างในปี 2551 ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- กลุ่มตัวอย่างคือ อาคารบ้านเดี่ยวจำนวน 11 หลังที่ใช้กระจกประหยัดพลังงานความหนารวม 24 มม. ด้วยเฟรม UPVC
- กลุ่มตัวอย่างติดตั้งกระจก ที่เป็นช่างติดตั้งกระจก อลูมินั่ม ช่างติดตั้งกระจก UPVC ช่างก่อสร้างทั่วไป และบุคคลตัวไปสายอาชีพละ 2 กลุ่มๆละ 2 คน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน และผนังจำลองที่ใช้ในการทดลองติดตั้ง เพื่อสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานที่ติดตั้งได้ง่าย ใช้เวลาน้อยในการติดตั้ง บุคคลทั่วไปสามารถติดตั้งได้เองโดยไม่ต้องอาศัยช่างเฉพาะด้าน

1.6.3 การเก็บข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ที่มีราคาถูกกว่าการติดตั้งแบบทั่วไป มีการออกแบบให้ติดตั้งได้ง่าย ใช้เวลาในการติดตั้งสั้น โดยใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1.6.3.1 รวบรวมข้อมูลตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณการใช้วัตถุดิบ แรงงาน และพลังงาน จากตัวอย่างโครงการที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว จำนวน 11 โครงการที่ใช้ วัสดุประหยัดพลังงานคุณภาพสูง ความหนากระจก 24 มม. และวงกบกรอบบานประเภท UPVC ในปี 2551 ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

1.6.3.2 บันทึกและเปรียบเทียบระยะเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง แบบเก่า และ แบบใหม่

1.6.3.3 ศึกษา รวบรวม และคัดเลือกสรุปประตู-หน้าต่างประเภทต่างๆจากอาคารกรณีศึกษา และทำการปรับขนาดให้ได้ขนาดที่เป็นมาตรฐานและมีน้ำหนักต่อบานไม่เกิน 70 กิโลกรัม

1.6.3.4 ศึกษาและรวบรวม คู่มือการประกอบและติดตั้งประตู-หน้าต่าง ในรูปของเอกสาร และ วีดีโอ ที่เข้าใจง่ายจากทั้งในและต่างประเทศ

1.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากการทดลองที่รวบรวมได้และผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูลมาแปลผลเป็นตารางและแผนภูมิ แล้วนำมาศึกษาพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์และความเหมาะสมของตัวแปรต่างๆ ว่ามีผลต่อต้นทุนการผลิต และเวลาในการประกอบติดตั้งประตู-หน้าต่าง โดยใช้สถิติวิเคราะห์ในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลมาศึกษาร้อยละของตัวแปรต่างๆ

1.6.5 การประเมินผล

ในการประเมินผลการวิจัยจะกำหนดเกณฑ์การประเมินผลในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

1.6.5.1 ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บรวมรวมได้ จากการวิจัย เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ที่ต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์น้อยที่สุด เพื่อความถูกต้องในการนำข้อมูลนั้นไปทำการคำนวณต่อไป สถิติที่นำมาใช้คือ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

1.6.5.2 มีความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบประตู-หน้าต่างต่อไป

1.6.5.3 มีความเป็นไปได้ และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับงานอาคารได้จริง

1.6.6 การสรุปผลการวิจัย

1.6.6.1 สรุปรายละเอียดและผลการวิจัยที่ได้อย่างชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6.6.2 เสนอแนะข้อผิดพลาด ข้อจำกัด และแนวทางปรับปรุงการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

1.6.6.3 เสนอแนะทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นปรัชญาในการออกแบบเพื่อใช้กับงานอาคารจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถทราบถึงผลเปรียบเทียบราคาประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ที่ลดลงเฉลี่ยได้ที่ 32.37%

1.7.2 ลดระยะเวลาในการติดตั้งเฉลี่ยจาก 43 วันเป็น 6.75 วัน

1.7.3 แก้ปัญหาแรงงานที่ไม่เพียงพอในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง ด้วยเทคนิค DIY

1.7.4 เพื่อใช้ในการประยุกต์ออกแบบใช้งานกับอาคารที่อยู่อาศัย

1.7.5 ลดการปล่อยก๊าซ CO_2

1.7.6 สามารถควบคุมคุณภาพของประตู-หน้าต่างได้ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน เพื่อการลดต้นทุนการผลิตประตู-หน้างต่างนิรภัยประหยัดพลังงาน ทั้งนี้รวมถึง ลดเวลาในการประกอบและติดตั้ง ลดเศษวัสดุก่อสร้าง ไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ลดค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นภายในอาคารและได้ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ มีการติดตั้งที่ทำได้ง่าย ประเทศไทยจะได้ประตู-หน้าต่างประหยัดพลังงานคุณภาพสูง ที่เป็นประโยชน์แก่ประชาชนผู้อยู่อาศัย

การเลือกใช้ประตู-หน้าต่างที่มีสมรรถนะสูง ที่ยอมให้ปริมาณความร้อนผ่านช่องเปิดได้น้อย จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคารได้ ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาและสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างจริงจัง เป็นเพียงการเปรียบเทียบผลมาตรการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงกรอบอาคารและช่องเปิด สำหรับงานวิจัยการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ศึกษาโดยการสร้างประตู-หน้าต่างให้มีขนาดมาตรฐานและมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล เพื่อเปรียบเทียบผลการลดต้นทุนการผลิต และผลการลดเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่างสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย

วิธีการลดต้นทุนประตู-หน้าต่าง ด้วยการปรับขนาดประตู-หน้าต่างให้อยู่มาตรฐาน เพื่อจุดประสงค์ให้ใช้วัสดุหลักในการผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ขนาดประตู-หน้าต่างที่ใช้กันในปัจจุบัน ยังไม่มีขนาดมาตรฐานให้เลือกใช้ได้ในท้องตลาด เป็นลักษณะการสั่งผลิต มีขนาดที่หลากหลายตามผู้ออกแบบและตามขนาดที่หน้างาน ส่งผลให้ต้องสูญเสียวัตถุดิบหลักในการผลิตค่อนข้างสูง ให้ผลผลิตที่ต่ำ ใช้แรงงานฝีมือจำนวนมาก ใช้พลังงานเป็นจำนวนมากในการผลิต และการขนส่ง ใช้เวลาในการผลิตที่ยาวนาน อันเป็นสาเหตุของต้นทุนประตู-หน้าต่างมีราคาสูง วิธีการแก้ไขก็คือ ปรับขนาดประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานให้มีขนาดที่เป็นมาตรฐาน ด้วยการนำขนาดประตู-หน้าต่างชนิดต่างๆ จากบ้านเดี่ยวกรณีศึกษาจำนวน 11 หลังที่ก่อสร้างเสร็จในปี 2551 ทำการคัดเลือกรูปแบบที่เป็นที่นิยมใช้กันมาก มาปรับขนาดให้ได้ประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบให้สูงถึง 90% จากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพประตูหน้าต่างด้วยกระจกนิรภัยประหยัดพพลังงานและเฟรม UPVC โดยมีค่าการประหยัดพลังงานต่างๆ เช่น ค่าสัมประสิทธิการบังเงา (Shading Coefficience) ของกระจก จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.35 ค่าแสง

ผ่านกระจก (Visible Light Transmittance) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 40% ค่าการนำความร้อนผ่านกระจก (U-Value) จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 วัตต์ต่อตารางเมตร การสร้างมาตรฐานประตู-หน้าต่างนั้น ไม่เพียงแต่จะสามารถทำให้ลดต้นทุนประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานและลดเวลาในการประกอบติดตั้งประตู-หน้าต่าง ยังสามารถช่วยลดปัญหาขาดแคลนช่างฝีมือแรงงานในการติดตั้งด้วยการออกแบบประตู-หน้าต่างให้ง่ายต่อการติดตั้ง คนทั่วไปสามารถติดตั้งได้เอง

จากข้อมูลขนาดและจำนวนประตู-หน้าต่าง บ้านเดี่ยวกรณีศึกษาจำนวน 11 หลัง ที่ใช้กระจกชนิดนิรภัยประหยัดพลังงานประสิทธิภาพสูงและวงกบ กรอบบาน UPVC ในปี 2551 เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลพบว่า โดยเฉลี่ยประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบอยู่ที่ประมาณ 70% และมีระยะเวลาในการประกอบติดตั้งนานเฉลี่ยถึง 43.82 วันต่ออาคารตัวอย่างกรณีศึกษา สาเหตหลักๆ ที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและต้องใช้เวลาที่ยาวนานในการติดตั้งคือ ขนาดช่องเปิดที่ไม่ได้มาตรฐาน เกิดจาก 3 สาเหตุหลักคือ

- ขั้นตอนการออกแบบ มีขนาดที่แตกต่างกันและหลากหลายรูปแบบ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมการใช้วัตถุดิบในการผลิตได้ ไม่สามารถวางแผนเตรียมกำลังคนและวัตถุดิบให้พร้อมสำหรับสายการผลิต

- ขั้นตอนการก่อสร้าง ช่องเปิดที่ฉาบไม่ได้มาตรฐาน ขนาดไม่ได้ตามแบบ ระดับไม่ได้ฉาก ส่งผลให้ผู้ติดตั้งกระจกขาดความมั่นใจที่จะสั่งผลิตประตู-หน้าต่างล่วงหน้าตามแบบที่สถาปนิกได้ออกแบบไว้ ผู้ติดตั้งกระจกเลือกที่จะรอให้ช่องเปิดเสร็จเรียบร้อยก่อน แล้วจึงทำการวัดขนาดช่องเปิดทุกช่อง จากนั้นก็ทำการสั่งผลิตประตู-หน้าต่างตามขนาดช่องเปิดที่วัดขนาดจริงจากหน้างานก่อสร้าง ซึ่งระยะเวลาในการวัดขนาดช่องเปิด การเตรียมวัตถุดิบ ตลอดจนถึงระยะเวลาในการผลิตในโรงงานพร้อมติดตั้ง ใช้เวลานานเป็นเดือน การติดตั้งต่อบานต้องใช้เวลามากเฉลี่ยที่ 1-2 ชั่วโมงต่อบานขึ้นกับความเรียบร้อยของช่องเปิดและประสพการณ์ของช่างติดตั้ง เพราะช่างฝีมือแรงงานต้องมีประสพการณ์สูงในการปรับระยะต่างๆของช่องเปิดให้ได้ระดับก่อนทำการติดตั้ง ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก หากช่องเปิดไม่ได้ระดับ ประตู-หน้าต่างที่ติดตั้งไปแล้ว จะมีปัญหาในการเปิดปิด น้ำรั่วซึม และอายุการใช้งานสั้น

- การเปลี่ยนแปลงของเจ้าของบ้าน ทุกอาคารกรณีศึกษา เจ้าของบ้านมักจะเปลี่ยนแปลงแบบ ขนาด และจำนวนช่องเปิด ตั้งแต่เริ่มก่อสร้างอาคาร จนกระทั้งตัวอาคารก่อสร้างเสร็จพร้อมส่งมอบงาน เจ้าของอาคารก็ยังต้องการเปลี่ยนแปลง

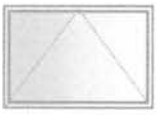
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประเภทและคุณสมบัติของช่องเปิด

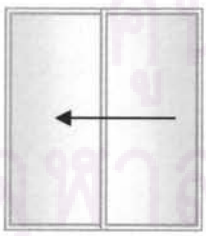
ลักษณะของช่องเปิดประตูและหน้าต่างที่ออกแบบใช้กันโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 6 ประเภทหลักตามคุณสมบัติการใช้งานดังต่อไปนี้

- **บานเปิดข้าง** (Casement) หมายถึง ประตู หรือ หน้าต่าง ที่เป็นบานเปิดข้าง แบ่งออกเป็น บานเปิดออกนอก และบานเปิดเข้าใน มีทั้งประเภทบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ และบานเฟี้ยม เป็นต้น บานเปิดข้างจะมีคุณสมบัติในการกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศได้ดีกว่าบานเลื่อน เพราะระบบบานเปิดเมื่อปิดลงจะสามารถปิดได้สนิทกว่า และยังสามารถระบายอากาศได้ดีกว่าบานเลื่อนที่ขนาดช่องเปิดที่เท่ากัน ซึ่งบานเลื่อนถูกจำกัดให้เปิดได้แค่ครึ่งหนึ่งของพื้นที่ช่องเปิด

- **บานกระทุ้ง** (Awning) หมายถึง บานเปิดออกด้านบน มักจะใช้กับหน้าต่างห้องน้ำ หรือหน้าต่างที่ไม่มีทางเดินผ่าน เพราะจะได้ไม่กีดขวางทางเดิน โดยทั่วไปมีการรั่วซึมของน้ำและอากาศที่ค่อนข้างต่ำมากและสามารถระบายอากาศได้เต็มพื้นที่เมื่อเทียบกับบานเลื่อนด้วยเหตผลเช่นเดียวกับบานเปิดข้าง



- **บานเปิดล่าง** (Hopper) หมายถึง บานเปิดล่าง โดยเปิดเข้าด้านในอาคาร มักจะใช้กับหน้าต่าง โดยทั่วไปมีการรั่วซึมของน้ำและอากาศที่ค่อนข้างต่ำมากและสามารถระบายอากาศได้เต็มพื้นที่เมื่อเทียบกับบานเลื่อนด้วยเหตผลเช่นเดียวกับบานเปิดข้าง และบานกระทุ้ง



- **บานเลื่อนข้าง** (Slider) หมายถึงประตู หรือหน้าต่าง บานเลื่อนข้าง มีทั้งประเภทบานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ และบานเลื่อนสลับ บานเลื่อนสามราง, บานเลื่อนสองบาน, บานเลื่อนสามบาน, บานเลื่อนสี่บาน, และบานเลื่อนหกบาน เป็นต้น บานเลื่อนสามารถเปิดระบายอากาศได้เพียงครึ่งหนึ่งของพื้นที่บาน และมีโอกาศรั่วไหลของอากาศได้มากกว่า

- **บานเลื่อนบน** (Double Hung) หมายถึง หน้าต่างบานเลื่อนจากล่างขึ้นบน บานเลื่อนมีพื้นที่ระบายอากาศได้เพียงครึ่งหนึ่งของพื้อนที่บาน และมีโอกาสรั่วไหลของอากาศได้มากกว่า

- **บานติดตาย** (Fix Window) หมายถึงบานขนาดเท่าหน้าต่างหรือขนาดเท่าประตู มีทั้งบานเดี่ยวหรือหลายๆบานต่อกันทั้งทางด้านแนวราบและแนวสูงที่ติดตายไม่สามารถเปิดสู่ภายนอกอาคาร หรือ ปิดได้ บานติดตาย จะกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศได้ดี

2.2.2 **ขนาดของช่องเปิด**

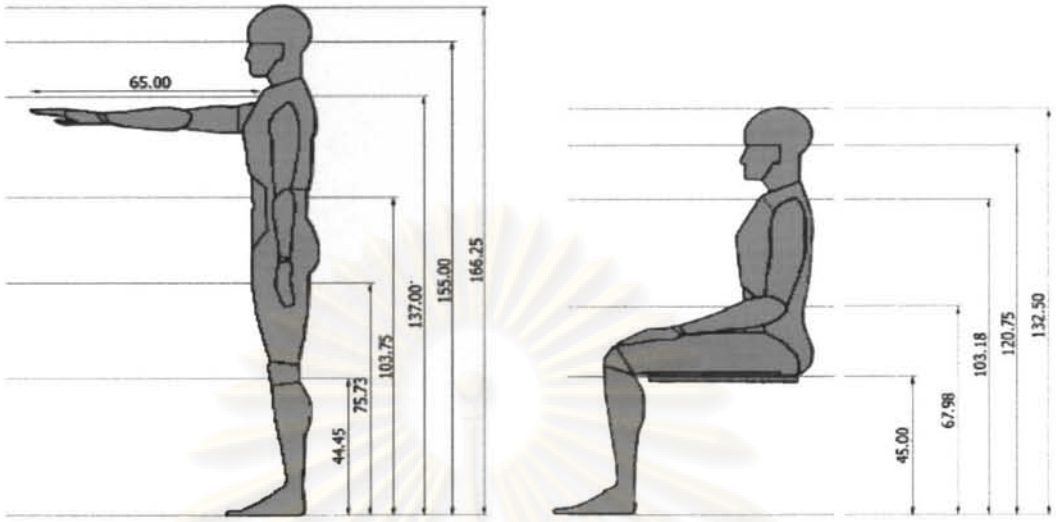
ขนาดของช่องเปิดมีความสำคัญอย่างยิ่งคือ ควรจะมีขนาดเหมาะสมกับสรีระ ของคนไทย ขนาดช่องเปิดต้องไม่เกะกะ หรือกีดขวางทางเดิน ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดได้มากเพียงพอต่อการใช้งานเพื่อลดภาระค่าไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร และลดพลังงานความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารทางช่องเปิด

- **หลักการยศาสตร์** (Ergonomic)

คือการศึกษากฎหรือการเรียนรู้ความสามารถหรือวิธีการทำงานและข้อจำกัดของมนุษย์ ที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบทางวิศวกรรม หรือพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร ลักษณะงาน และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น แสง สี เสียง บรรยากาศ รวมถึงการออกแบบลักษณะและวิธีการทำงาน เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับมนุษย์ ทั้งทางร่างกายและจิตใจ ให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถทำงานหรือใช้งานกับสิ่งต่างๆ เหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย [1]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1] สัมภาษณ์ ชนนท์ กองกมล, นพ.หน่วยอาชีวอนามัย ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์, 14 กุมภาพันธ์ 2542



รูปที่ 2.1 สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยของชายไทยอายุระหว่าง 17-49 ปี

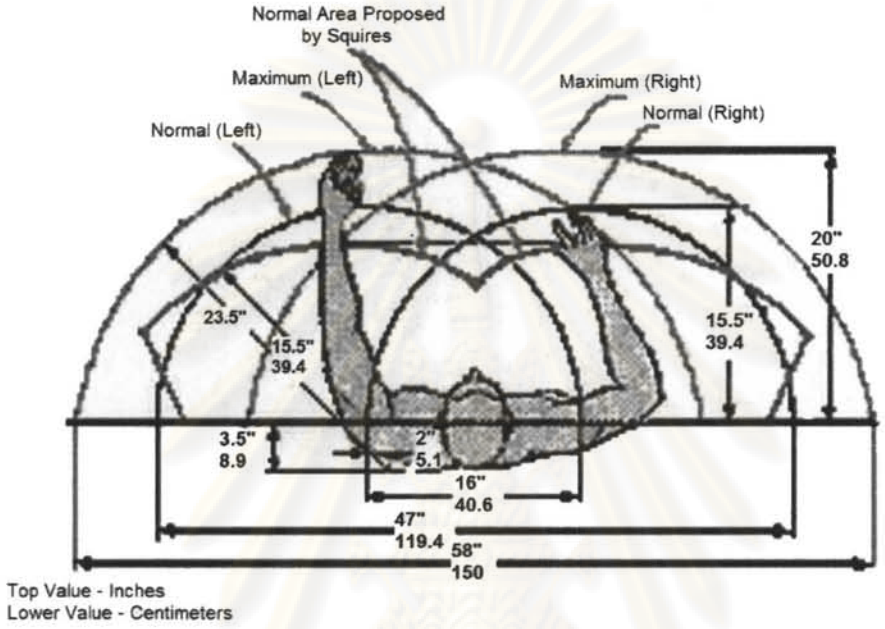
ที่มา : Ergonomics studies in Thailand: A future prospect, 1997

ขนาดความสูงของช่องเปิด ต้องออกแบบตามคุณลักษณะการเคลื่อนไหวของมนุษย์อันเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาและออกแบบขนาดประตู-หน้าต่างของคนไทย เช่น ขนาดสัดส่วนของร่างกาย ได้แก่ ความสูง ประตู-หน้าต่างควรมีความสูงที่เหมาะสมกับชายไทยโดยเฉลี่ยที่ 165 ซม. ที่ปลายมือเหนือศีรษามีความสูงเฉลี่ยที่ 200 ซม. ดังนั้น ขนาดความสูงของประตูที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 210-240 ซม. และยังเป็นขนาดที่สามารถยกได้ที่คน 2 คน

ขนาดความกว้างของช่องเปิด การออกแบบประตู-หน้าต่างก็ต้องคำนึงการใช้งาน ความกว้างของประตู-หน้าต่างต้องไม่กว้างเกินไป จนไม่สามารถเปิดหรือปิดได้อย่างสะดวกสะบาย เพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งานสูงสุด ใช้แรงที่น้อยลงในการเปิดปิดประตู-หน้าต่าง และปกป้องผู้ใช้งานจากอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อที่อาจเกิดขึ้นจากการเปิดปิดโดยการเอื้อมไปเปิดหรือปิดประตู-หน้าต่าง สร้างความพึงพอใจและการยอมรับให้กับผู้ใช้งานรวมถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ความกว้างของประตู-หน้าต่างควรจะต้องมีขนาด 500-900 มม.

น้ำหนัก ประตู-หน้าต่างก็ไม่ควรที่จะหนักเกินไปสำหรับการยกขึ้นเพื่อติดตั้ง หรือการยกเพื่อการขนย้าย น้ำหนักต่อบานของประตู-หน้าต่างที่หนักเกินไป จะทำให้เกิดอันตรายจาก

การยกของหนักได้ มนุษย์โดยเฉลี่ยจะสามารถยกน้ำหนักได้ประมาณ 30% ของน้ำหนักของร่างกาย



รูปที่ 2.2 สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยมนุษย์

ที่มา : Auburn Engineer, 2009

- **ขนาดของช่องเปิด** (Opening Size)

การออกแบบขนาดช่องเปิดอาคาร จะคำนึงถึงการผสมผสานวิธีการในการออกแบบทุกๆ ระบบเข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อให้ช่องเปิดอาคารมีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานสูงสุด รับแสงธรรมชาติอย่างพอเหมาะ ใช้งานได้ถูกสรีระศาสตร์ มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ

ปัจจัยที่ทำใช้ในการออกแบบขนาดของช่องเปิดอาคารคือ การผสมผสานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอายุการใช้งาน (Life cycle cost) เพื่อให้ทราบค่าใช้จ่ายในขั้นต้นที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง และอายุการใช้งานทางด้านเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดอายุการใช้งาน (Energy life cycle cost)

ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายในงานระบบทำความเย็น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ระบบแสงสว่าง ตลอดจนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ การใช้งานและบำรุงรักษา

ค่าความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์ จะมีค่าประมาณ 100,000 ลักซ์ (lux = lumen/m2) แสงสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานภายในอาคารของมนุษย์ จะมีค่าประมาณ 300 – 500 ลักซ์ หากอาคารมีการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันรังสีอาทิตย์โดยตรง และรับเฉพาะรังสีกระจาย เช่นการออกแบบที่มีระบบบังเงา เป็นต้น จะมีค่าความส่องสว่างที่ภายนอกอาคารเท่ากับ 10,000 – 20,000 ลักซ์ แสงสว่างที่สามารถผ่านเข้ามาในอาคารจะมีค่าเพียงประมาณ 2 – 3% ของค่าความส่องสว่างที่ภายนอกอาคาร

แสงสว่างจากธรรมชาติผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในห้อง จะมีค่าความสว่างบริเวณใกล้กับช่องเปิดสูงกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปด้านใน วิธีการที่ง่ายและใช้กันมากที่สุดในการออกแบบให้แสงสว่างผ่านเข้าไปที่บริเวณด้านในของอาคารให้ลึกสุดคือ การออกแบบช่องแสงให้อยู่ในระดับที่สูงบนผนังอาคาร ดังนั้นการออกแบบหน้าต่างหรือช่องเปิดแบบแยกส่วน (Split Window Design) ดังนี้

- หน้าต่างส่วนล่าง เป็นหน้าต่างสำหรับการมองออกไปภายนอกอาคาร เพื่อเป็นการรักษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้อาคารกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่ให้แสงสว่างบริเวณหน้าต่าง

- หน้าต่างส่วนบน จะรับแสงสว่างธรรมชาติ ให้ส่งผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ลึกยิ่งขึ้น

อัตราส่วนที่เหมาะสมของพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังอาคารทั้งหมด ควรอยู่ที่ประมาณ 25 – 40% สำหรับกรณีผนังโปร่งแสงเป็นกระจกใสธรรมดา แต่หากใช้กระจกที่มีคุณสมบัติดีขึ้น อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างกระจกก็จะเพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของแสงธรรมชาติส่องผ่านช่องเปิดของกระจกนั้นๆเปรียบเทียบกับกระจกใส 6 มม. (กระจกใสธรรมดาที่ความหนา 6 มม.มีค่าแสงส่องผ่านประมาณ 85%)

ปริมาณแสงสว่างธรรมชาติทั้งหมดภายในห้อง ณ จุดที่พิจารณา ได้จากผลรวมของแสงสว่างที่ได้โดยตรงจากด้านนอกของอาคาร กับแสงสว่างที่เป็นแสงสะท้อนจากพื้นผิวและเครื่องเรือนเครื่องใช้ต่างๆ ภายในอาคาร ในบริเวณที่ห่างจากช่องเปิดมาก สัดส่วนของแสงสว่างที่

เป็นแสงสะท้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นพื้นและผนังภายในอาคารจึงควรมีสีสว่างหรือสีอ่อน เพื่อให้สะท้อนแสงได้ดี [2]

ช่องเปิดเป็นส่วนที่เชื่อมต่อที่ว่างระหว่างภายใน และภายนอกเข้าด้วยกัน และความเป็นพลวัตรที่เกิดขึ้นจากแสงธรรมชาติทำให้คนรับรู้มิติทางด้านเวลา ในด้านการใช้พลังงานในอาคารช่องเปิดเป็นส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อน และรับแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร มากที่สุดเมื่อเทียบสัดส่วนพื้นที่ ดังนั้นช่องเปิดจึงมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูงมาก ผลการวิจัยพบว่า ช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ที่มีกำไรทางพลังงาน ติดตั้งได้รวดเร็ว และการบำรุงรักษาต่ำ มี 4 รูปแบบ คือ บานเปิด บานติดตาย บานเลื่อน และบานกระทุ้ง ตามลำดับ [3]

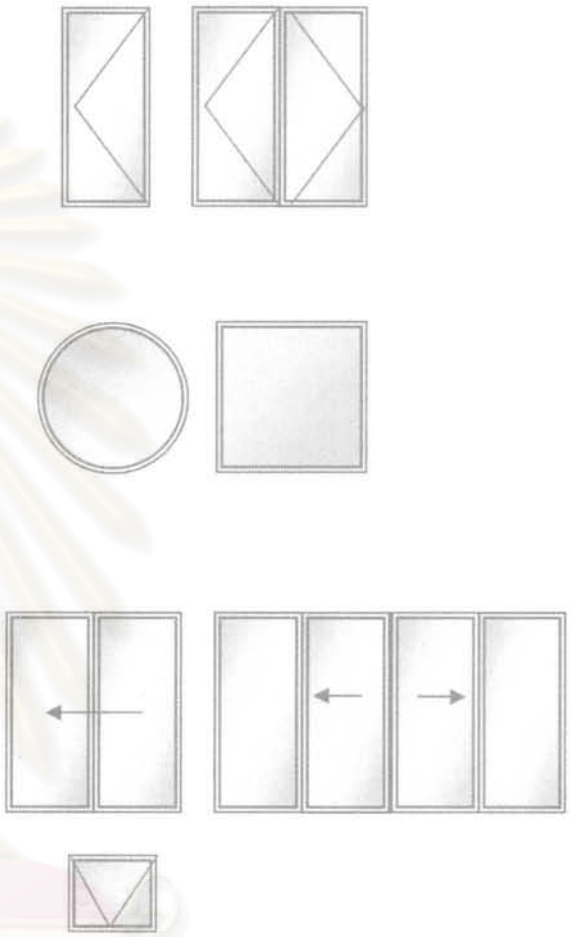
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] คู่มือการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน . สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและส่งเสริมพลังงาน (พพ.)

[3] วรวุฒิ ศิริรัชฎาะ. การศึกษาต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ตารางที่ 2.1 ขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

	Door		Window	
	w	h	w	h
Casement	900	2100	600	1200
	900	2400		
	1800	2100	1200	1200
	1800	2400		
Fix	1500	2100	1500	1200
	1500	2400	900	1200
	600	2100	600	1200
	600	2400	1200	1200
	900	2100		
	900	2400		
Slide	1800	2100	1200	1200
	1800	2400		
	3600	2100	2400	1200
	3600	2400		
owing			450	450
			450	600



2.2.3 คุณสมบัติกระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน

การแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านกระจกมี 3 รูปแบบคือ การนำความร้อน (Heat Conduction) การพาความร้อน (Heat Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)

การนำความร้อน (Heat Conduction) คือความสามารถในการส่งผ่านความร้อนผ่านกระจก โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยที่โมเลกุลของตัวกลางมีการสัมผัสกันโดยตรง กระจกจัดอยู่ในประเภทตัวกลางที่นำความร้อนที่ไม่ดี กระจกแผ่นเดี่ยวทั่วๆไป ที่ไม่ได้เคลือบสารการแผ่รังสีความ

ร้อนต่ำ จะมีค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (k) อยู่ที่ 0.8-1.0 W/m.K ดังนั้น ค่า U-Value ของกระจกหนา 6 มม. อยู่ที่ประมาณ 5.4-5.8 W/m^2K

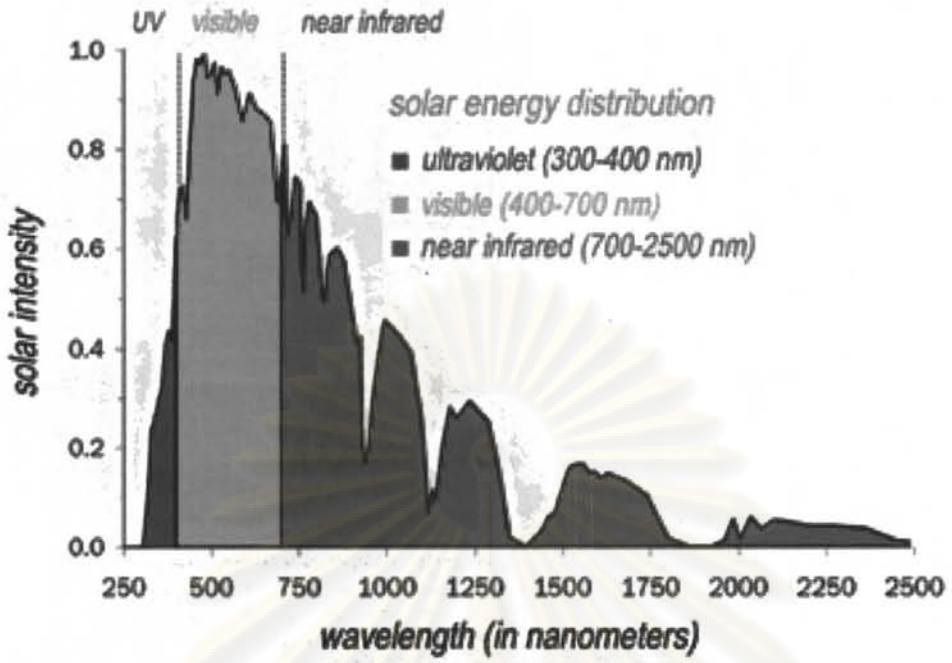
การพาความร้อน (Heat Convection) คือการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นบนผิวกระจกให้กับการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารนำพาความร้อนไปพร้อมกับอากาศที่เคลื่อนที่ อากาศที่เคลื่อนที่เร็วมากก็จะนำพาความร้อนจากกระจกไปมาก

การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) คือ การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนหนึ่ง เช่นจากดวงอาทิตย์ หรือจากผิวกระจกที่ร้อน ถ่ายโอนความร้อนไปยังที่ที่มีอุณภูมิต่ำกว่า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

กระจกนิรภัยประหยัดพลังงานสำหรับประตู-หน้าต่างที่เหมาะสมกับภูมิประเทศร้อนชื้นของไทย ควรจะมีคุณสมบัติขั้นต่ำดังต่อไปนี้คือ

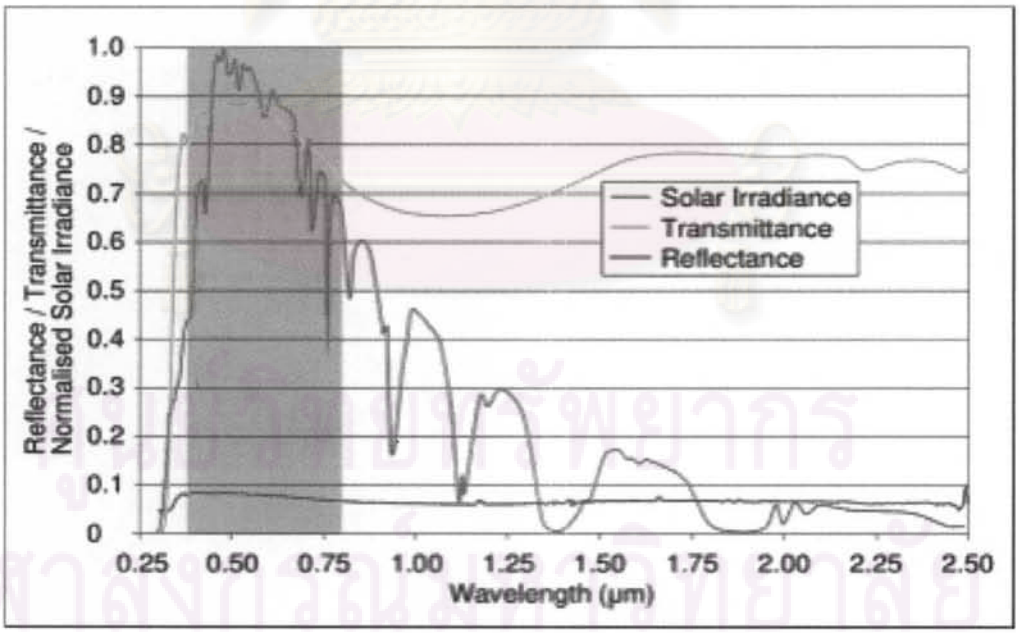
- สามารถเก็บความอบอุ่นไว้ในอาคารในหน้าหนาว และสะท้อนความร้อนออกไปภายนอกอาคารในหน้าร้อน ประเทศไทยเป็นเมืองร้อนชื้น ดังนั้นเพื่อลดปริมาณความร้อนทางอ้อม (Indirect Energy) ให้เข้ามาภายในอาคารได้น้อย กระจกและวงกบจะต้องมีค่าการนำความร้อน (U-Value) ที่ต่ำ โดยค่าการนำความร้อนของกระจกและวงกบ ควรจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.75 วัตต์/ตารางเมตร และวัสดุที่ใช้ทำกรอบบานกระจก ก็ควรจะเป็นวัสดุที่ผลิตจาก UPVC หรือไม้ เพราะว่าวัสดุเหล่านี้มีความเป็นฉนวนความร้อนสูง ค่า U-Value ที่ต่ำ ทำให้กระจกและกรอบบานมีความเป็นฉนวนความร้อนมากขึ้น การส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในอาคารก็จะลดลง การวัดค่า U-Value จะวัดค่าโดยกำหนดให้อุณหภูมิภายนอกอาคารเท่ากับ 32°C และอุณหภูมิภายในอาคารเท่ากัน 24°C ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 12 กิโลเมตร/ชั่วโมง และความเร็วลมภายในอาคารเท่ากับอากาศนิ่ง หากค่าที่กล่าวมามีการเปลี่ยนแปลงไปค่า U-Value ก็จะเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน วิธีการที่จะทำให้ค่า U-Value ลดลง มีหลักใหญ่อยู่ 3 วิธี ดังนี้คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



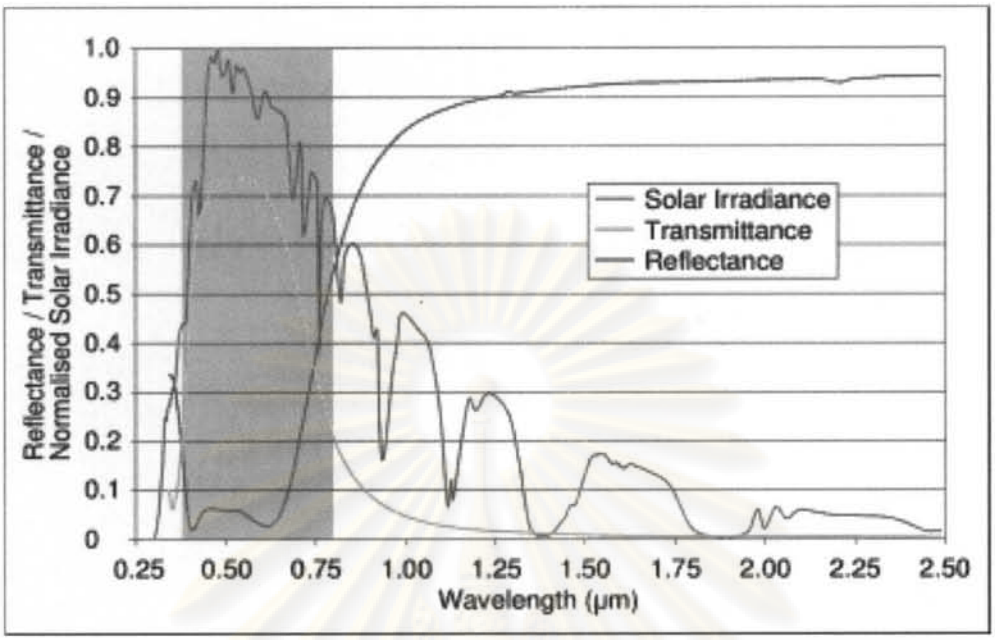
รูปที่ 2.3 Solar Intensity at Sea Level by Wavelength

ที่มา: Alternative energy, 2009



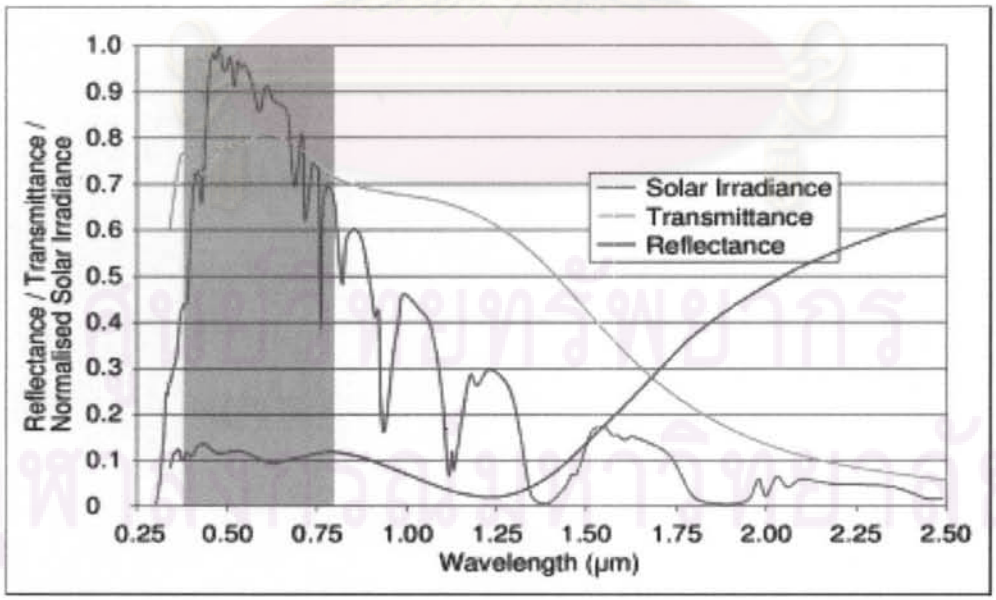
รูปที่ 2.4 Solar Reflection / Transmission of Clear glass

ที่มา: learn.londonmet, 2009



รูปที่ 2.5 Solar Reflections / Transmission of Pilkington K Glass (Low-E)

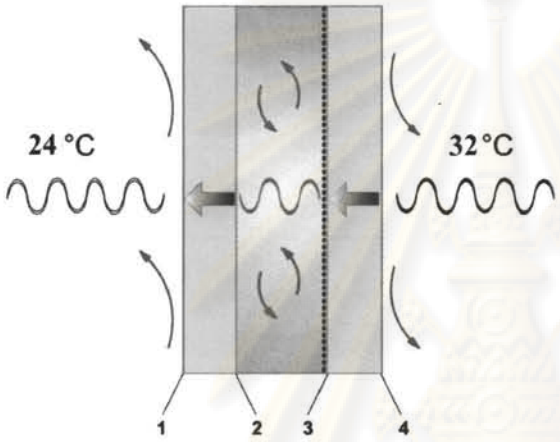
ที่มา: learn.londonmet, 2009



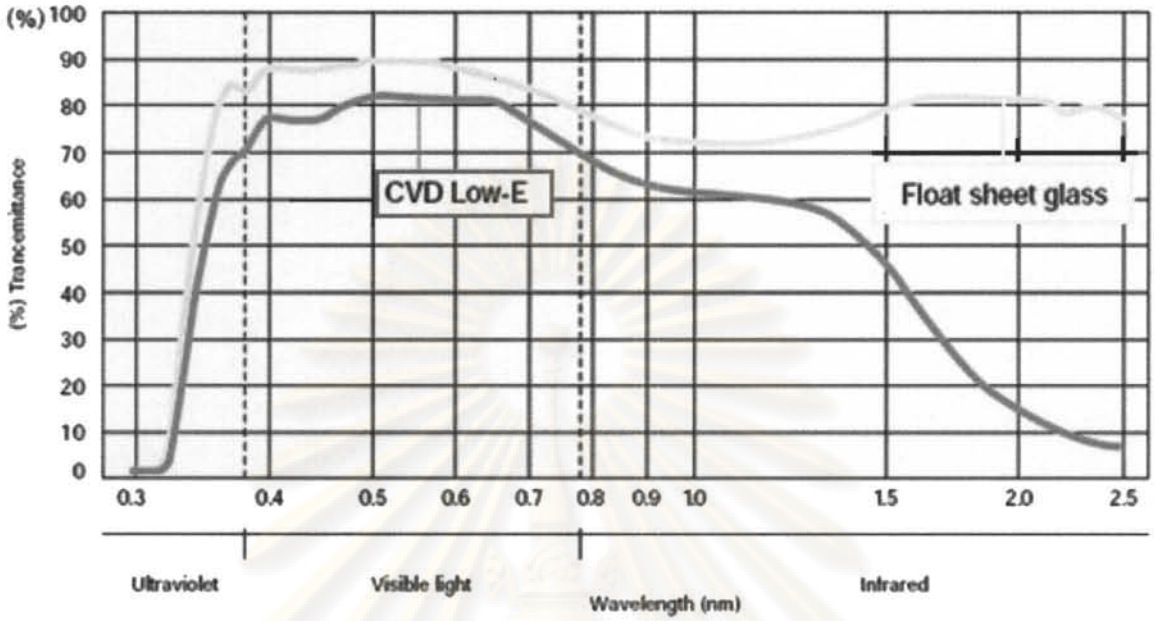
รูปที่ 2.6 Solar Reflection / Transmission of Ipasol 66/34(Low-E)

ที่มา: learn.londonmet, 2009

- การใช้กระจก Low-E คือกระจกที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อน (Low Emission) ต่ำ ปัจจุบันมีวิธีการเคลือบสารที่มีค่า emission ต่ำลงบนผิวกระจกได้ 2 วิธีคือ วิธี sputtering coating หรือ มักจะเรียกกันว่า Soft Coating จะเคลือบโลหะบนผิวกระจกหลังจากกระจกได้เย็นตัวแล้ว วิธีนี้ โลหะจะไม่มีความคงทน ทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศได้ง่าย ไม่ทนต่อการขูดขีด ดูแลรักษายาก การใช้งานจะต้องใช้ในรูปของกระจกฉนวนความร้อน (Insulated Glass) เท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้ในรูปของกระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated Glass) ได้ วิธีการเคลือบโลหะวิธีที่ 2 คือวิธี การเคลือบด้วยระบบ CVD Coating (Chemical Vapor Deposition) หรือมักจะเรียกกันทั่วไปว่า Hard Coating จะเคลือบโลหะ ขณะที่กระจกมีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 400-450 องศาเซลเซียส) โลหะที่เคลือบมีความแข็งแรง และคงทนต่อการขูดขีด จัดเก็บง่าย ดูแลรักษาง่าย สามารถนำมาแปรรูปเป็น Heat Strengthen Glass, Tempered Glass, Laminated Glass หรือกระจกฉนวนความร้อน Insulated Glass ได้



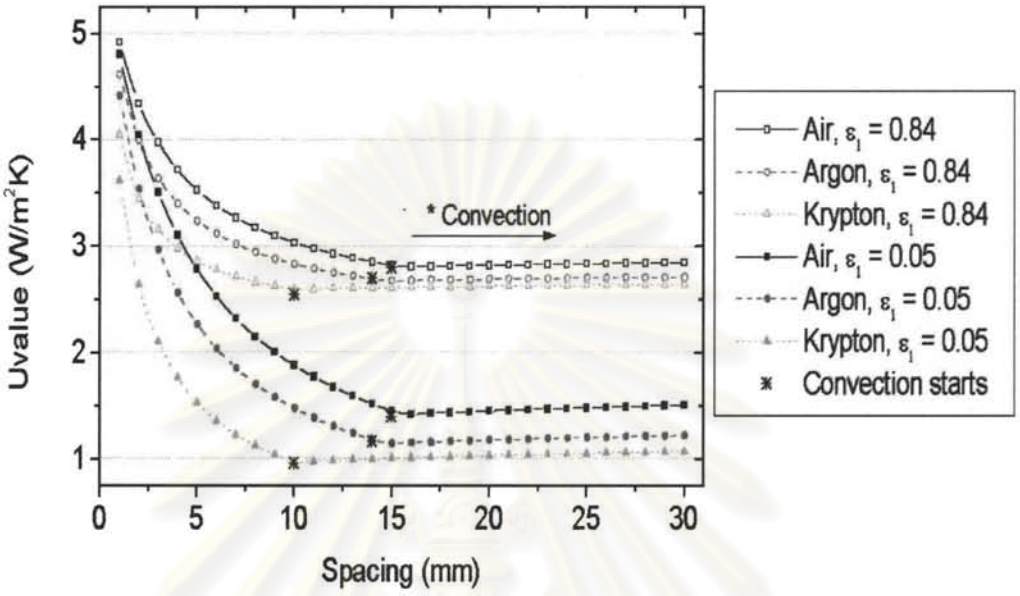
กระจก Low-E มีค่าการแผ่รังสีตั้งแต่ 0.02-0.23 ขึ้นอยู่กับประเภทของโลหะที่เคลือบลงบนผิวกระจก กระจก Low-E ที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนต่ำระหว่าง 0.02 - 0.16 มักจะเป็น Soft Coated Low-E กระจก Low-E ที่มีค่าระหว่าง 0.16 – 0.23 จะเป็น Hard Coated Low-E กระจก Low-E ที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนต่ำจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่ากระจก Low-E ที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนที่สูงกว่า แต่กระจก Low-E ที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนต่ำมากๆ (Soft Coated Low-E) โลหะที่เคลือบบนผิวกระจกจะทำปฏิกิริยากับความชื้นได้ไวมาก อายุกระจกจะสั้นมาก คุณสมบัติความเป็นฉนวนก็จะด้อยลงไป ดังนั้น กระจก Low-E ที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนต่ำมากๆ (Soft Coated Low-E) จะต้องนำมาทำ Insulated ทันที เพื่อปกป้องโลหะที่เคลือบไม่ให้ทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 2.7 Spectral Transmission Ration

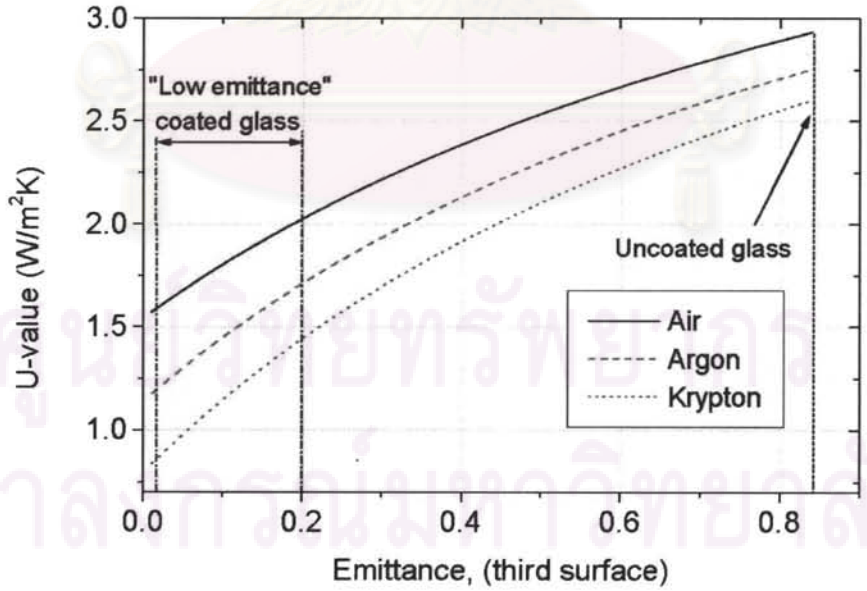
ที่มา: Pilkingto NSG CVD Low-E, 2009

- เพิ่มความเป็นฉนวนให้กับกระจกด้วยการใช้ก๊าซเฉื่อเช่น Argon Gas, หรือ Krypton Gas ซึ่งก๊าซเฉื่อยทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ต่ำ อากาศแห้ง(Dry Air) ที่อยู่ในช่องว่างระหว่างกระจกสองแผ่นในกระจกฉนวนความร้อน (Insulated Glass) นั้น มีความเป็นฉนวนระดับหนึ่ง หากใส่ก๊าซเฉื่อยอย่างเช่น อาร์กอน ก็จะยิ่งทำให้กระจกมีความเป็นฉนวนมากขึ้น ค่า U-Value ก็จะยิ่งลดต่ำลง ปริมาณ ก๊าซอาร์กอนในกระจกก็จะมีผลต่อค่าความเป็นฉนวนของกระจกด้วย กระจกที่มีเปอร์เซ็นต์อาร์กอนสูง จะมีความเป็นฉนวนสูงกว่ากระจกที่มีเปอร์เซ็นต์ก๊าซอาร์กอนต่ำ ในปัจจุบัน โรงงานผู้ผลิตกระจก สามารถอัดก๊าซอาร์กอนได้สูงถึง 95% ซึ่งจะไปเพิ่มความเป็นฉนวนให้กระจกมากยิ่งขึ้น แต่ถ้าเปลี่ยนจาก ก๊าซอาร์กอน เป็นก๊าซคริบตอน (Krypton Gas) ก๊าซคริบตอนจะมีความเป็นก๊าซเฉื่อยมากกว่า Argon Gas Krypton Gas Filled จะทำให้กระจกมีค่าความเป็นฉนวนมากกว่า Argon Gas filled ดังนั้นจึงมีค่า U-Value ต่ำกว่า แต่ในท้องตลาด ก๊าซคริบตอนมีราคาที่สูงมาก ดังนั้น จึงไม่มีคนนิยมบรรจุก๊าซคริบตอนมากนัก



รูปที่ 2.8 **การเปรียบเทียบค่า** U-Value **ตามมาตรฐาน** EN673

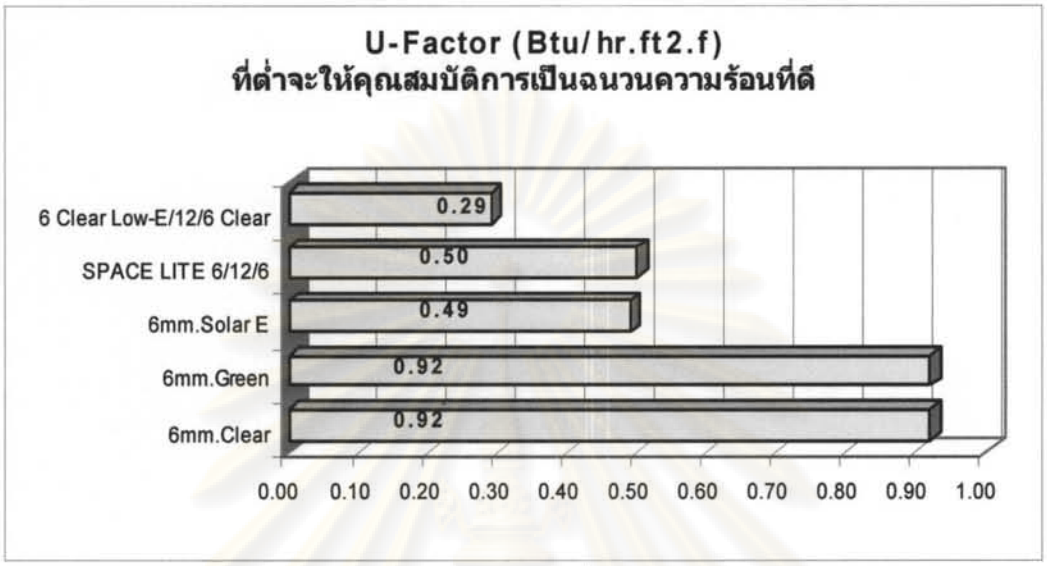
ที่มา: Energy Efficiency Uppsala University Uppsala, Sweden 2001



รูปที่ 2.9 **เปรียบเทียบค่า** U-Value **กับค่า** remittance

ที่มา: Energy Efficiency Uppsala University Uppsala, Sweden 2001

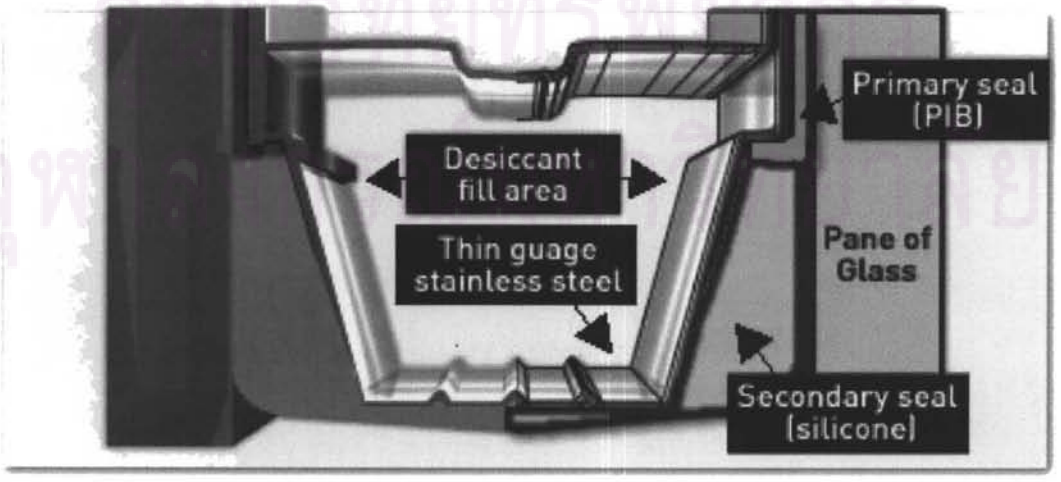
แผนภูมิที่ 2.1 เปรียบเทียบค่า U-Factor ของกระจก 5 ประเภท



ที่มา : TGSG Technical Service, 2009

- การเพิ่มความกว้างของช่องว่างอากาศระหว่างกระจกแผ่นนอกอาคารและแผ่นในอาคารจะเป็นการเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับกระจก กระจกฉนวนความร้อน Insulated Glass สามารถเพิ่มความเป็นฉนวนให้มากขึ้นได้ด้วยการเพิ่มช่องว่างอากาศให้มากขึ้น แต่ไม่ควรเกิน 16 มม. เพราะจะไม่เกิดประโยชน์ ถ้าช่องว่างอากาศกว้างเกิน 16 มม. จะทำให้เกิดการพาความร้อนในช่องว่างอากาศ ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้กระจกมีความเป็นฉนวนลดลง และช่องว่างอากาศที่เพิ่มมากขึ้นยังส่งผลทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระจกและค่าอลูมินั่ม

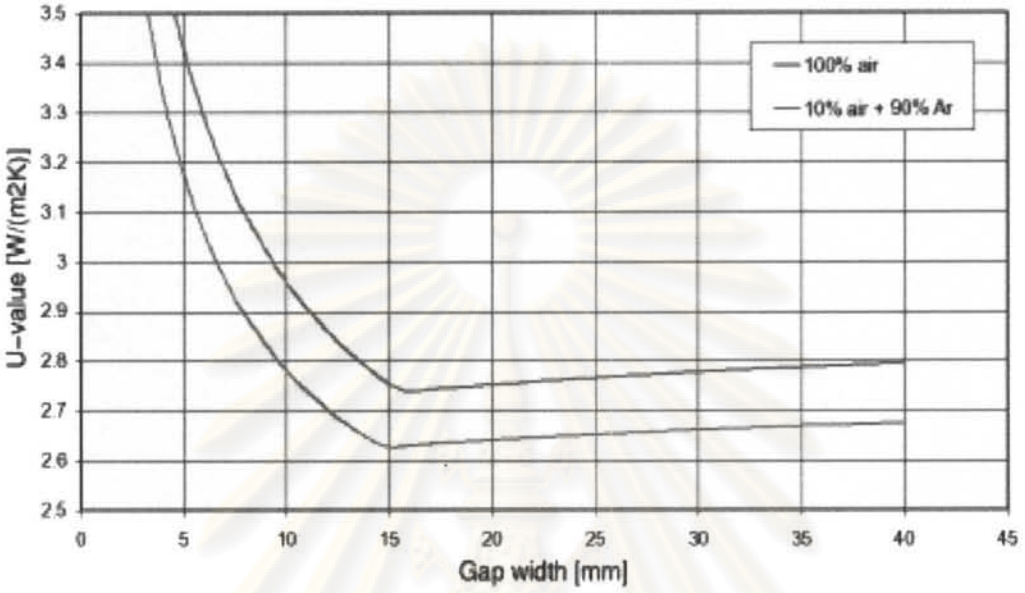
รูปที่ 2.10 Aluminum Spacer



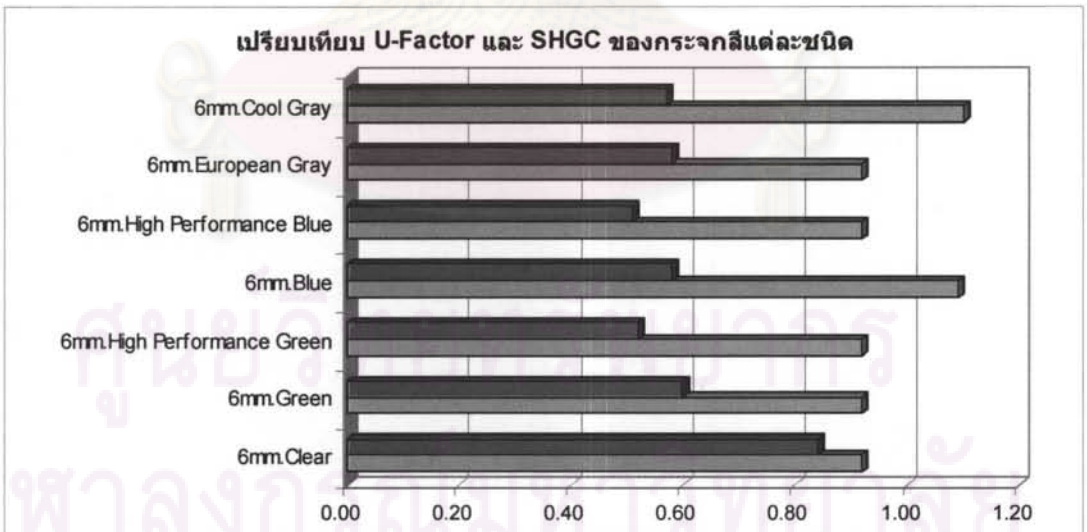
ที่มา: Cardinal Glass Industries, 2008

รูปที่ 2.11 Affect of the gap in a double-pane window on the U-value

ที่มา: learn.londonmet, 2009



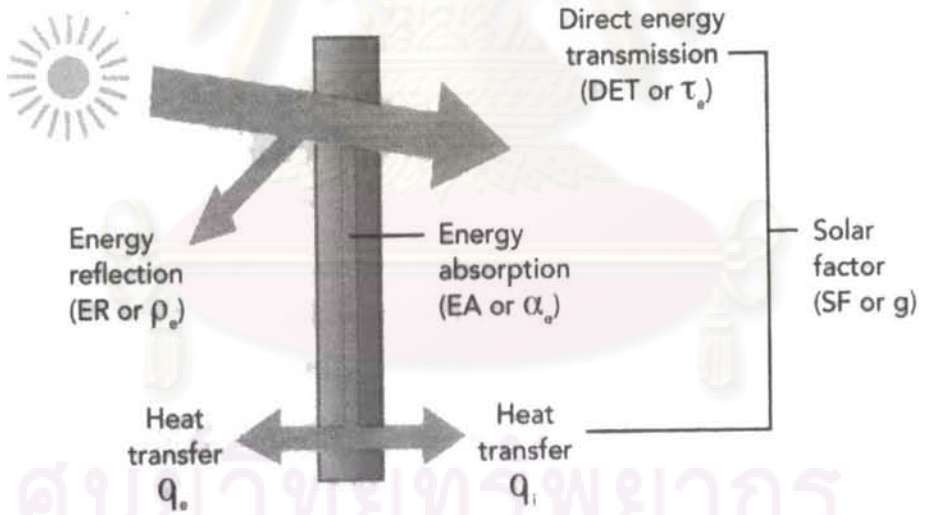
แผนภูมิที่ 2.2 U-Factor and SHGC of Tinted Glass



	6mm.Clear	6mm.Green	6mm.High Performance Green	6mm.Blue	6mm.High Performance Blue	6mm.European Gray	6mm.Cool Gray
SHGC	0.84	0.60	0.52	0.58	0.51	0.58	0.57
U-Factor	0.92	0.92	0.92	1.09	0.92	0.92	1.10

ที่มา: TGSG Technical Service, 2009

- สกัดกั้นความร้อนไม่ให้เข้ามาภายในอาคารด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) ค่า SC ของกระจกควรจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.35 (SC ≤ 0.35) ค่าสัมประสิทธิการบังเงา หรือ ค่า SC คือค่าเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารเมื่อเทียบกับกระจกใส 3 มม. กระจกใส 3 มม.มีค่า SC = 1 ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจกใดๆ ที่มีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึงปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารก็น้อยกว่าปริมาณความร้อนผ่านกระจกใส 3 มม. ในบางครั้งก็จะวัดปริมาณความร้อนผ่านกระจกด้วยค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) แทน Shading Coefficient คือปริมาณความร้อนที่ทะลุผ่านกระจก (DET หรือ t_e) รวมกับปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับไว้ที่กระจก (EA หรือ α_e) และแผ่เข้ามาภายในอาคาร (q_i) บางครั้งก็เรียกค่านี้ว่า Solar Factor (SF) หรือ ค่า g ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 เช่นเดียวกับค่า SC นั่นคือค่า SHGC ยิ่งมีค่าน้อยหมายถึงปริมาณความร้อนก็ผ่านกระจกได้น้อยเช่นกัน

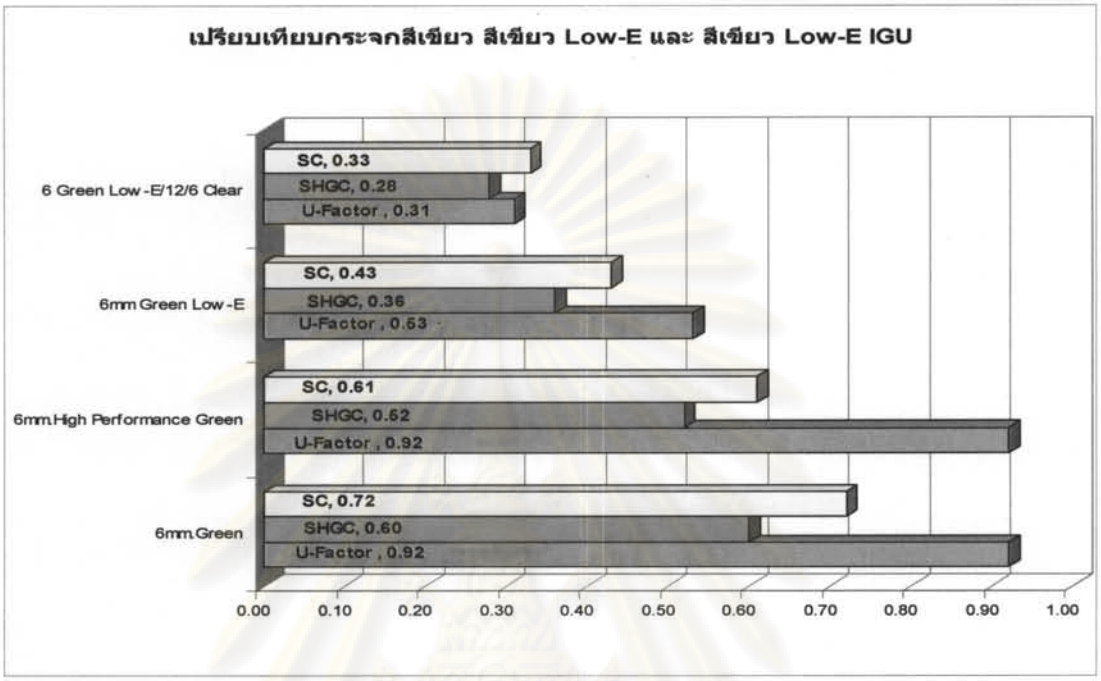


รูปที่2.12 Energy Factor

ที่มา : AGC flat glass Europe, 2007

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

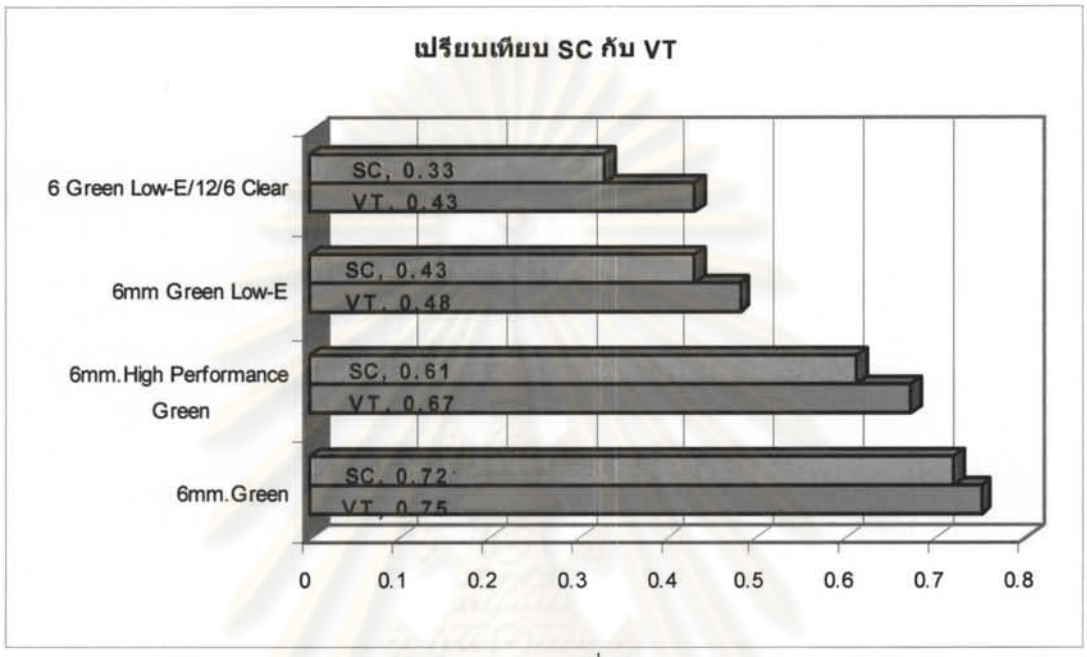
แผนภูมิที่ 2.3 U-Factor and SHGC of Low-E Coated and non Coated Glass



ที่มา : TGSG Technical Service, 2009

- ค่าแสงส่องผ่านควรจะมากกว่าหรือเท่ากับ 40 % (LT ≥ 40%) ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร มีผลต่อการออกแบบและควบคุมปริมาณของแสงผ่านเข้ามาในอาคาร ประเทศเมืองร้อน จะมีปริมาณแสงค่อนข้างมาก ดังนั้นช่องเปิดจึงต้องควบคุมปริมาณแสงไม่ให้เข้ามามากเกินไป ในทางตรงกันข้าม ประเทศที่มีปริมาณแสงน้อย ก็จะต้องออกแบบช่องเปิดให้แสงเข้ามาภายในอาคารได้มาก แสงธรรมชาติที่ผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคาร จะให้ประโยชน์ในการมองเห็น และลดค่าไฟฟ้าในการส่องสว่างภายในอาคาร ดังนั้นในการออกแบบช่องเปิดและตำแหน่งที่รับแสงจึงสำคัญมากในการควบคุมปริมาณแสงที่จะเข้ามาภายในอาคาร แสงสว่างที่เข้ามามากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะแสงจ้าเกินไป (Glare) แสงที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก ความร้อนก็จะผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มากเช่นกัน ดังนั้นแสงสว่างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้งานจึงไม่ควรต่ำกว่า 40% สำหรับประตู-หน้าต่าง

แผนภูมิที่ 2.4 SC and VT of process and non process Glass



ที่มา : TGSG Technical Service, 2009

- มีค่าแสงสะท้อนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20% (LR ≤ %) แสงสะท้อน ไม่ให้คุณประโยชน์ใดๆ ต่อผู้ใช้อาคาร และยังสร้างความรำคาญให้กับอาคารใกล้เคียง เพราะจะไปรบกวนการมองเห็น อีกทั้งยังเป็นอัตรายต่อผู้ขับขี่ยวดยานที่ผ่านมุมที่แสงกระทบ จะทำให้ตาบอดชั่วขณะและเกิดอุบัติเหตุได้ ในเวลากลางคืน แสงสะท้อนที่สูงจะทำให้ไม่สามารถมองผ่านกระจกออกไปนอกอาคารได้ ทำให้เกิดสภาพกระจกเงาขึ้น (Mirror Effect) ในหลายๆประเทศ เช่น สิงคโปร์ กฎหมายอาคารได้กำหนดให้มีค่าการสะท้อนแสงออกนอกอาคารได้ไม่เกิน 10% ดังนั้นค่าการสะท้อนแสงของกระจกจึงไม่ควรเกิน 20% เพราะถ้าสูงกว่านี้นอกจากจะเริ่มเกิดสภาวะกระจกเงาแล้ว ยังเป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่ยวดยานบนท้องถนน ถึงแม้กฎหมายอาคารจะยอมให้ถึง 30% ก็ตาม

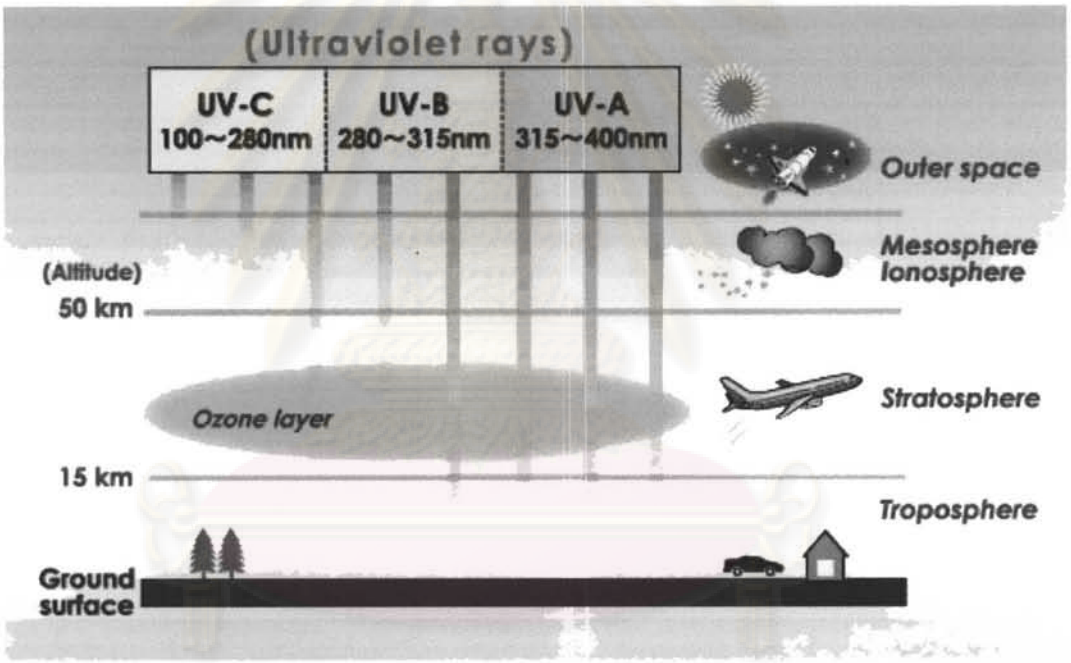
- รังสียูวี หรือที่เรียกกันว่าแสงเหนือม่วง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงคลื่นตั้งแต่ 100-400 นาโนมิเตอร์ และมีพลังงานในช่วง 3-124 eV รังสีอัลตราไวโอเลตแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ UVA UVB UVC ดังนี้

UVA มีความยาวคลื่นระหว่าง 320 ถึง 400 นาโนมิเตอร์. รังสียูวีเอ สามารถทะลุเข้าไปในหนังแท้ ทำลายคอลาเจน และทำให้เราแก่และก็เหี่ยวก่อนวัยอันควร

UVB มีความยาวคลื่นระหว่าง 290 ถึง 320 นาโนมิเตอร์ รังสียูวีบี มีอันตรายสูงกว่า แต่ว่ารังสียูวีบี โดยมากจะถูกกรองไปด้วยชั้นโอโซน รังสียูวีบีเป็นรังสีที่ก่อมะเร็ง

UVC มีความยาวคลื่นระหว่าง 100-290 นาโนมิเตอร์ เป็นรังสีที่ช่วงคลื่นสั้น และถูกกรองไว้ด้วยชั้นโอโซนของโลก

รูปที่ 2.13 รังสี UV



ที่มา: National Institute for Environmental Studies Japan

ค่ารังสียูวีส่องผ่านกระจกไม่ควรจะมากกว่า 5% (UV ≤ 5%) รังสียูวีที่ผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารจะทำให้ วัสดุภายในอาคารเสียหายได้ง่าย สีจะซีดจางเร็ว รังสียูวีที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่นเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งผิวหนัง ทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่น และมีผลต่อสายตามนุษย์ ทำให้ตาเป็นต้อกระจก พร่ามัว และตาบอดในที่สุด นอกจากนั้น รังสียูวีก็ยังเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นกระจกที่ตัดรังสียูวีได้มากเท่าไหร่ ก็จะไปลดความเสียหายของทรัพย์สินในอาคาร ลดอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย และลดปริมาณความร้อนผ่านกระจก

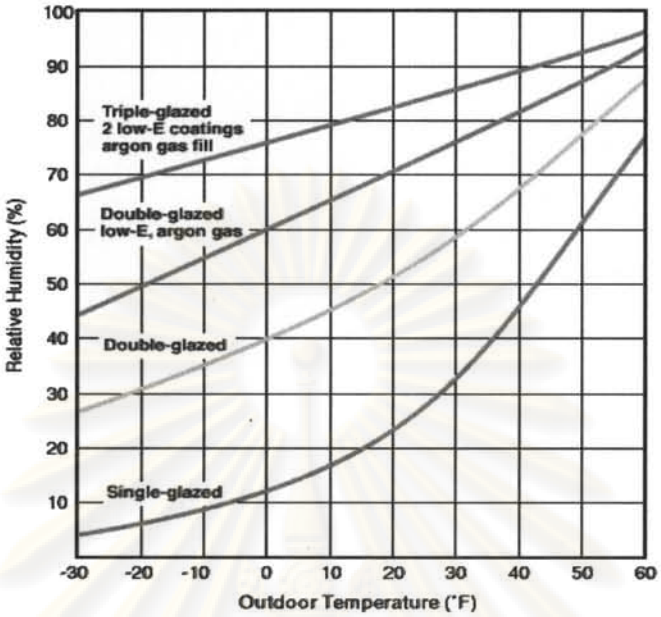
กระจกที่ตัดรังสียูวีได้ดีคือกระจกประเภทนิรภัยลามิเนต เนื่องจากแผ่นฟิล์ม PVB(Poly Vinyl Brutyal) ที่ยึดกระจกทั้ง 2 แผ่นไว้ด้วยกัน มีคุณสมบัติในการตัดสรังสียูวีได้ดี โดยสามารถตัดรังสียูวีได้มากถึง 95% ขึ้นไปขึ้นกับความหนาของ PVB นอกจากนี้ PVB ยังให้ความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้อาคารในกรณีกระจกแตกอันเนื่องจากอุบัติเหตุ กระจกจะยึดติดอยู่กับแผ่นฟิล์ม PVB (Poly Vinyl Brutyal) ทำให้เศษกระจกไม่สามารถทำอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่อยู่ใกล้ กระจกลามิเนตยังมีคุณสมบัติโดดเด่นในการหน่วงรั้งเวลาผู้ไม่ประสงค์ดีที่พยายามบุกรุกเข้ามาภายในอาคาร

- ไม่มีไอน้ำเกาะบนผิวกระจก การควบแน่น (condensation) คือกระบวนการที่ก๊าซ แปรสภาพเป็นของเหลว หยดน้ำบนผิวกระจกทำให้กระจกฝ้ามัว ไม่ว่าจะเกิดด้านในหรือด้านนอกอาคาร ทิ้งคราบสกปรก ทำความสะอาดออกยาก วัสดุภายในอาคารจะเกิดการเน่าเปลื่อย เสียหาย และก่อให้เกิดเชื้อรา และเชื่อโรคต่างๆ ตามมา เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศร้อน และมีความชื้นสูงตลอดปี จึงมีความยากในการควบคุมการเกิดหยดน้ำบนผิวกระจก จึงควรหันมาใช้กระจกประเภทหยดน้ำไม่เกาะบนผิวกระจกแทน

รูปที่ 2.14 การเกิดหยดน้ำบนผิวกระจก

ที่มา: Corbis Corporation, 2009

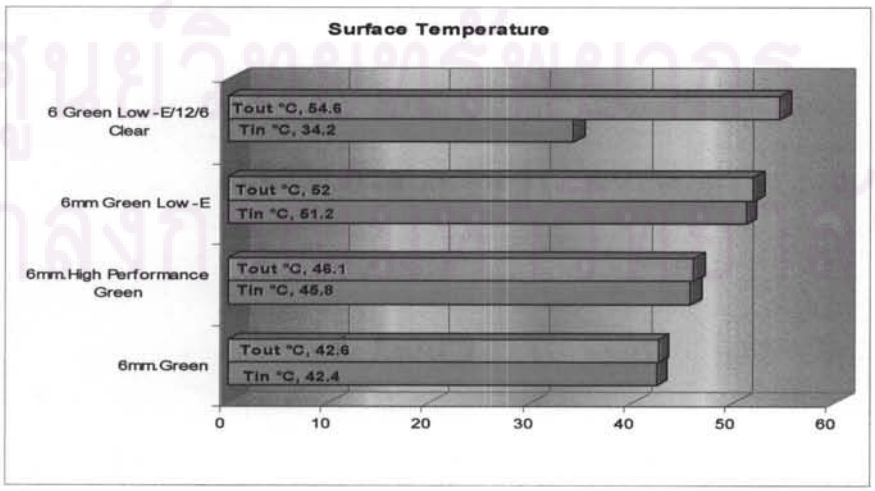
รูปที่ 2.15 การเกิดหยดน้ำบนผิวกระจกแต่ละชนิด



ที่มา: efficient windows collaborative, 2009

- ทำให้เกิดสภาวะอยู่สบายต่อผู้ใช้อาคาร คือการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ให้มีสภาวะที่ร่างกายมนุษย์ต้องการ การควบคุมอุณหภูมิผิวกระจกด้านในจะต้องควบคุมให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ที่ทำให้ผู้ใช้อาคารไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวเกินไป เรียกว่าสภาวะอยู่สบาย ในหน้าร้อนผิวกระจกด้านในก็ไม่ร้อน ในหน้าหนาวผิวกระจกด้านในก็ไม่เย็น ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิภายนอกอาคาร 32°C และอุณหภูมิภายในอาคาร 24°C สภาวะอยู่สบาย จะต้องเป็นสภาวะที่อุณหภูมิผิวกระจก อยู่ระหว่าง 24-30 องศาเซลเซียส

แผนภูมิที่ 2.5 Surface Temperature



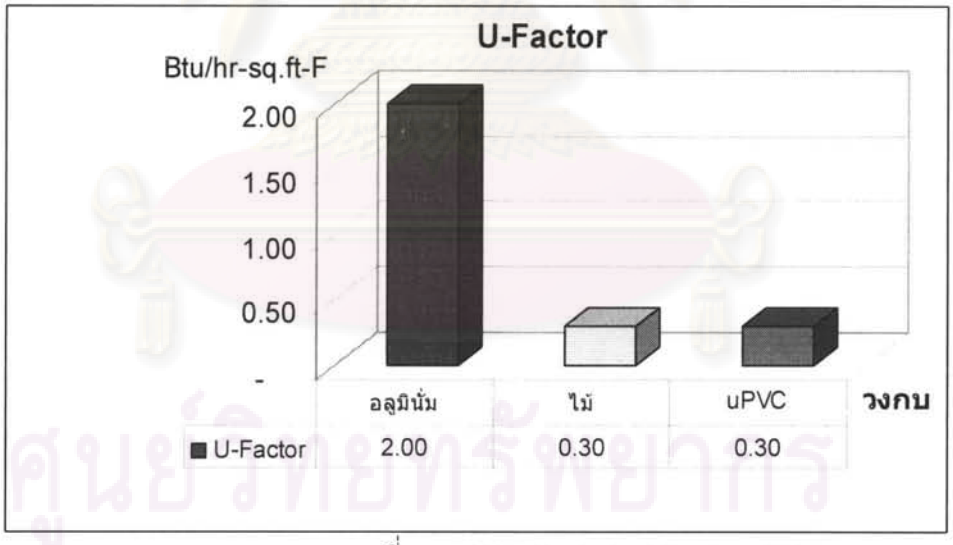
ที่มา : TGSG Technical

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุรักษาต่ำ กระจกประหยัดพลังงานจะทำให้ใช้เครื่องปรับอากาศลดลงและลดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศไม่ทำงานหนักส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศลดลงด้วย

2.2.4 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุทำวงกบประตู-หน้าต่าง

นอกจากประเภทของกระจกจะมีผลต่อการประหยัดพลังงานแล้ว ประเภทของวัสดุที่นำมาทำกรอบบานและวงกบก็มีผลต่อการประหยัดพลังงานเช่นกัน วัสดุที่นำมาทำวงกบประตู-หน้าต่างปัจจุบันมีหลากหลายชนิดมาก และยังมีคุณสมบัติทางกายภาพในด้านความคงทน ความแข็งแรง น้ำหนัก และความหนาที่แตกต่างกัน วัสดุเหล่านี้ยังมีผลกระทบต่อการนำความร้อนผ่านวงกบเข้ามาภายในอาคารไม่น้อยไปกว่ากระจก ทั้งนี้เพราะว่า วงกบที่ใช้ทำประตู-หน้าต่างใช้พื้นที่ประมาณ 10-30% ของพื้นที่ช่องเปิด[4] คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำวงกบจึงมีผลกระทบด้านการประหยัดพลังงานโดยตรง

แผนภูมิที่ 2.6 U-Factor of Aluminum Wood, and PVC Frame



ที่มา : TGSG Technical Service, 2009

[4] "Efficient Windows Collaborative: Regents of the University of Minnesota, Twin Cities Campus, College of Design, Center for Sustainable Building Research.", [Online]. Available: http://www.efficientwindows.org/ftypes.cfm 1998-2008.

วัสดุที่ใช้ทำวงกบประตู-หน้าต่างมีหลากหลายชนิด แต่ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยได้แก่ ไม้ อลูมินั่ม และ พลาสติก พีวีซี วัสดุทั้งสามประเภท มีคุณสมบัติ ข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

- **อลูมินั่ม** (Aluminum) ในประเทศไทยมีการนำอลูมินั่มมาใช้ทำประตู-หน้าต่างเป็นจำนวนมาก อลูมินั่มที่ใช้ทำวงกบประตู-หน้าต่าง มีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความคงทน แข็งแรง มีน้ำหนักเบา สามารถนำมาขึ้นรูปที่มีความสลับซับซ้อนได้ง่าย นำมาเคลือบสีเพื่อเพิ่มความคงทนและความสวยงาม ดูแลรักษาง่าย การนำอลูมินั่มมาเคลือบสีสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกันคือ

O การเคลือบด้วยระบบ Anodized สีที่นำมาเคลือบค่อนข้างจะจำกัดด้วย สีชาอ่อน สีชาดำ สีขาวอลูมินั่ม

O การเคลือบด้วยระบบ Powder Coat หรือ Baked Enamel จะทำได้หลากหลายสีมากกว่า สีที่มีความนิยมเคลือบกันมากคือสีขาว และสีชาดำ

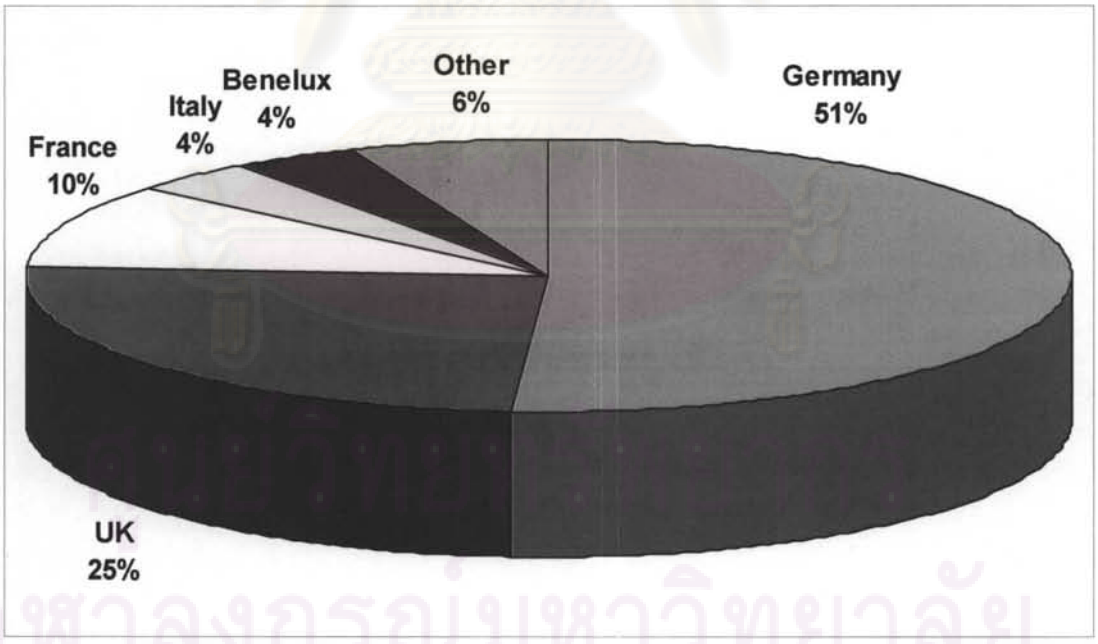
ข้อเสียของการนำอลูมินั่มมาทำวงกบประตู-หน้าต่างคืออลูมินั่มมีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดี ในเวลากลางวัน ผู้อยู่อาศัยจะสามารถรับรู้ความร้อนที่ส่งผ่านอลูมินั่มเข้ามาภายในอาคารได้ อลูมินั่มมีค่าการนำความร้อน (U-Factor) ที่สูงมาก ในหน้าหนาวก็สามารถทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำบนวงกบอลูมินั่มได้ง่าย ปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยี่มาพัฒนาสารเคลือบผิวอลูมินั่ม "Thermal Break" ทั้งภายในและภายนอกอลูมินั่ม เพื่อไปลดค่าการนำความร้อน ซึ่งสามารถลดการนำความร้อนลงได้จาก 2.0 เป็น 1.0 Btu/hr-sq. ft-°F

- **ไม้** (Wood) มีการนำไม้มาใช้ทำวงกบประตู-หน้าต่างมาช้านาน เพราะในอดีตไม้สามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย มีจำนวนมาก และไม้ยังมีคุณสมบัติที่สามารถตัดเลื่อยรูปแบบที่ซับซ้อนได้ง่าย วงกบไม้ยังคงความสวยงาม มีเอกลักษณ์และรสนิยมเฉพาะตัว จึงเป็นที่นิยมนำมาตกแต่งอาคารบ้านเรือนรวมถึงนำมาทำวงกบประตู-หน้าต่างจนถึงปัจจุบัน ไม้ยังมีคุณสมบัติพิเศษด้านการประหยัดพลังงาน ไม้มีค่านำความร้อนอยู่ที่ 0.3 ถึง 0.5 Btu/hr-sq. ft-°F ซึ่งต่ำกว่าอลูมินั่มมาก แต่ไม้ก็ไม่คงทนถาวรเหมือนอลูมินั่ม ไม้สามารถเน่าเปื่อย และขึ้นราได้ง่าย ดังนั้น จึงต้องการการดูแลรักษาอย่างดี ด้วยการทาสี หรือเคลือบด้วย While vinyl และ enameled metal claddings บนผิวไม้ด้านนอก เพื่อปกป้องเนื้อไม้ให้สมบูรณ์และให้ความคงทนสวยงามตลอดเวลา และดูแลรักษาง่าย

- **ไวนิล** (Vinyl) **หรือ** UPVC เป็นวัสดุประเภทพลาสติก ผลิตขึ้นสำหรับวงกบประตู-หน้าต่างครั้งแรกที่ประเทศอเมริกา Vinyl หรือที่รู้จักกันในชื่อ Polyvinyl Chloride (PVC), ไวนิลมีส่วนผสมของสาร UV Stabilizer เพื่อให้วงกบประตู-หน้าต่างมีความคงทนต่อรังสียูวี ไม่ทำให้สีจืดจางได้ง่ายและทนต่อการกัดกร่อน UPVC ยังได้เพิ่มสาร Titanium Dioxide เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับวงกบและกรอบบาน UPVC มีความคงทนและทนทานต่อการกัดกร่อนในทุกสภาพอากาศ ทนทานต่อการรั่วซึมของน้ำและอากาศ สามารถทำความสะอาดได้ง่าย และไม่ติดไฟ แต่ข้อเสียของ UPVC คือให้ควันพิษในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ซึ่งจะส่งผลต่อชีวิตของผู้ใช้ได้

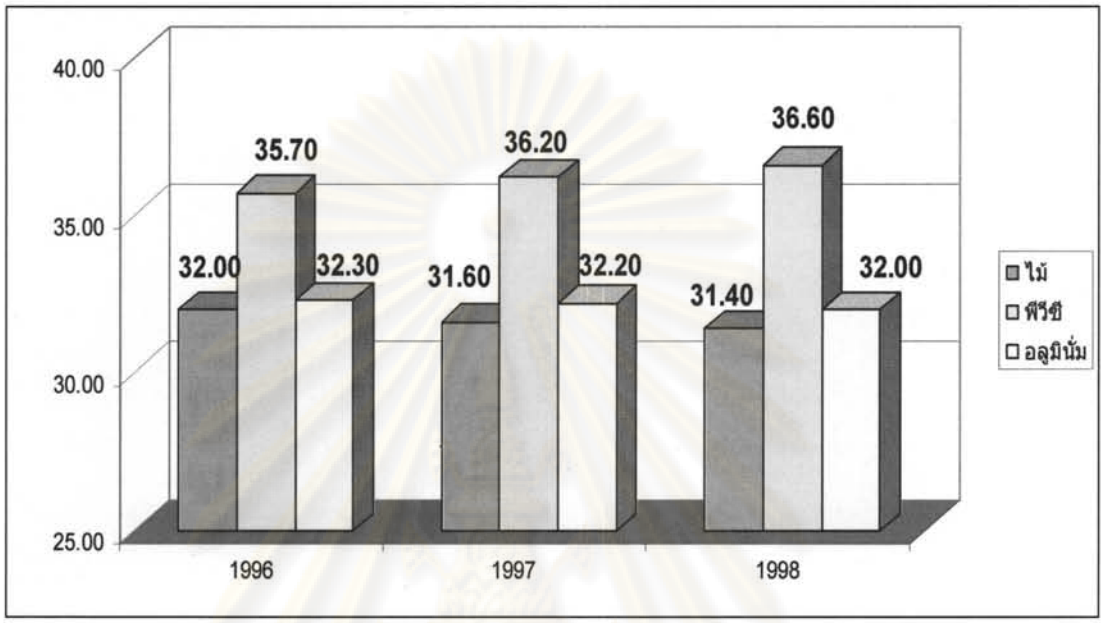
โครงสร้างหน้าตัดของวงกบ UPVC เป็นลักษณะ Multi-chamber มีคุณสมบัติพิเศษในการเพิ่มความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีพอๆกับไม้ ประตู-หน้าต่างที่ทำจาก UPVC จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นได้สูงขึ้น 20-30% เมื่อเทียบกับอลูมินั่ม สามารถกันเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดี ผิว UPVC มีความคงทนสูงจึงไม่มีความจำเป็นต้องไปเคลือบสีป้องกันเหมือนกับวัสดุประเภทอลูมินั่มและไม้

แผนภูมิที่ 2.7 UPVC window & door profile markets in Europe



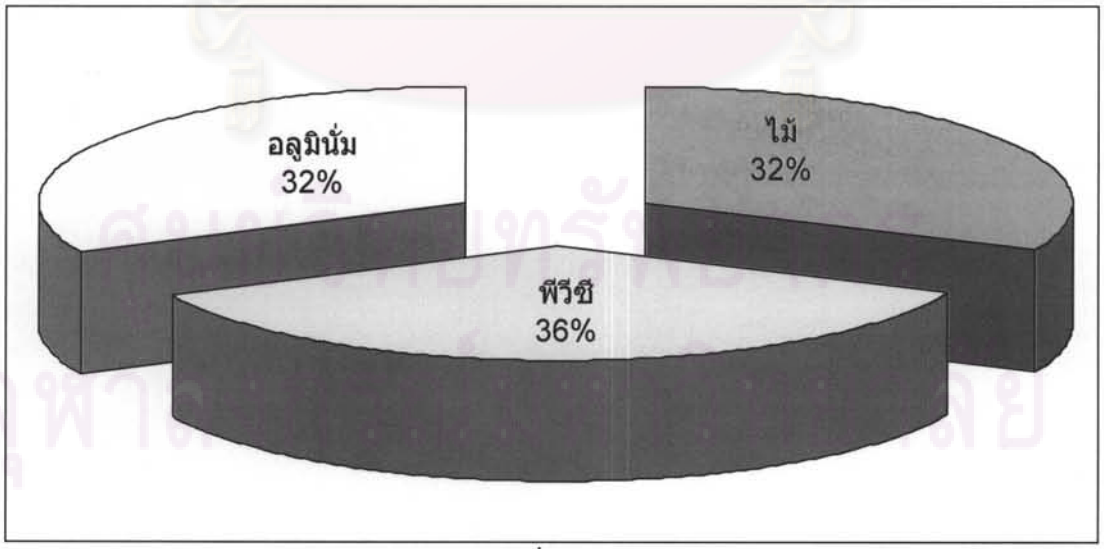
ที่มา: Michael Rigby Associates, 1991-2007

แผนภูมิที่ 2.8 % UPVC ในตลาดยุโรปตะวันตก



ที่มา: Michael Rigby Associates, 1991-2007

แผนภูมิที่ 2.9 สัดส่วนการใช้ UPVC ในตลาดยุโรปตะวันตก

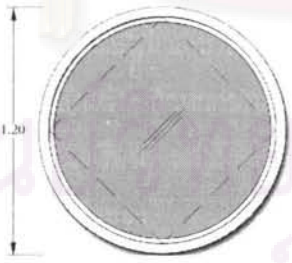


ที่มา: Michael Rigby Associates, 1991-2007

2.2.5 น้ำหนักประตู-หน้าต่างต่อบานที่เหมาะสม

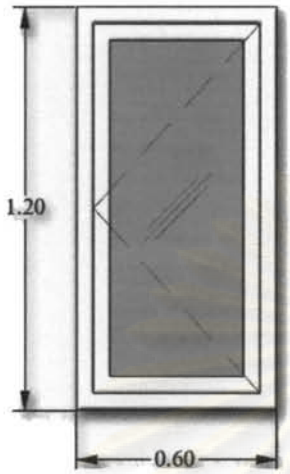
จากการศึกษาพบว่า โดยทั่วไปแล้วคนเราสามารถยกสิ่งของที่หนักไม่เกิน 30% หรือ 40% ของน้ำหนักตัวของแต่ละคนนั้นที่สามมารถจะยกย้ายด้วยมือเปล่าได้ หญิงไทยอายุระหว่าง 18-45 ปี จะสามารถยกของหนักโดยเฉลี่ยได้ประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อคน ส่วนชายไทยที่อยู่ 18-45 ปี จะสามารถยกของหนักโดยเฉลี่ยได้ที่ 20-25 กิโลกรัมต่อคน สำหรับผู้ใช้แรงงานชายไทยที่อายุ 18-45 ปี จะมีทักษะในการยกได้ดีกว่าจะสามารถยกของหนักได้ที่ 35-50 กิโลกรัม การยกประตู-หน้าต่างกระจกไม่เหมือการยกวัสดุอื่นๆ เนื่องจากประตู-หน้ากระจกเป็นแผ่นเรียบ และเปราะสามารถแตกหักได้ง่าย ดังนั้นการยกประตู-หน้าต่างกระจกจำเป็นอาศัยทักษะในการยก และจะต้องอาศัยเครื่องมือจับกระจกช่วยกรณีที่กระจกมีน้ำหนักมากกว่า 50 กิโลกรัม สำหรับชายทั่วไป และ 80 กิโลกรัมสำหรับผู้ใช้แรงงาน อย่างไรก็ตาม แม้การยกของที่หนักไม่เกิน 10 กิโลกรัม ถ้าหากยกด้วยท่าทางที่ไม่เป็นธรรมชาติ ก็อาจทำให้เกิดการลั่นที่หลังได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ และฝึกให้คุ้นเคยกับอิริยาบถ และวิธีการที่ถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการยก และเคลื่อนย้ายสิ่งของ[5]

ดังนั้นการกำหนดน้ำหนักประตู-หน้าต่าง ต้องเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของร่างกายว่ามีมากน้อยขนาดไหน การออกแรงยกสามารถทำได้สูงสุดเท่าไร และสามารถยกน้ำหนักดังกล่าวได้นานเท่าไรที่จะไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บของร่างกาย เพื่อป้องกันอัตรายจากการยกน้ำหนักต่อชิ้นงานไม่ควรเกินกำลังความสามารถของผู้ยก หากเกินความสารถจะต้องหาคนมาช่วยยก หรือใช้เครื่องทุ่นแรงมาช่วย เพื่อประโยชน์ในการออกแบบ หรือปรับเปลี่ยนน้ำหนัก ให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน

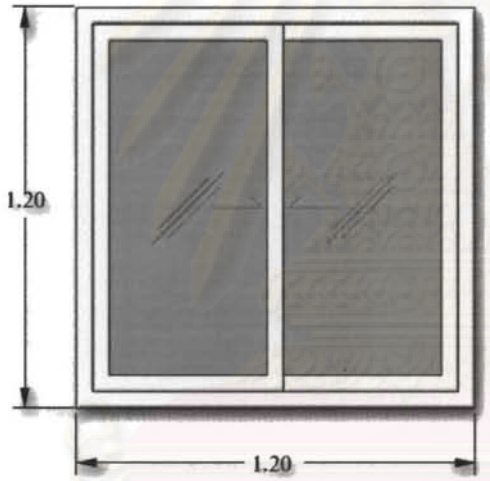


น้ำหนัก 39.60 กิโลกรัม

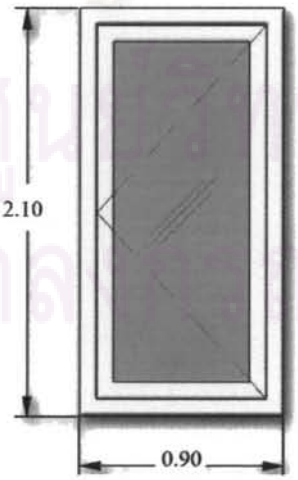
[5] "คู่มือการจัดการความปลอดภัยของพนักงาน.", [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.npc-se.co.th/news_safety/npcse_02health.asp?news_id=1555.



น้ำหนัก 21.60 กิโลกรัม

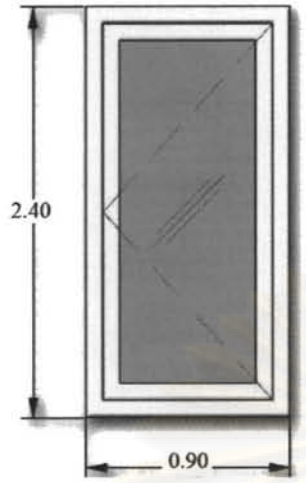


น้ำหนักต่อบาน 21.60 กิโลกรัม
รวม 2 บาน 43.20 กิโลกรัม

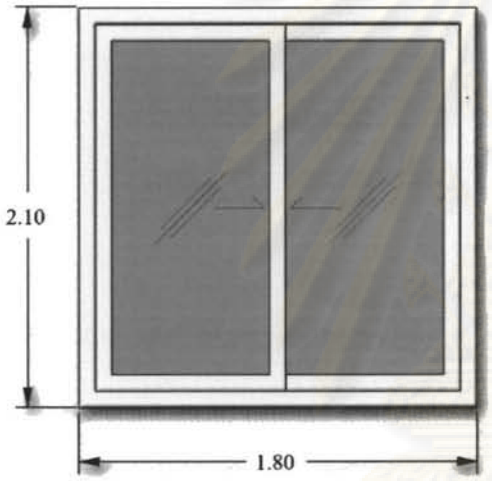


น้ำหนัก 56.70 กิโลกรัม

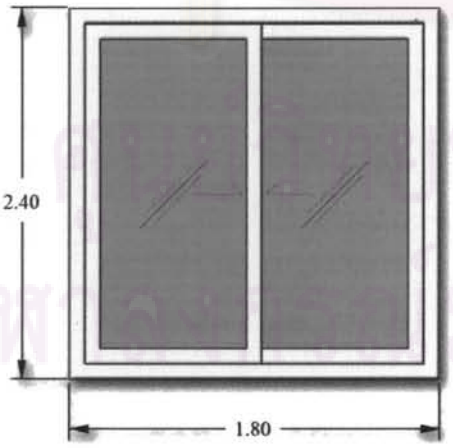
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



น้ำหนัก 64.80 กิโลกรัม



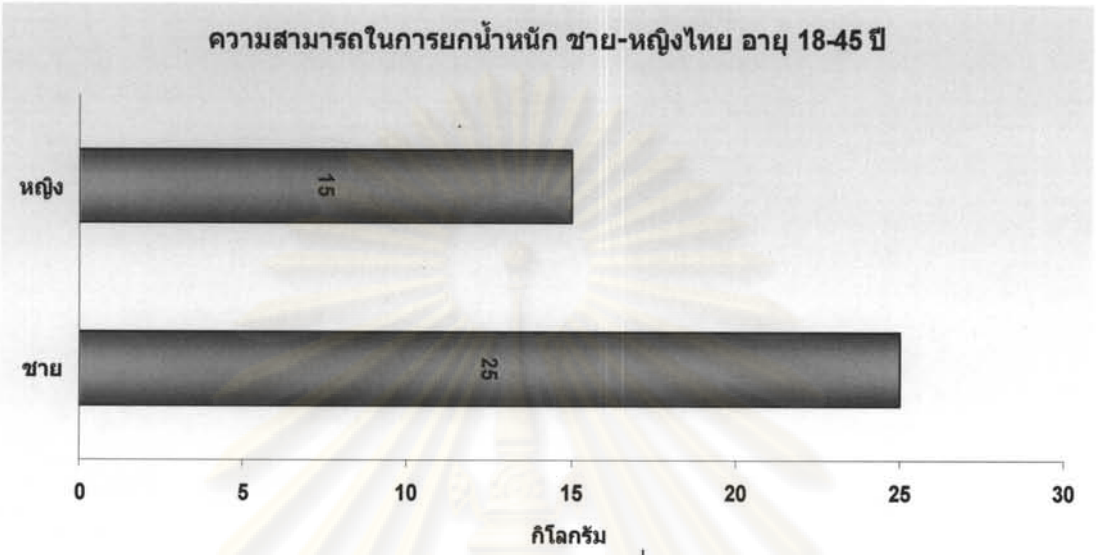
น้ำหนัก 56.70กิโลกรัม / บาน



น้ำหนัก 64.80 กิโลกรัม / บาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

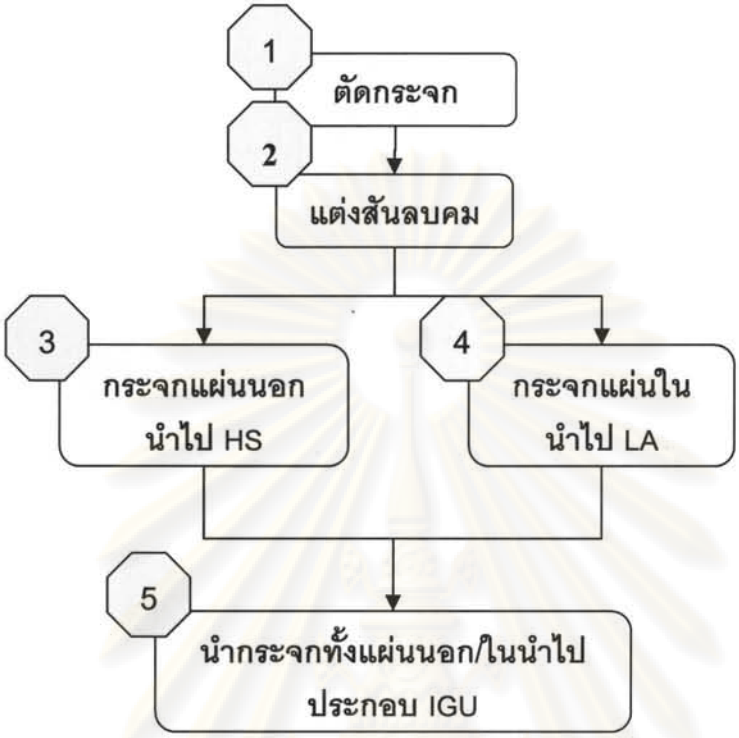
แผนภูมิที่ 2.10 ความสามารถในการยกของหนักของคนไทย



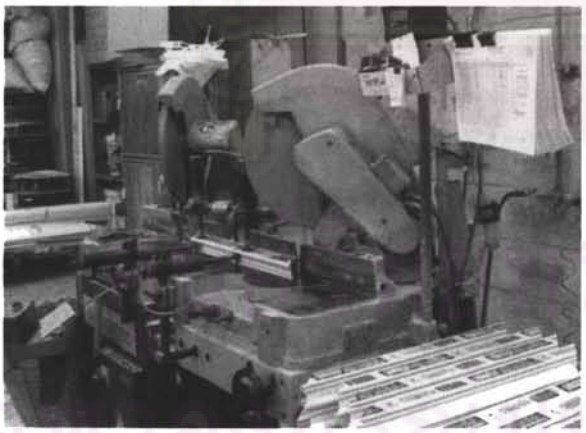
ที่มา: Technical Service. TGSG, 2009

2.2.6 **วิธีการผลิตกระจก และวงกบประตู-หน้าต่าง** การศึกษาต้นทุนการผลิตจำเป็นต้องเข้าใจวิธีการผลิตกระจก และการทำกรอบวงกบประตู-หน้าต่าง

- วิธีการผลิตกระจกนิรภัยประหยัดพลังงานมีกระบวนการผลิต 5 ขั้นตอน การผลิต เริ่มด้วยการตัดกระจกทั้งแผ่นที่ใช้ภายในอาคารซึ่งเป็นกระจกใส และกระจกภายนอกอาคารซึ่งเป็นกระจกสีเคลือบ Low-E ให้ได้ขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำกระจกทั้งหมดไปเจียรลบคม เมื่อเจียรลบคมแล้ว ก็นำกระจกสีเคลือบ Low-E ไปผ่านกระบวนการ Heat Strengthen เพื่อให้กระจกสามารถรับแรงได้มากขึ้น และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ไม่ทำให้กระจกแตกได้ง่าย ส่วนกระจกภายในอาคาร ก็นำไปประกอบเป็นกระจกนิรภัยลามิเนตยึดด้วยแผ่นฟิล์ม PVB เพื่อให้กระจกไม่หลุดร่วงในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุกระจกแตก จากนั้นนำกระจกทั้งสองแผ่น มาประกอบเป็นกระจกฉนวนความร้อน Heat Stop ด้วยการคั้นกระจกทั้งสองแผ่นด้วย Aluminum Bending Spacer ที่ความหนา 12 มม. และอัด Argon Gas ที่ 95% ปิดขอบกระจกกันรั่วด้วย Silicone



- วิธีการผลิตวงกบประตู-หน้าต่าง PVC มีขั้นตอนการผลิตมี 6 ขั้นตอน หลักๆ ดังนี้

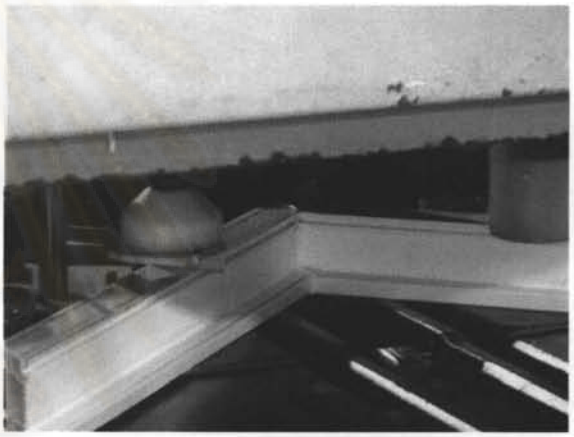


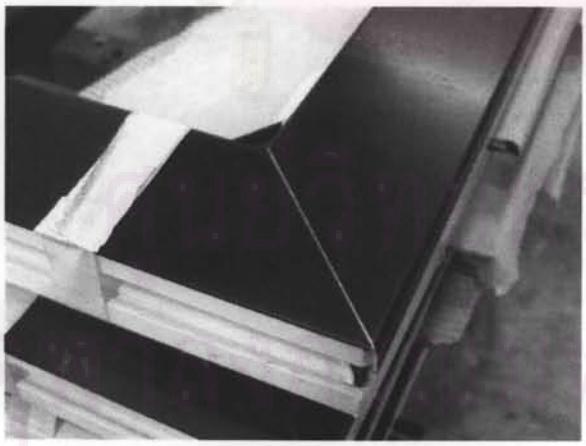
ขั้นตอนที่ 1 การตัดเส้น UPVC เพื่อทำวงกบและกรอบบาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 ใส่เหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับ UPVC

ขั้นตอนที่ 3 เส้น UPVC แต่ละท่อน มาเชื่อมรอยต่อให้ติดกันด้วยความร้อน





ขั้นตอนที่ 4 ประกอบเข้าด้วยกันเป็นวงกบและกรอบบาน

ขั้นตอนที่ 5 ใส่กระจกเข้ากับกรอบบาน

ขั้นตอนที่ 6 ห่อหุ้มประตู-หน้าต่าง เพื่อพร้อมนำไปติดตั้ง

- วิธีการติดตั้งประตู-หน้าต่าง มี 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ปรับระดับช่องเปิดให้ได้ฉาก ไม่เอียง หรือเบี้ยว ด้วยตัววัดระดับน้ำ และลูกดิ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าระดับของช่องเปิดไม่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 ยึดวงกบประตู – หน้าต่าง เข้ากับช่องเปิด ด้วยการใช้สว่านเจาะรูช่องเปิดให้ตรงกับรูของวงกบที่ได้เตรียมไว้ ทั้งนี้วิธีการเจาะและหัวเจาะขึ้นกับประเภทของ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่องเปิดว่าเป็นเหล็ก ไม้ หรือปูน เมื่อเจาะได้ตำแหน่งแล้ว ให้นำวงกบประตู-หน้าต่าง มายึดกับช่องเปิดด้วยสกรูให้แข็งแรง

ขั้นตอนที่ 3 ใส่กรอบบาน ใส่กรอบบานของประตูหน้าต่าง และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น บานพับ มือจับ กุญแจ กันยก ที่เตรียมจากโรงงาน ให้ตรงกับคู่มือการติดตั้ง

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบเปิด-เปิด เมื่อใส่กรอบบานเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบว่ากรอบบานสามารถเปิดปิดได้สะดวก ไม่ต้องใช้แรงมาก ไม่ติดขัด

ขั้นตอนที่ 5 ปิดรอยต่อด้วยวัสดุยาแนวประเภทซิลิโคน โดยการทาวัสดุยาแนวชนิดทนต่อรังสียูวี บริเวณรอยต่อระหว่างวงกบ กับ ช่องเปิด ทั้งด้านในและด้านนอกอาคาร วัสดุยาแนว มีหลากหลายสี ให้เลือกให้เหมาะสมกับความสวยงามของช่องเปิด และวงกบ โดยมากจะใช้สีขาว

ขั้นตอนที่ 6 ทำความสะอาด รอให้วัสดุยาแนวแห้ง จากนั้นก็ทำการลอกพลาสติกหุ้มผิว (Surface Protection) วงกบประตู-หน้าต่าง และผิวกระจกออก ใช้น้ำสะอาดและผ้าสะอาดเช็ดทำความสะอาด อย่าใช้ของมีคม ขูดขีดสิ่งสกปรกบนผิวเฟรมและผิวกระจก เพราะจะทำให้เป็นรอยและไม่สามารถซ่อมแซมกลับคืนได้

2.2.7 ปัญหาแรงงานในธุรกิจก่อสร้าง

ประเด็นสำคัญประการหนึ่งที่กำลังเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน และจะกลายเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการวงการก่อสร้างไทยคือ ปัญหาการขาดแคลนแรงงานฝีมือ การก่อสร้างอาคารโดยเฉพาะที่อยู่อาศัยจำเป็นต้องใช้ความประณีตมากกว่าการก่อสร้างทั่วไป ความจำเป็นของการใช้แรงงานฝีมือจึงมีมากขึ้นกว่าแรงงานที่ไม่มีฝีมือ การพัฒนาแรงงานไม่ทันต่อความต้องการของงานก่อสร้าง การเพิ่มค่าแรงเพื่อดึงแรงงานไปทำงานจึงเกิดขึ้น นอกจากจำนวนแรงงานฝีมือจะขาดแคลนแล้ว แรงงานฝีมือที่มีอยู่ยังมีปัญหาด้านคุณภาพด้วย แรงงานฝีมือได้มีการเปลี่ยนงานจากสาขาหนึ่งไปอีกสาขาหนึ่ง เช่น วิศวกรหรือหัวหน้าช่างที่เปลี่ยนสายอาชีพมีความสามารถไม่ตรงกับงานใหม่ที่ทำ ช่างเทคนิคหรือพนักงานสายการผลิตในโรงงานผลิตวัสดุก่อสร้างก็มีการหมุนเวียนของแรงงานมากเช่นกัน เนื่องจากบริษัทมีการแข่งขันกันดึงตัวด้วยการให้ค่าจ้างที่สูงกว่า

ด้วยเหตุที่แต่ละบริษัทไม่ต้องการรับภาระต้นทุนในการฝึกอบรมแรงงาน เพราะมีความเสี่ยงที่แรงงานจะย้ายงานได้ตลอดเวลา

ปัจจุบัน แรงงานฝีมือขาดแคลนอย่างหนัก ทั้งแรงงานมีฝีมือและแรงงานระดับล่างขาดแคลนมากถึง 4.8 แสนอัตรา แรงงานฝีมือขาดแคลนส่งผลกระทบต่อการลงทุนโครงการขนาดใหญ่ การลงทุนโครงการขนาดใหญ่ของรัฐบาลทำให้มีความต้องการแรงงานสูง โดยเฉพาะแรงงานช่างก่อสร้าง แรงงานในตลาดล่างประเภท ช่างเชื่อม ช่างปูน ช่างเฟอร์นิเจอร์ ขาดแคลนมาก เนื่องจากพฤติกรรมของแรงงานไทยเปลี่ยนแปลงไปมาก ไม่นิยมทำงานประเภทนี้

การแก้ไขปัญหาแรงงานขาดแคลน จึงมีความจำเป็นต้องมีการนำแรงงานต่างชาติที่มีฝีมือระดับกลาง และล่างเข้ามาทำงานมากถึง 5 หมื่นคน แรงงานในระดับล่าง เช่น ช่างปูน ช่างก่อสร้าง

สาเหตุที่แรงงานขาดแคลนเนื่องมาจากคนไทยต้องพยายามยกฐานะตัวเอง จากการเรียนหนังสือที่สูงขึ้นทำให้ไม่ต้องการทำงานหนัก หรืองานที่เสี่ยงอันตราย สกปรก ประกอบกับนโยบายของรัฐบาลที่สนับสนุนให้เป็น 'เถ้าแก่น้อย'[6] ที่มีเงินสนับสนุนทั้ง เอสเอ็มแอล กองทุนหมู่บ้าน 1 ล้านบาท ทำให้คนงานในชนบทไม่ต้องการเดินทางเข้ามาทำงานในกรุงเทพมหานคร เพราะสามารถสร้างอาชีพของตัวเองในท้องถิ่นได้แล้วก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แรงงานขาดแคลน

การสร้างอาคารให้แล้วเสร็จให้ทันกำหนดเวลาที่ตกลงกันไว้ เพื่อไม่ให้กระทบต่อค่าปรับในการส่งมอบงานล่าช้าและต้นทุนแรงงาน ซึ่งจะส่งผลต่อราคาวัสดุก่อสร้างให้สูงขึ้น ดังนั้นการหาระบบงานก่อสร้างใหม่ๆ เพื่อชดเชยทั้งปัญหาและต้นทุน

วิธีการที่จะแก้ไขปัญหาการขาดแคลนทั้งแรงงานฝีมือ และต้นทุนการก่อสร้างคือการออกแบบและระบบการสร้างวัสดุก่อสร้างใหม่ๆให้ได้มาตรฐานสำเร็จรูปติดตั้งได้ง่าย บุคคลทั่วไปสามารถทำเองได้ เพื่องหลีกเลี่ยงการใช้ฝีมือแรงงานมาทำ สามารถใช้แรงงานธรรมดาก็สามารถก่อสร้างได้ อุปสรรคสำคัญของวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปคือผู้บริโภคยังไม่ยอมรับในช่วงแรกๆ ยังต้องรอระยะเวลาที่จะให้ผู้บริโภคยอมรับ

งานวิจัยนี้ได้ ได้มีการนำระบบติดตั้งแบบใหม่เข้ามาช่วย ด้วยการออกแบบประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำเร็จรูปที่ง่ายต่อการติดตั้งแบบ DIY เพื่อแก้ปัญหาแรงงานฝีมือขาดแคลน ซึ่งค่าจ้างแรงงานฝีมือเป็นต้นทุนอยู่ที่ 20-30% ของราคาค่าประตู-หน้าต่าง

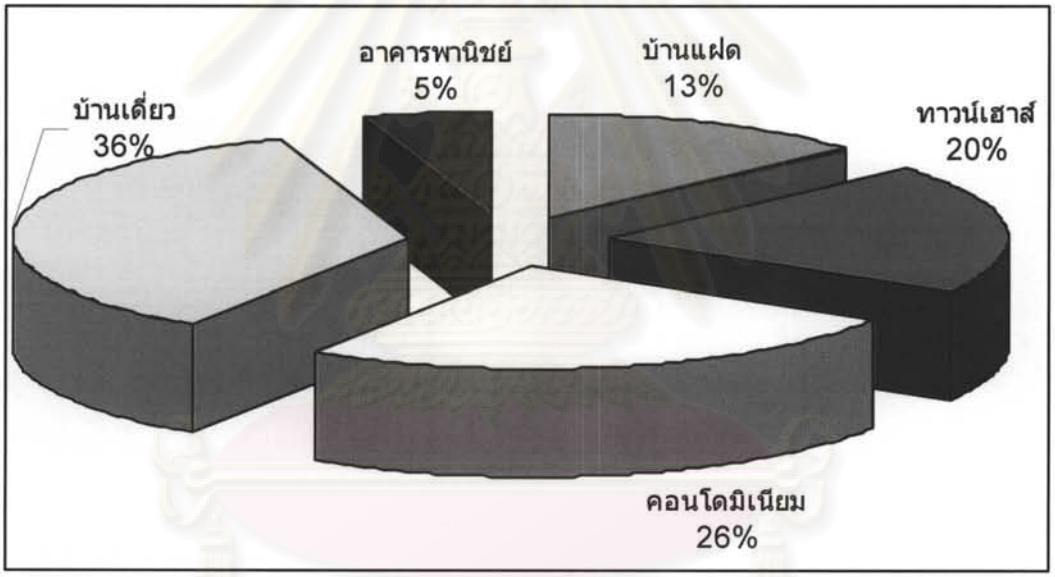
---

[6] ดร.เอก เศรษฐศาสตร์ . แรงงานขาดแคลน...ปัญหาใหญ่ที่ถูกมองข้าม .กรุงเทพธุรกิจ,13 พฤษภาคม 2551 .

2.2.8 ความต้องการที่อยู่อาศัยในประเทศไทย

จากการศึกษาสถิติการยื่นขออนุญาตจัดสรรที่ดินรายใหม่ ข้อมูลจากกรมที่ดินในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงเดือนกรกฎาคม 2549 มีการออกใบอนุญาตจัดสรรให้ผู้ประกอบการจัดสรรที่ดินรวม 68 ราย โดยแบ่งออกเป็นโครงการบ้านเดี่ยว 2,871 หลัง บ้านแฝด 216 หลัง ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ และอาคารพาณิชย์ รวม 4,343หลัง และที่ดินเปล่า 489 แปลง เมื่อเทียบกับปี 2548 มีการออกใบอนุญาตจัดสรร 139 ราย แบ่งเป็นบ้านเดี่ยว 6,327 หลัง บ้านแฝด 424 หลัง ตึกแถวและอาคารพาณิชย์ 7,561 หลัง และที่ดินเปล่า 1,325 แปลง

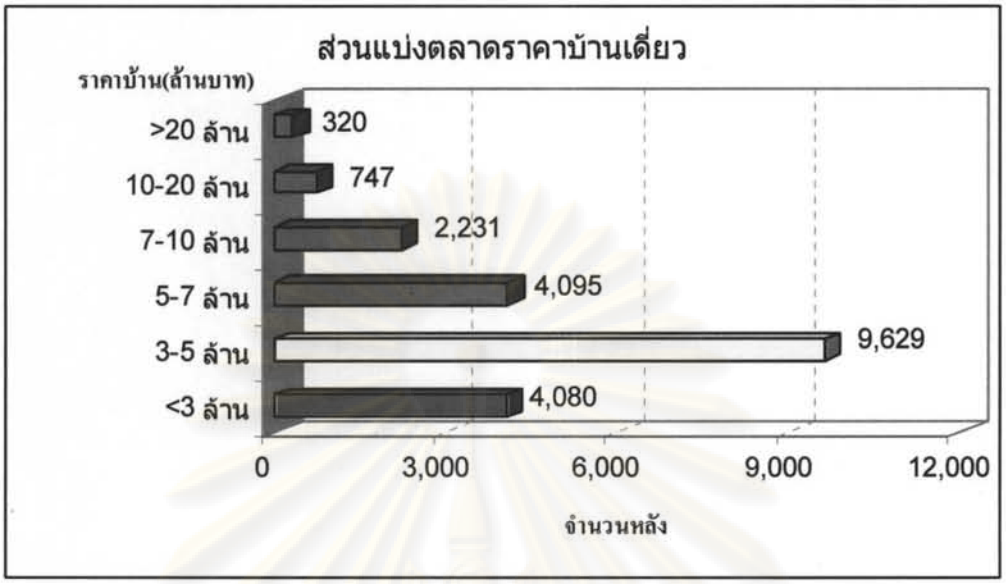
แผนภูมิที่ 2.11 ประเภทที่อยู่อาศัยที่เป็นที่ต้องการ



ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

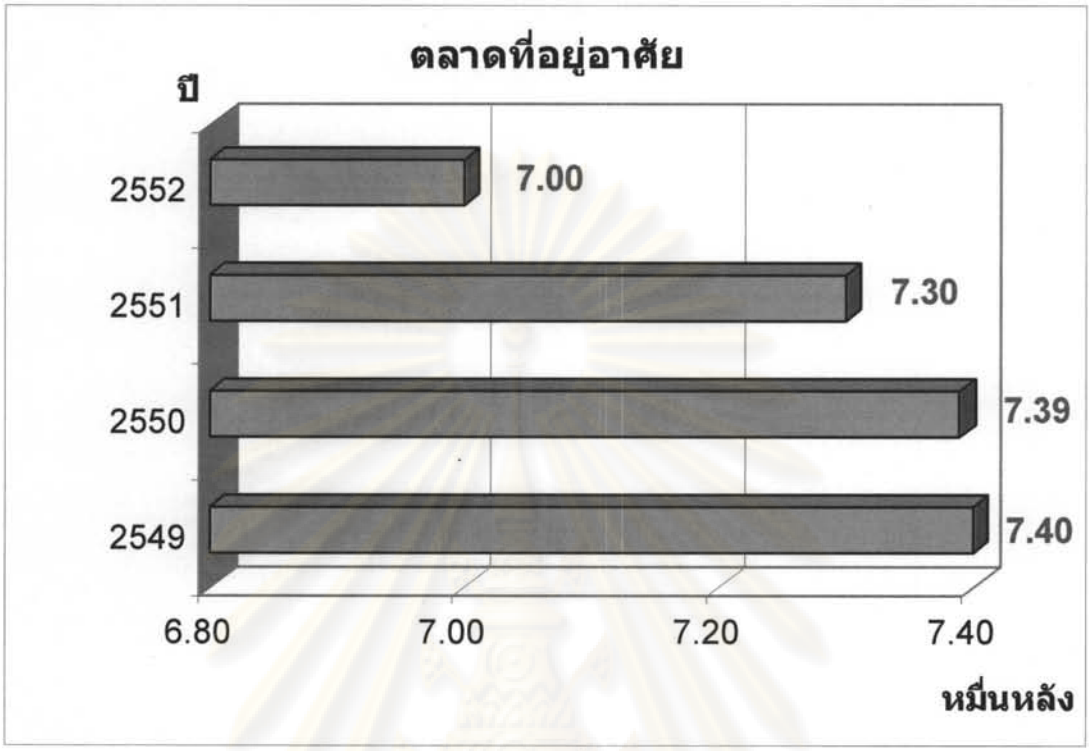
แผนภูมิที่ 2.11 ส่วนแบ่งตลาดราคาบ้านเดี่ยว



ที่มา : บริษัท พลัส พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด, 2008

ความต้องการที่อยู่อาศัยระดับราคาที่ 5 ล้านบาทขึ้นไป ทั่วประเทศมีมากถึง 7,300 หน่วย ผู้ที่มีกำลังซื้อทีอยู่อาศัยที่ระดับราคา 5 ล้านบาทขึ้นไป จะเป็นคนรุ่นใหม่ที่มีการศึกษามาค่อนข้างดี และมีศักยภาพในการเลือกใช้วัสดุที่ดี ดังนั้นตลาดประตู-หน้าต่างประหยัดพลังงานจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะทำให้คนรุ่นใหม่หันมาเลือกใช้ ปัจจุบัน ในแต่ละปี จะมีที่อยู่อาศัยไม่เกิน 50 หน่วย / ปี ที่ใช้กระจกนิรภัยประหยัดพลังงาน คิดเป็นพื้นที่กระจก ก็ตกอยู่ที่ประมาณ 7,200 ตรม. (บ้านจำนวน 50 หลัง มีช่องเปิดเฉลี่ยที่ 144 ตารางเมตรต่อหลัง) หากสามารถทำให้คนรุ่นใหม่หันมาใช้กระจกประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น ที่ 10% ของตลาดบ้านเดี่ยวที่ 3 ล้านบาทขึ้นไป (จำนวน 17,022 หลัง) หรือ ประมาณ 1,702 หน่วยก็จะมีพื้นที่ช่องเปิดประมาณ 245,088 ตารางเมตร ปริมาณความร้อนที่ผ่านช่องเปิดเมื่อใช้ประตู-หน้าต่างประหยัดพลังงาน เทียบกับ ประตู-หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 มม. วงกบอลูมินั่ม ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมหาศาลได้ประมาณ 68,183 kW.hr คิดเป็นเงินที่ประหยัดต่อชั่วโมงประมาณ 190,913 บาท (คิดค่าไฟฟ้า 2.8 บาท/หน่วย) และลด CO_2E ได้ประมาณ 13,636 กิโลกรัม (กระจกประหยัดพลังงานกับเฟรมพีวีซี จะมีค่า U-Factor = 0.34; SHGC = 0.3: VT = 0.51 หรือปริมาณความร้อนผ่านหน้าต่างที่ 236.8 W/M^2 สำหรับกระจกสีเขียวกับเฟรมอลูมินั่ม จะมีค่า U-Factor = 1.16; SHGC = 0.65: VT = 0.56 หรือปริมาณความร้อนผ่านหน้าต่างที่ 515 W/M^2)

แผนภูมิที่ 2.12 ตลาดที่อยู่อาศัยในประเทศไทย



ที่มา : หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ, 2009

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อได้ทำการศึกษาทฤษฎีและตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยเรื่องการจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย จึงกำหนดแนวทางการวิจัย ตามลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 การกำหนดชนิดกระจกที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

3.2 การกำหนดชนิดวงกบที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

3.3 กำหนดประเภทและขนาดหน้าต่างที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

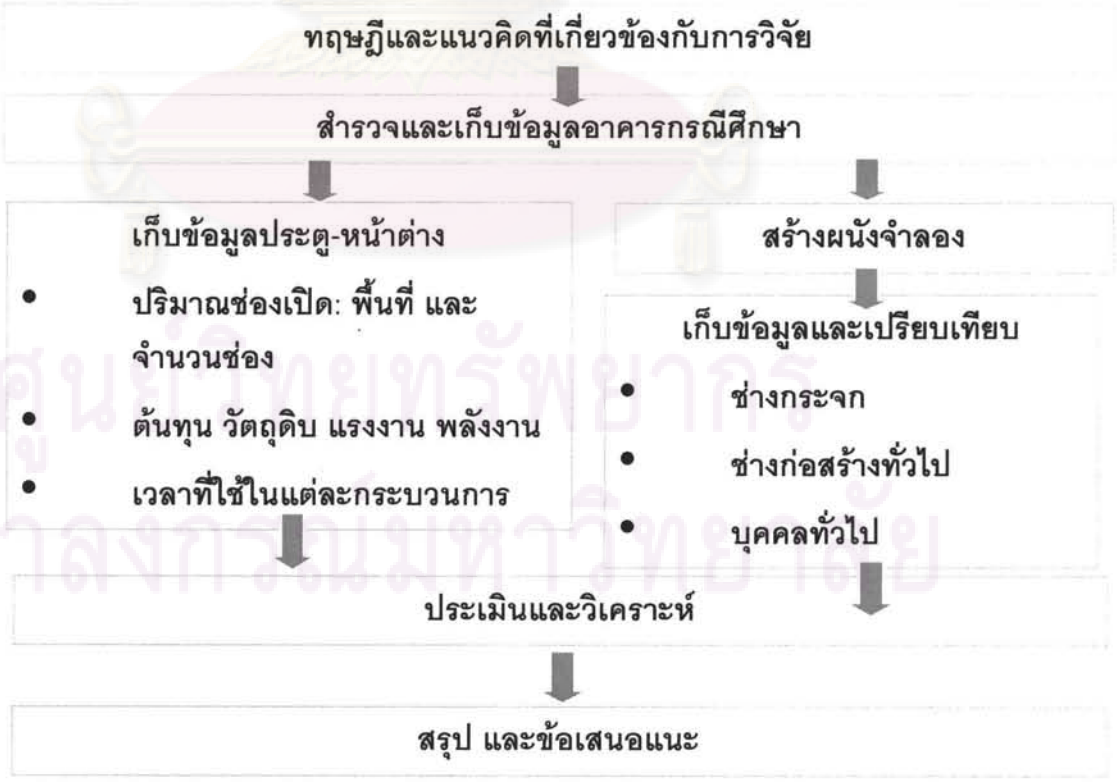
3.4 การกำหนดขนาดและวัสดุที่ใช้ในการจำลองช่องเปิดอาคาร

3.5 การกำหนดขั้นตอนการทดสอบ

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3.8 สรุปผลการทดสอบ



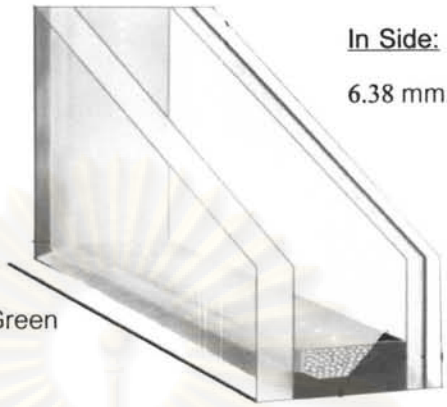
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 การกำหนดชนิดกระจกที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

กระจกที่นำมาทำการวิจัย เป็นกระจกนิรภัยประหยัดพลังงานความหนารวม 24 มม.สีเขียว ประกอบด้วย กระจกแผ่นนอกอาคาร เป็นกระจกสกัดกั้นพลังงานแสงอาทิตย์ มีสีเขียว เคลือบด้วย Low-E (Low Emissive) ด้วยระบบการเคลือบแบบ CVD (Chemical Vapor Deposition หรือ Hard Coating) นำมาแปรสภาพเป็นกระจก Heat Strengthen ด้วยการผ่านความร้อน 650 °C และเป่าเย็นทันที เพื่อให้ได้ Stress บนผิวกระจกที่ 5500 – 6500 psi. จะทำให้กระจกสามารถรับแรงได้มากขึ้น 2 เท่า และทนต่อความแตกต่างของอุณหภูมิได้ถึง 70-120 °C กระจกแผ่นในอาคารเป็นกระจกนิรภัยหลายชั้นลามิเนต ความหนา 6.38 มม. ใส ประกอบด้วยกระจกใส 3 มม. จำนวน 2 แผ่น ยึดกระจกทั้ง 2 เข้าด้วยกันด้วยแผ่นฟิล์มใส PVB (Polyvinyl butyral) ความหนา 0.38 มม.ซึ่งมีคุณสมบัติตัดรังสี UV ได้สูงถึง 95% และยังให้ความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารกรณีกระจกแตกด้วยอุบัติเหตุ เศษกระจกจะถูกยึดให้ติดกันไม่ร่วงหล่นทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ใกล้

กระจกทั้งแผ่นนอกและแผ่นในอาคาร นำมาประกอบเป็นกระจกฉนวนความร้อนอินซูเลตโดยมีช่องว่างอากาศที่ 12 มม. กั้นด้วย Aluminum Bending Spacerใส่ Argon Gas ที่ 95% และปิดด้วย Silicone เพื่อกันการรั่วซึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



In Side:

6.38 mm. Clear Laminated Glass

Out Side:

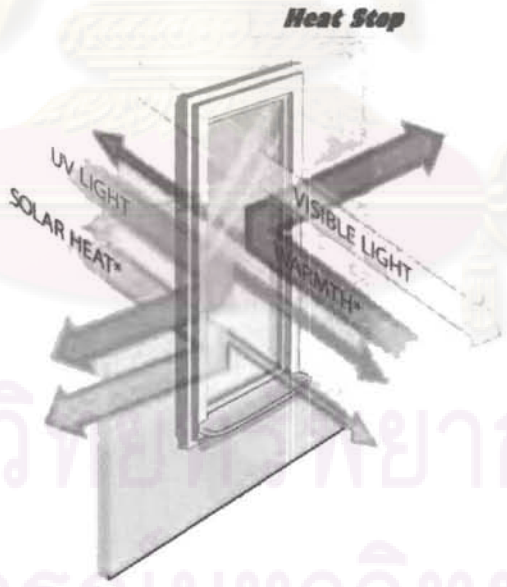
6mm. Heat Strengthen Green

Low-E surface #2

12 mm. Bending Aluminum Air Spacer

รูปที่ 3.1 กระจกประหยัดพลังงานหนา 24 มม.

ที่มา: บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี้กลาส จำกัด, 2009



รูปที่ 3.2 Solar Energy through window

ที่มา : TGSG Technical Service, 2009

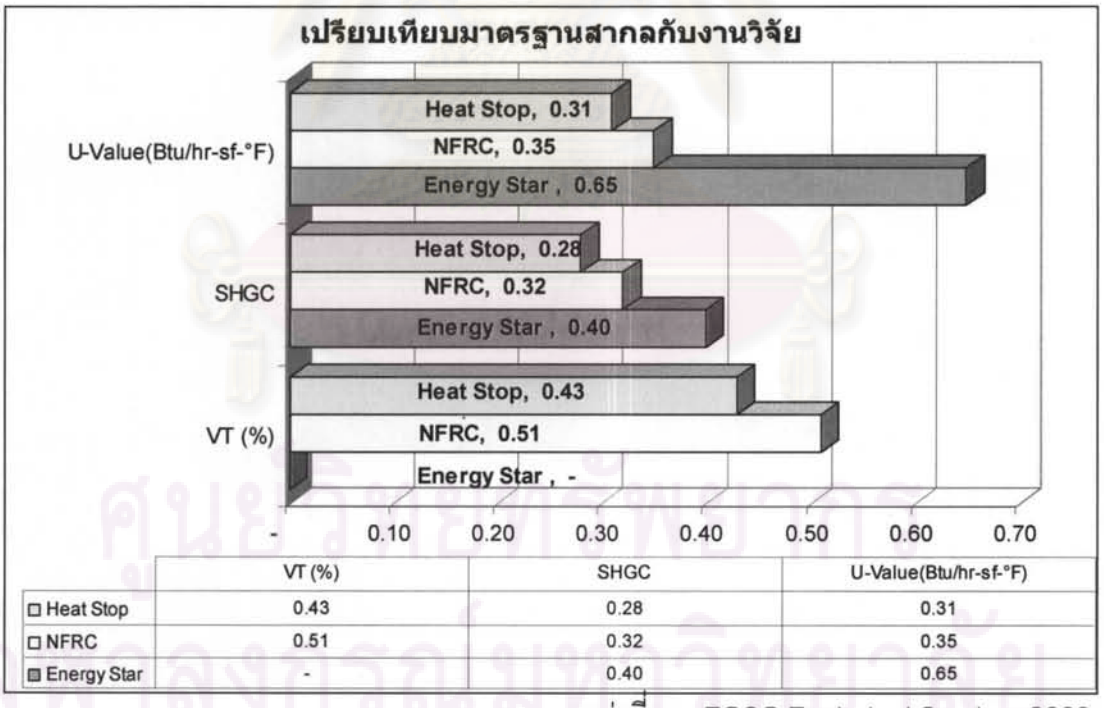
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบมาตรฐาน ยุโรป อเมริกา และไทย

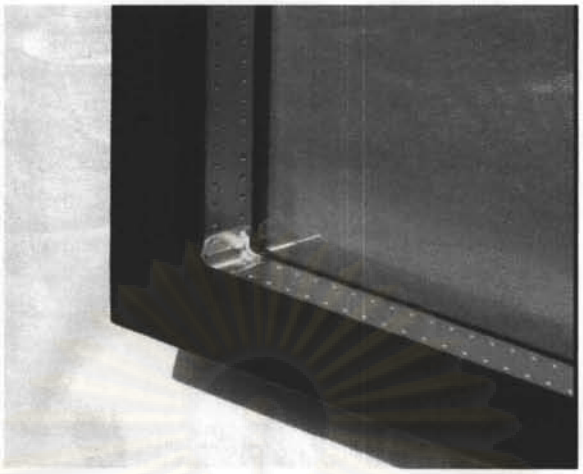
รายการ	มาตรฐานช่องเปิด		
	Energy Star Zone 2	NFRC	24 mm Green Low-E
VT (%)	ไม่กำหนด	51.00	43.00
SHGC	0.40	0.32	0.28
U-Value(Btu/hr-sf-°F)	0.65	0.35	0.31
Air Leak(cfm/sf)	0.30	0.20	ไม่ได้กำหนด

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

แผนภูมิที่ 3.1 เปรียบคุณสมบัติของกระจก มาตรฐานไทย กับ NFRC และ Energy Star



แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009



รูปที่ 3.3 24 Heat Stop REAVGN

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

กระจกที่จะนำมาประกอบเป็นกระจกฉนวนความร้อน 24 มม. สีเขียว เพื่อให้ได้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำสุด จะต้องคำนึงถึง ขนาดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตกระจก และขนาดที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้โดยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ มีขนาดมาตรฐานที่นิยมเก็บเป็น Stock วัตถุดิบ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ขนาดกระจกที่นำมาเป็นวัตุดิบมาตรฐาน

ขนาดกระจก (กว้าง x ยาว)						การขนส่ง
นิ้ว		มิลเมตร		ฟุต		
84	130	2140	3302	7	110	สะดวก
96	130	2438	3302	8	110	สะดวก
96	144	2438	3660	8	122	หาตู้container ยาก
102	130	2591	3302	9	110	หาตู้container ยาก
130	180	3302	4572	11	152	หาตู้container ยาก
130	204	3302	5182	11	173	หาตู้container ยาก

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

ในตลาดยังมีขนาดกระจกที่เล็กกว่า และใหญ่กว่าที่กล่าวข้างต้น แต่ไม่เป็นที่นิยมซื้อขายในตลาดเนื่องจากให้ผลผลิตที่ต่ำ และมีค่าขนส่งที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการขนส่งกระจกขนาดใหญ่ และเป็นอันตราย

ดังนั้น ขนาดประตู-หน้าต่างที่ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุดคือจะต้องกำหนดขนาดความกว้างคูณความยาวที่ลงตัวด้วยหน่วยเป็นฟุต หรือ 300 มม. ให้มากที่สุด เนื่องจากจะสามารถนำ stock วัตถุดิบมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้มากที่สุด มีเศษวัสดุทิ้งน้อยที่สุด และเป็นขนาดที่เครื่องจักรสามารถนำมาแปรรูปเป็นนิรภัยฉนวนความร้อนได้ในต้นทุนการผลิตที่ตำ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย

ลักษณะการใช้งาน	ขนาดประตู-หน้าต่าง		ขนาดวัตถุดิบ	จำนวนที่ผลิต	% Utilized
บานติดตาย / หน้าต่าง	1200	1200	2438 x 3660	6	96.83
บานติดตาย / หน้าต่าง	600	1200	2438 x 3660	12	96.83
บานติดตาย / หน้าต่าง	900	1200	2439 x 3660	8	96.83
บานกระทุ้ง / ห้องน้ำ	600	450	2139 x 3302	4	95.58
บานติดตาย / ประตู	900	2100	2140 x 3302	3	
บานติดตาย / ประตู	900	2400	2438 x 3660	4	96.83
บานติดตาย	1200	2400	2438 x 3660	3	96.83

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

ตารางที่ 3.4 ขนาดกระจกแปรรูปที่ใหญ่ที่สุดที่ผลิตได้ในต้นทุนที่ต่ำ

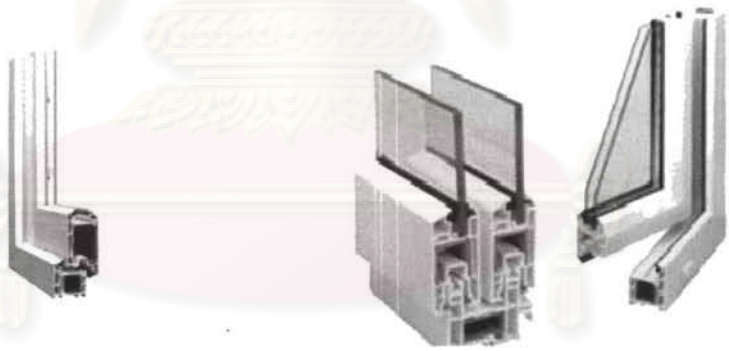
ขนาดใหญ่สุดในการแปรรูปกระจก (มม.)	
กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ (TUFF-LITE)	2440 x 5000
กระจกนิรภัยหลายชั้นลามิเนต (LAMI-LITE)	2440 x 3660
กระจกฉนวนความร้อนอินซูเลต (SPACE-LITE)	2700 x 3500

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

กระจกนิรภัยหลายชั้นลามิเนตสามารถผลิตได้ใหญ่สุดที่ 2440 x 4800 มม. และกระจกฉนวนความร้อน อินซูเลต สามารถผลิตได้ใหญ่สุดที่ 2440 x 4500 มม. แต่ขนาดที่ใหญ่เกินไป หรือเล็กเกินไป ที่ 300 x 300 มม. จะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูงกว่าขนาดข้างต้นประมาณ 20% ของราคาข้างต้น เนื่องจากว่ากระจกที่มีขนาดใหญ่ จะมีน้ำหนักค่อนข้างมาก การขนย้ายจะมีความยากลำบาก โดยเฉพาะการจัดส่งนอกโรงงาน มีความเสี่ยงแตกสูง และต้องใช้เครื่องมือพิเศษช่วยยก และเคลื่อนย้าย ส่วนขนาดที่เล็กเกินไปทำให้ต้นทุนต่อหน่วยสูงกว่า และทำให้ผลผลิตต่อชั่วโมงลดลง

3.2 การกำหนดชนิดวงกบที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

วงกบที่นำมาทำการวิจัย เป็นวงกบ UPVC มีแหล่งที่มาจากประเทศเยอรมันนี สีขาว ที่สามารถรองรับกระจกที่ความหนา 24 มม. ได้โดยไม่ต้องดัดแปลง โดยมีคุณสมบัติ ที่แข็งแรง และคงทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆได้ดี ทนไฟ มีความเป็นฉนวนที่ดี มีค่าการนำพาความร้อนต่ำ กันเสียงรบกวนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร เนื่องจากกรอบประตู-หน้าต่าง มีพื้นที่ประมาณ 10-30 % ของพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด ดังนั้น วัสดุที่นำมาทำประตู-หน้าต่างจึงต้องเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ UPVC จึงได้ถูกเลือกมาเพื่อการวิจัยครั้งนี้



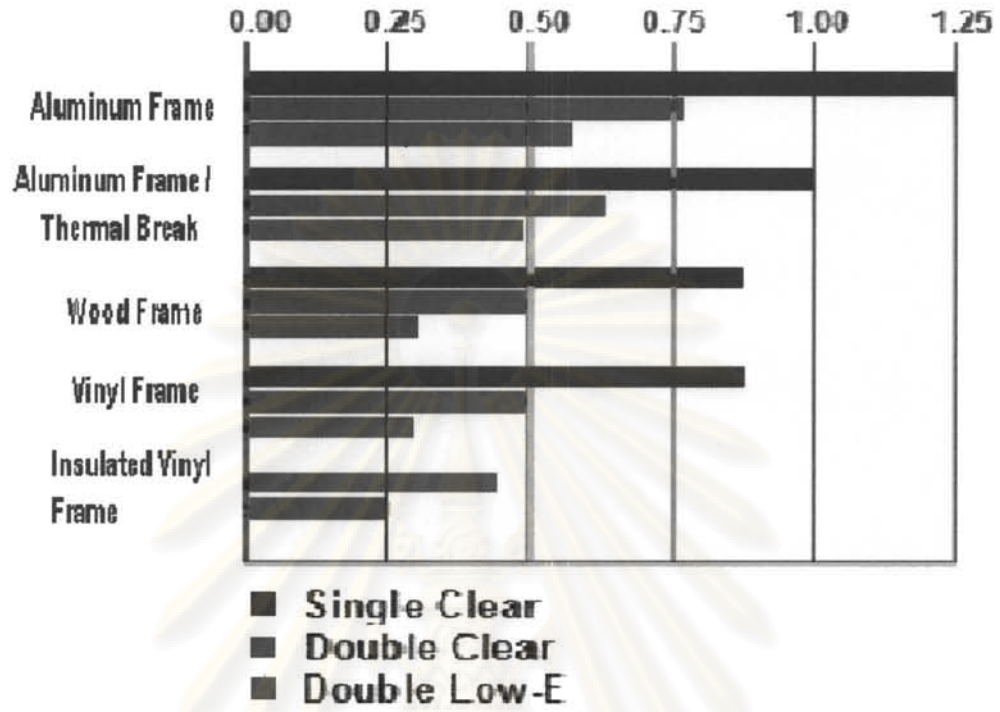
รูปที่ 3.4 วงกบบานเลื่อน และบานเปิด
แหล่งที่มา : Fenster International Co., Ltd. 2009

ตารางที่ 3.5 ค่าความต้านทานของวัสดุที่ใช้ทำวงกบประตู-หน้าต่าง

ประเภทวัสดุใช้ทำกรอบประตู-หน้าต่าง	ค่า R-Value
Aluminum	0.00086
UPVC	2.4
Wood	3.03

แหล่งที่มา : TGSG Technical Service, 2009

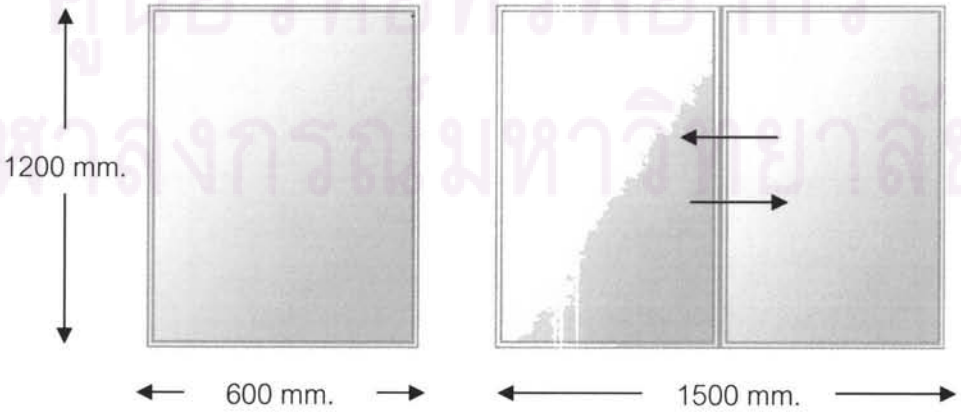
แผนภูมิที่ 3.1 U-Value Comparison



แหล่งที่มา : John Carmody et al., 2nd ed., 2000

3.3 กำหนดประเภทและขนาดหน้าต่างที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

ประเภทหน้าต่างที่ใช้เป็นตัวแทนในการวิจัยคือ หน้าต่างบานติดตาย ขนาด 600 x 1200 มม. และหน้าต่างบานเลื่อน ขนาด 1500 x 1200 มม. อย่างละ 1 บาน โดยใช้เฟรม UPVC เป็นกรอบบาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 ขนาดประตู-หน้าต่าง มาตรฐานสำหรับประเทศไทย

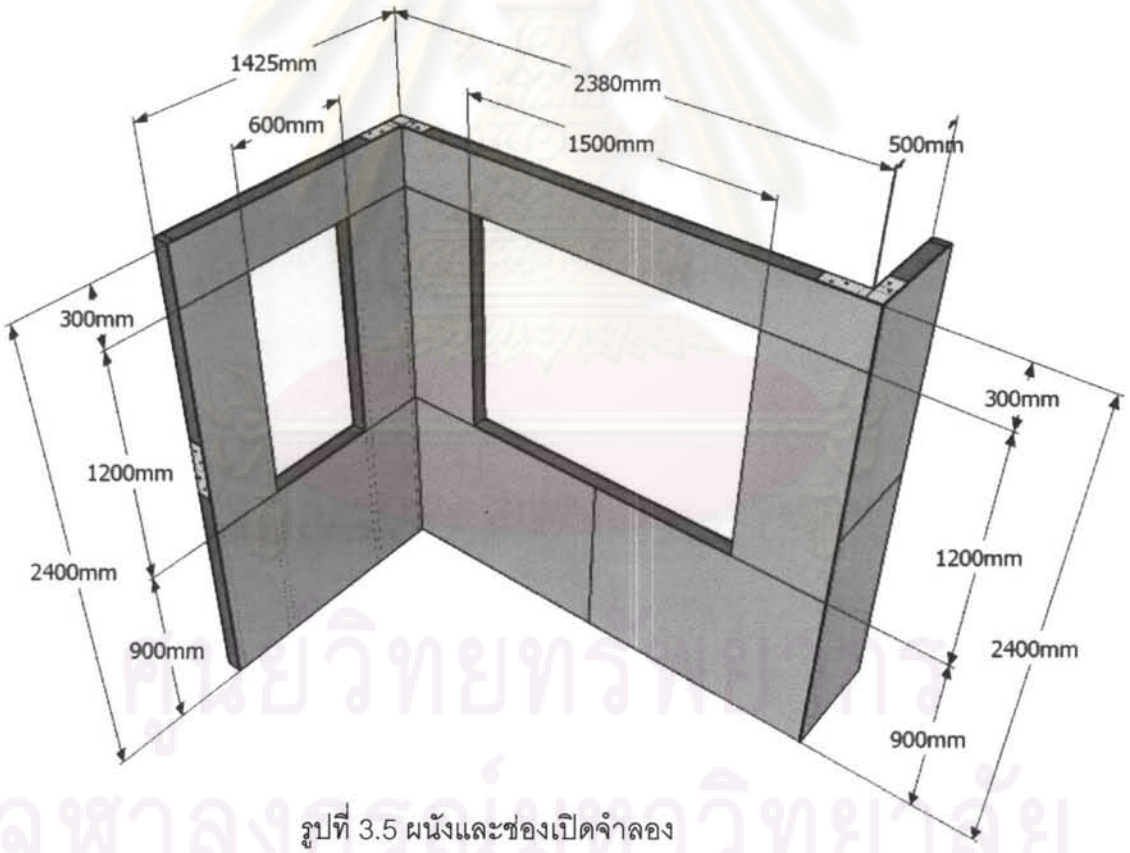
ขนาดประตู-หน้าต่างมาตรฐาน (มม.)		
ประเภท	กว้าง	สูง
บานติดตาย	600	600
บานติดตาย	600	1200
บานติดตาย	900	1200
บานติดตาย	1200	1200
บานติดตาย	1500	1200
บานติดตาย	600	2100
บานติดตาย	900	2100
บานติดตาย	1200	2100
บานติดตาย	1500	2100
บานติดตาย	600	2400
บานติดตาย	900	2400
บานติดตาย	1200	2400
บานติดตาย	1500	2400
หน้าต่างบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1200	1200
หน้าต่างบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1500	1200
ประตูบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1200	2100
ประตูบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1500	2100
ประตูบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1200	2400
ประตูบานเลื่อนคู่/เปิดคู่	1500	2400
หน้าต่างบานปิดเดี่ยว	600	1200
หน้าต่างบานปิดเดี่ยว	900	1200
ประตูบานเปิดเดี่ยว	900	2100
ประตูบานเปิดเดี่ยว	900	2400

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การกำหนดขนาดผนังจำลองและช่องเปิดอาคาร

การจำลองผนังอาคารจำลองและช่องเปิด เพื่อทำการสอบและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่แม่นยำที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด การทดลองจึงต้องอยู่ในสภาพใกล้เคียงการใช้งาน

จริง ผนังอาคารจำลองและตำแหน่งช่องเปิดจะต้องมีขนาดใกล้เคียงกับผนังอาคารที่ใช้งานจริง ในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดขนาดความสูงของผนังอาคารจำลองที่ 2400 มม. และตำแหน่งของช่องเปิดที่ระยะจากพื้นขึ้นมา 900 มม. ซึ่งเป็นระยะความสูงมาตรฐานในการใช้งานให้เหมาะกับสรีระคนไทย ผนังอาคารจำลองประกอบด้วยช่องเปิด 2 ช่อง เป็นตัวแทนในการวิจัยโดยมีขนาด 600 มม. x 1200 มม. โดยกำหนดให้ช่องเปิดมีขนาด 610 x 1210 ซึ่งมีขนาดที่กว้างกว่าขนาดหน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน ด้านละ 10 มม. ปรับระดับให้ได้ฉากทั้งสี่ด้าน ช่องเปิดต้องไม่เอียง บิดเบี้ยว เริ่มโดยการวัดระยะจากช่องผนังที่เตรียมไว้โดยการวัดหาค่าเฉลี่ย 3 จุด เผื่อระยะการติดตั้ง โดยเลือกใช้วัสดุประเภทไม้มาเป็นโครงสร้างผนังอาคารจำลอง เพราะมีน้ำหนักเบา และใช้เวลาน้อยในการก่อสร้าง



รูปที่ 3.5 ผนังและช่องเปิดจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.6 แสดงการติดตั้งตัวแทนหน้าต่างมาตรฐาน

3.5 การกำหนดขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

การทดสอบความน่าเชื่อถือในการบันทึกและเก็บข้อมูลนั้น ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การบันทึกและเก็บข้อมูลต้นทุนประตู-หน้าต่างจากอาคารบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา จำนวน 11 โครงการ จัดกลุ่มขนาดบ้านเดี่ยวเป็น บ้านเดี่ยวขนาดเล็กที่มีพื้นที่ใช้สอย ไม่เกิน 300 ตารางเมตร บ้านเดี่ยวขนาดกลาง มีพื้นที่ใช้สอยระหว่าง 300-600 ตารางเมตร และบ้านเดี่ยวขนาดใหญ่ มีพื้นที่ใช้สอย มากกว่า 600 ตารางเมตรขึ้นไป นำมาเทียบกับ ประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน ก่อนการบันทึกเก็บข้อมูลนั้น ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยการบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้กระจกหน่วยเป็นตารางเมตรจากอาคารก่อสร้างจริง จำนวน 11 โครงการกรณีศึกษา ที่ใช้วัสดุกระจกประเภทเดียวกันคือเป็นกระจกประหยัดพลังงานความหนา 24 มม. ซึ่ง

ประกอบด้วยกระจกแผ่นนอกอาคารเป็นกระจก Heat Strengthen สีเขียว Low-E surface 2 มีช่องว่างอากาศกว้าง 12 มม. บรรจุอาร์กอนก๊าซ 90% และกระจกภายในอาคารเป็นกระจกนิรภัยลามิเนตใสความหนา 6.38 มม. นำขนาดและจำนวนมาทำการคำนวณประสิทธิภาพการใช้วัสดุด้วย program xopt optimization โดยคิดการตัดขอบ เป็นวิธีการคำนวณมาตรฐานเดียวกันทั้ง 11 อาคารกรณีศึกษา โดยอยู่ใน 4 รูปแบบการใช้งานที่ได้คัดเลือกไว้คือบานกระทุ้ง บานเลื่อน บานติดตาย และบานเปิด เนื่องจากว่าประเภทการใช้งานจะใช้อุปกรณ์ประเภทต่างๆที่จำนวนที่ต่างกันจึงส่งผลต่อราคาของประตู-หน้าต่างทั้งโครงการที่ต่างกัน ดังนั้นจึงคิดต้นทุนอุปกรณ์เป็นชุดมาตรฐานรวมเข้าไปกับตารางเมตรการใช้งาน

สำหรับวงกบประตู-หน้าต่าง UPVC ที่ใช้ในการวิจัย จะต้องมาจากแหล่งเดียวกัน คือเป็นเฟรมที่มาจากประเทศเยอรมันนี ยี่ห้อเดียวกัน และสีขาวเท่านั้น และเฟรม UPVC ที่นำมาทำการวิจัยจะต้องสามารถรองรับกระจกที่ความหนา 24 มม.ได้โดยไม่ดัดแปรง UPVCจะคิดเป็นเส้นที่ความยาว 6 เมตร ใช้ software optimization สำหรับกรอบประตู-หน้าต่าง ทำการคำนวณประสิทธิภาพการใช้วัสดุ เช่นเดียวกับการคำนวณกระจก

2. การบันทึกและเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการประกอบติดตั้งประตู-หน้าต่างทั่วไปกับประตูหน้าต่างมาตรฐาน ก่อนทำการทดลองและเก็บข้อมูลนั้น ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของผนังจำลอง ช่องเปิด และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการเก็บข้อมูลจะต้องจัดเก็บข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกันกับทุกกลุ่มทดลอง โดยแบ่งอุปกรณ์เครื่องมือเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบติดตั้ง ประตู-หน้าต่าง และเครื่องมือบันทึกข้อมูลเวลา

เครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง ก่อนที่จะให้กลุ่มทดลองทำการติดตั้งนั้น จะต้องมีทดสอบว่า สว่าน ดอกสว่านหัวเจาะ สว่านหัวขันสกรูและสกรู อยู่ในสภาพ และตำแหน่งพร้อมใช้งานเท่าเทียมกันกับทุกกลุ่มทดลอง

ในส่วนเครื่องมือเก็บบันทึกเวลา นาฬิกาที่ใช้จับเวลา แบบฟอร์มและผู้ที่ทำการบันทึกเวลาจะต้องใช้วิธีการจดบันทึกเวลาแบบเดียวกันและใช้นาฬิการเครื่องเดียวกัน เพื่อให้มีความเท่าเทียมกันกับทุกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบผลการสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย

<u>การทดสอบที่ 1 การทดสอบต้นทุนประตู-หน้าต่างมาตรฐาน</u>

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการใช้วัสดุประเภทกระจก โดยกำหนดตัวแทนอาคารกรณีศึกษาที่ใช้กระจกประหยัดพลังงานความหนา 24 มม. จำนวน 11 โครงการกรณีศึกษาที่สร้างตั้งแต่เดือนมกราคม 2551 ถึงเดือนธันวาคม 2551 โดยการ นำขนาดและจำนวนประตู-หน้าต่างที่ใช้ในแต่ละโครงการกรณีศึกษา มาคำนวณหาปริมาณพื้นที่กระจกที่ต้องใช้ทั้งอาคารเทียบกับปริมาณพื้นที่วัสดุที่นำมาผลิตเป็นกระจกประหยัดพลังงาน ทำให้ครบทุกโครงการกรณีศึกษา และหาค่าเฉลี่ยการใช้วัสดุอย่างเต็มประสิทธิภาพ

เริ่มเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยการจัดทำประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ดังนี้

1. คำนวณหาประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ

- จัดกลุ่มบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา 11 หลังด้วยการกำหนดพื้นที่ใช้สอยของบ้านเดี่ยว
  - บ้านเดี่ยวขนาดเล็ก พื้นที่ใช้สอย เริ่มตั้งแต่ 100-300 ตารางเมตร
  - บ้านเดี่ยวขนาดกลาง พื้นที่ใช้สอย เริ่มตั้งแต่ 300-600 ตารางเมตร
  - บ้านเดี่ยวขนาดใหญ่ พื้นที่ใช้สอย เริ่มตั้งแต่ 600 ตารางเมตรเป็นต้นไป
- บันทึกพื้นที่ช่องเปิดประตู-หน้าต่างตามรูปแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้โดยบันทึกจำนวนตารางเมตรและจำนวนบานช่องเปิดที่ใช้
- เปรียบเทียบพื้นที่ช่องเปิดที่บันทึกได้กับพื้นที่ใช้สอยอาคาร หน่วยเป็นเปอร์เซ็น
- นำพื้นที่ช่องเปิดที่บันทึกมาได้ นำมาคำนวณด้วย program xopt optimization เพื่อหาปริมาณหน่วยเป็นตารางเมตรของวัสดุที่ต้องนำมาใช้ในการผลิต จากนั้นเทียบ

ประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบด้วยการ นำปริมาณพื้นที่กระจกที่ใช้จริงหารด้วยปริมาณพื้นที่ของวัตถุดิบที่นำมาผลิต คูณด้วย 100

2. คำนวณหาประสิทธิภาพด้านแรงงาน ทำการคำนวณต้นทุนแรงงาน ด้วยการคำนวณผลผลิตที่ได้ต่อชั่วโมงของประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐานเทียบกับประตู-หน้าต่างมาตรฐาน จำนวนแรงงานที่ใช้

3. คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตและการขนส่ง ด้วยการบันทึกค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานเพื่อการผลิตประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐานเทียบกับประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

จากนั้น สร้างแผนภูมิเปรียบเทียบ เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ว่าตัวแทนอาคารกรณีศึกษาที่ไม่ได้ใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐานมีต้นทุนสูงกว่า อาคารที่ใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐานเท่าไหร่ จากต้นทุนด้านวัสดุ แรงงาน และ พลังงาน อยู่ที่สัดส่วนเท่าไหร่ และเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นระหว่าง ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน กับ ประตูหน้าต่างอลูมินั่มและกระจกสีเขียว 6 มม.

อุปกรณ์ที่ใช้คือ ตัวอย่างอาคารที่อยู่อาศัยที่ใช้กระจกฉนวนความร้อน ความหนา 24 มม. ในช่วงเวลา ตั้งแต่เดือน มกราคา – ธันวาคม 2551 จำนวน 11 โครงการกรณีศึกษา และ program xopt optimization เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพในการใช้วัสดุ

<u>การทดสอบที่ 2 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง</u>

เป็นการทดสอบเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง ตัวแทนประตู-หน้าต่างมาตรฐานที่กำหนดมี 2 ขนาด คือหน้าต่างบานติดตายที่ขนาด 600 x 1200 มม. และหน้าต่างบานเลื่อสลับขนาด 1500 x 1200 มม. โดยติดตั้งหน้าต่างบานเลื่อนสลับก่อนพร้อมบันทึกเวลาในการติดตั้ง และตามด้วยหน้าต่างบานติดตาย พร้อมทั้งบันทึกเวลาในการติดตั้งหน้าต่างบานติดตาย ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างต่างๆ กลุ่มละ 2 ตัวอย่าง โดยกำหนดจำนวน 2 คน ต่อกลุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

1. ช่างติดตั้งกระจก UPVC จำนวน 2 คนต่อกลุ่ม เป็นจำนวน 2 กลุ่ม
2. ช่างติดตั้งกระจก Aluminum จำนวน 2 คนต่อกลุ่ม เป็นจำนวน 2 กลุ่ม
3. ช่างก่อสร้างทั่วไป จำนวน 2 คนต่อกลุ่ม เป็นจำนวน 2 กลุ่ม
4. พนักงานในสำนักงาน ชาย จำนวน 2 คนต่อกลุ่ม เป็นจำนวน 2 กลุ่ม

เริ่มเก็บข้อมูล ด้วยการบันทึกเวลาเป็นนาที โดยตั้งเครื่องจับเวลาที่ 0.00 เมื่อกลุ่มตัวอย่างพร้อม เริ่มจับเวลาจนกระทั้งกลุ่มตัวอย่างติดตั้งเสร็จเรียบร้อย และตัวแทนหน้าต่างสามารถใช้งานได้จริง ไม่ติดขัด

หลังจากการบันทึกเวลาครบทั้ง 8 กลุ่มทดลองเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่บันทึกได้มาสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบ 4 กลุ่มตัวอย่าง กับวิธีการติดตั้งแบบเก่า เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ว่าตัวแทนหน้าต่างมาตรฐานสามารถติดตั้งได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และใช้คนงานที่น้อยกว่า

อุปกรณ์ที่ใช้คือ ผนังอาคารจำลอง ตัวแทนหน้าต่างบานติดตาย ขนาด 600 x 1200 มม. 1 บาน และตัวแทนหน้าต่างบานเลื่อนขนาด 1500 x 1200 มม. 1 ชุด นาฬิกาจับเวลา สว่านไฟฟ้า ดอกเจาะ สกรู ฆ้อนยาง คู่มือการติดตั้งกระจก

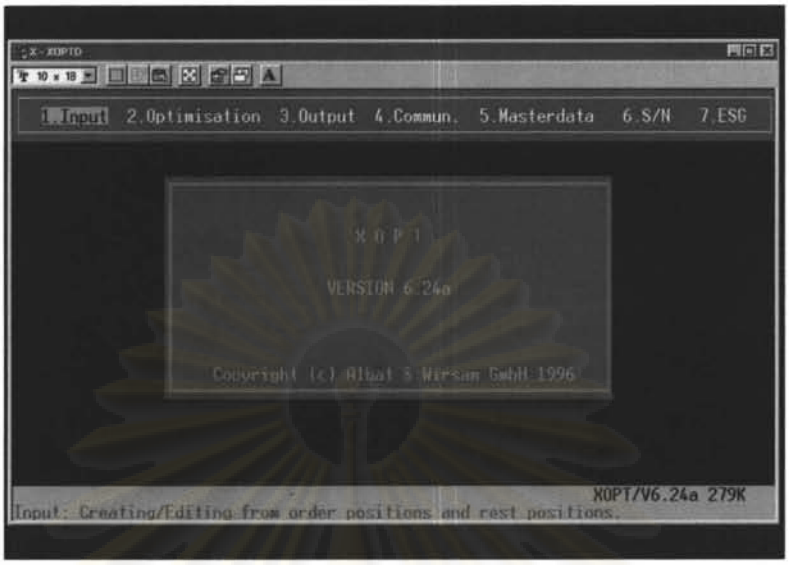
รูปที่ 3.7 หน้าต่างบานติดตาย

รูปที่ 3.8 หน้าต่างบานเลื่อนขนาด

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและบันทึกข้อมูล

1. Computer และ Software xopt optimization

เป็น Program ที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพในการใช้วัสดุ และปริมาณวัสดุที่จะนำมาเพื่อการผลิต หลักการคำนวณโดยการป้อนขนาดความกว้าง ความสูง หน่วยเป็นมิลลิเมตร และจำนวนบาน ของประตู-หน้าต่าง ที่ต้องการใช้ จากนั้นใส่ขนาดความกว้างและความสูงของขนาดวัตถุดิบที่จะนำมาผลิต คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณ และให้ผลประสิทธิภาพการใช้วัสดุหน่วยเป็น % Yield และปริมาณวัสดุที่ต้องใช้หน่วยเป็นจำนวนแผ่น



2. สว่าน ดอกเจาะ สกรู ฆ้อนยาง และ นาฬิกา

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง โดยที่สว่านและดอกเจาะมีไว้เจาะช่องเปิดเพื่อให้สามารถยึดวงกบกับช่องเปิดที่เตรียมไว้ได้ จากนั้นก็ใช้สว่านขันสกรูวงกบให้ติดกับช่องเปิดที่ได้ทำการเจาะไว้แล้ว ทำการใส่บานกระจกให้ได้ตามตำแหน่ง ใช้ฆ้อนยางตีเบาๆ เพื่อให้บานกระจกเข้าที่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง นาฬิกาจับเวลาทำการบันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มจนติดตั้งเสร็จเรียบร้อยและใช้งานได้

รูปที่ 3.9 นาฬิกาจับเวลา

3.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้วัสดุ จำนวนแรงงาน และพลังงาน ของแต่ละอาคารกรณีศึกษาเทียบกับการประตู-หน้าต่างมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นให้กับอาคาร และเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ระหว่างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน กับ วงกบอลูมินั่มและกระจกสีเขียว 6 มม.

3. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ประตู-หน้าต่าง ระหว่างประตู-หน้าต่างแบบเก่า กับประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน เริ่มบันทึกเวลาตั้งแต่หน้างานพร้อมเข้าทำการจนถึงประตู-หน้าต่างได้ติดตั้งเสร็จ
4. เปรียบเทียบระยะเวลาติดตั้งกระจกใน 1 บานของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ระหว่างประตู-หน้าต่างแบบเก่า กับประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน

3.8 สรุปผลการทดสอบ

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางด้านประสิทธิภาพการใช้วัสดุ แรงงาน และพลังงาน และระยะเวลาในการติดตั้งมาพิจารณาร่วมกันเพื่อทำการคำนวณต้นทุนประตูหน้าต่างมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบ ต้นทุนวัสดุ ต้นทุนแรงงาน แล้วนำผลที่ได้มานำเสนอในรูปแบบของแผนภูมิเปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ต่อไป

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ ระยะเวลาในการผลิตและติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน เทียบกับประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน มานำเสนอในรูปแบบของแผนภูมิเปรียบเทียบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ต่อไป

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ ระยะเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน เทียบกับประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน ในแต่ละบาน มานำเสนอในรูปแบบของแผนภูมิเปรียบเทียบและตารางแสดงผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์

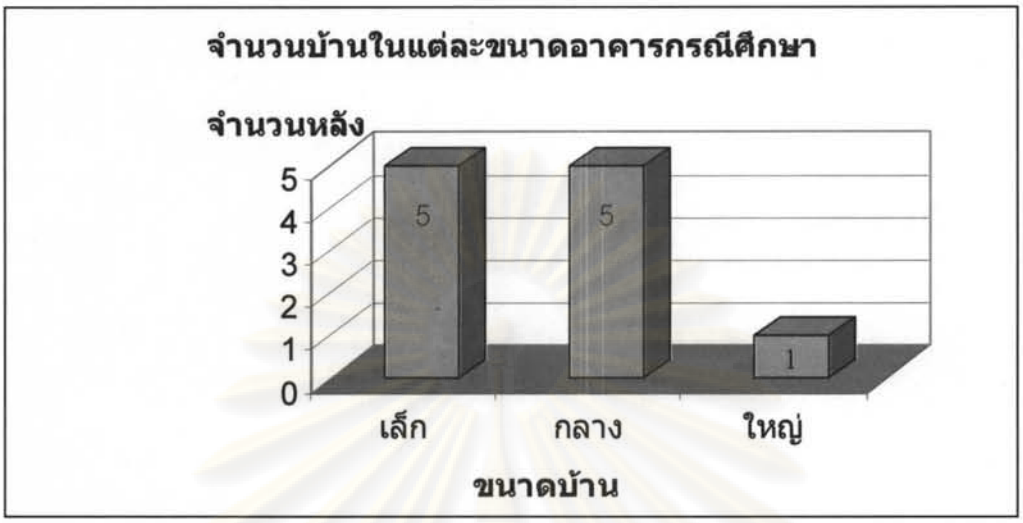
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตประตู-หน้าต่างมาตรฐาน จากตัวแปรหลัก 3 ตัวแปร คือ วัสดุหลัก ประกอบด้วยกระจกและเฟรมพีวีซี แรงงาน และ พลังงานที่ใช้ในการผลิตและขนส่ง หน่วยเป็นบาทต่อตารางเมตรได้อย่างประสิทธิภาพของประตู-หน้าต่างมาตรฐาน เมื่อเทียบกับประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน

อุปกรณ์ที่ใช้คือ ตัวอย่างอาคารบ้านเดี่ยว จำนวน 11 โครงการกรณีศึกษา ที่ตั้งในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ที่ติดตั้งประตู-หน้าต่าง ตั้งแต่เดือน มกราคา – ธันวาคม 2551 และ xopt program

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นการใช้กระจกต่อพื้นที่ใช้สอย

อาคาร กรณีศึกษา	ขนาดบ้านเดี่ยว	พื้นที่ใช้สรอย ตรม.	ปริมาณพื้นที่กระจก/โครงการ ตรม.
A	ขนาดเล็ก	206	96.62
B	ขนาดเล็ก	289	128.83
C	ขนาดกลาง	398	217.40
D	ขนาดกลาง	485	193.25
E	ขนาดกลาง	325	112.73
F	ขนาดเล็ก	105	24.16
G	ขนาดใหญ่	787	305.98
H	ขนาดเล็ก	198	96.62
I	ขนาดเล็ก	128	40.26
J	ขนาดกลาง	365	185.20
K	ขนาดกลาง	342	185.20
ค่าเฉลี่ย		329.82	144.20



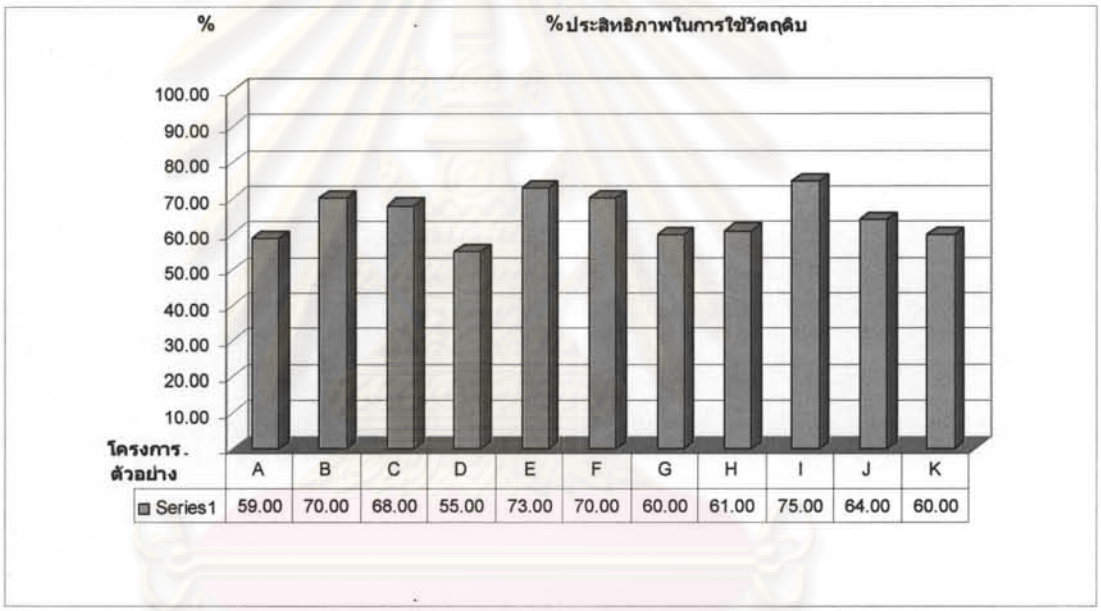
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงจำนวนอาคารกรณีศึกษาในแต่ละขนาด

จากการเก็บขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 อาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ

โครงการตัวอย่าง	จำนวนพื้นที่ที่ใช้จริง ตรม.	% Utilized ที่ไม่ใช่มาตรฐาน	% Utilized ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน
A	96.62	59.00	96
B	128.83	70.00	96
C	217.40	68.00	96
D	193.25	55.00	96
E	112.73	73.00	96
F	24.16	70.00	96
G	305.98	60.00	96
H	96.62	61.00	96
I	40.26	75.00	96
J	185.20	64.00	96
K	185.20	60.00	96
ค่าเฉลี่ย	144.20	65.00	96

การเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2551 คัดเลือกเฉพาะอาคารที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว ที่ใช้กระจกนิรภัยฉนวนความร้อนความหนา 24 มม. และใช้วงกบ UPVC พบว่า โครงการที่ใช้ประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน จะมีประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบอยู่ที่ 55 – 75 % หรือโดยเฉลี่ยที่ 65% ของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต วัตถุดิบที่เหลือจากการผลิตจะไม่สามารถนำมาใช้กับโครงการอื่นๆได้ เนื่องจากขนาดที่เหลือจากเศษทิ้งมีขนาดที่เล็กและหลากหลายยุ่งยากในการจัดเก็บและจำหน่าย จึงจำเป็นต้องทำลายทิ้งประมาณ 25 – 45 % ของปริมาณวัตถุดิบ เมื่อเทียบกับ ประตู – หน้าต่างมาตรฐาน ซึ่งมีประสิทธิภาพในใช้วัตถุดิบสูงถึง 96 % ของวัตถุดิบที่นำมาผลิต



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงปรระสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ

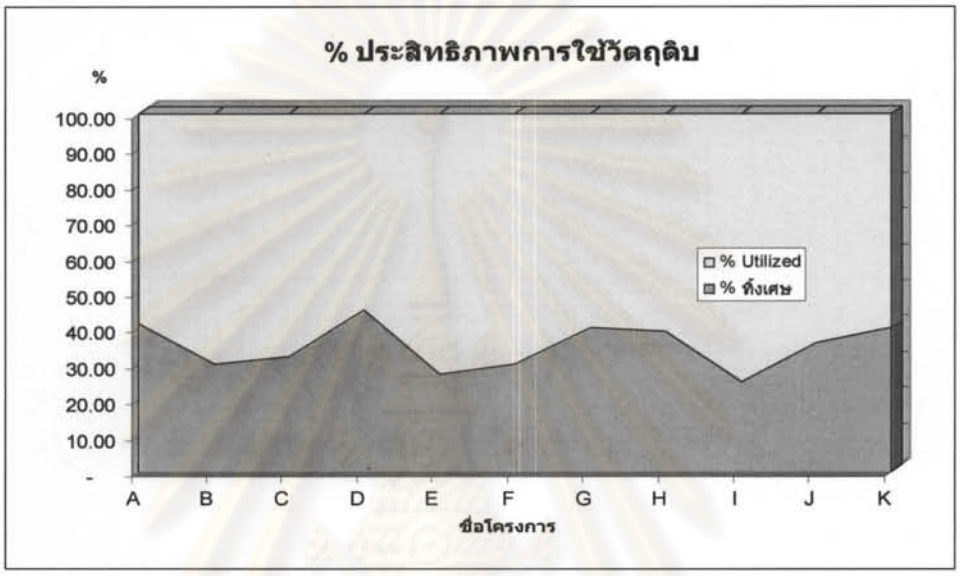
ปริมาณเศษวัตถุดิบที่ทิ้ง จะถูกนำมาคำนวณกลับเข้าไปในราคาต้นทุน ดังนั้นการลดต้นทุนประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงาน คือการใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการหนึ่งที่จะนำวัตถุดิบมาใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพคือ การสร้างเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างอาคารให้มีขนาดมาตรฐานสำเร็จรูป จากผลการวิจัยจะเห็นว่าประตู-หน้าต่างมาตรฐานจะมีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า 30% คำนวณได้จาก

$$\%\text{ต้นทุนการผลิตที่ลดลง} = \frac{\text{ต้นทุนไม่มาตรฐาน-มาตรฐาน (บาท)} \times 100}{\text{ต้นทุนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน(บาท)}}$$

= (1,649 ,980.94 -1,115,805.49 /1,649,980.94)x 100

= 32.37%

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ



ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ

	ต้นทุนวัสดุรวม	
อาคารกรณีศึกษา	มาตรฐาน (บาท)	ไม่เป็นมาตรฐาน (บาท)
A	507,529.64	717,096.79
B	676,706.18	881,198.04
C	1,141,941.69	1,508,843.02
D	1,015,059.28	1,473,315.95
E	592,117.91	753,469.75
F	126,882.41	166,427.13
G	1,607,177.19	2,251,528.06
H	507,529.64	706,946.20
I	211,470.68	265,818.35
J	972,765.14	1,324,440.59
K	972,765.14	1,363,351.20
ค่าเฉลี่ย	757,449.54	1,037,494.10
% ที่ลดลง		26.99

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

อาคารกรณีศึกษา	ต้นทุนกระจก		ต้นทุนเฟรม	
	มาตรฐาน	ไม่เป็นมาตรฐาน	มาตรฐาน	ไม่เป็นมาตรฐาน
A	250,256.16	354,341.19	211,872.28	298,739.91
B	333,674.88	435,257.34	282,496.37	367,245.28
C	563,076.36	744,740.80	476,712.62	629,260.66
D	500,512.32	727,222.86	423,744.55	614,429.60
E	291,965.52	372,276.21	247,184.32	313,924.09
F	62,564.04	82,813.25	52,968.07	68,858.49
G	792,477.84	1,110,948.98	670,928.87	939,300.42
H	250,256.16	349,336.06	211,872.28	294,502.46
I	104,273.40	131,821.75	88,280.12	110,350.14
J	479,657.64	653,814.39	406,088.53	552,280.40
K	479,657.64	673,000.70	406,088.53	568,523.94
ค่าเฉลี่ย	373,488.36	512,324.87	316,203.32	432,492.31
% ที่ลดลง		27.10		26.89

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบต้นทุนแรงงานที่ใช้ในการผลิตและติดตั้ง

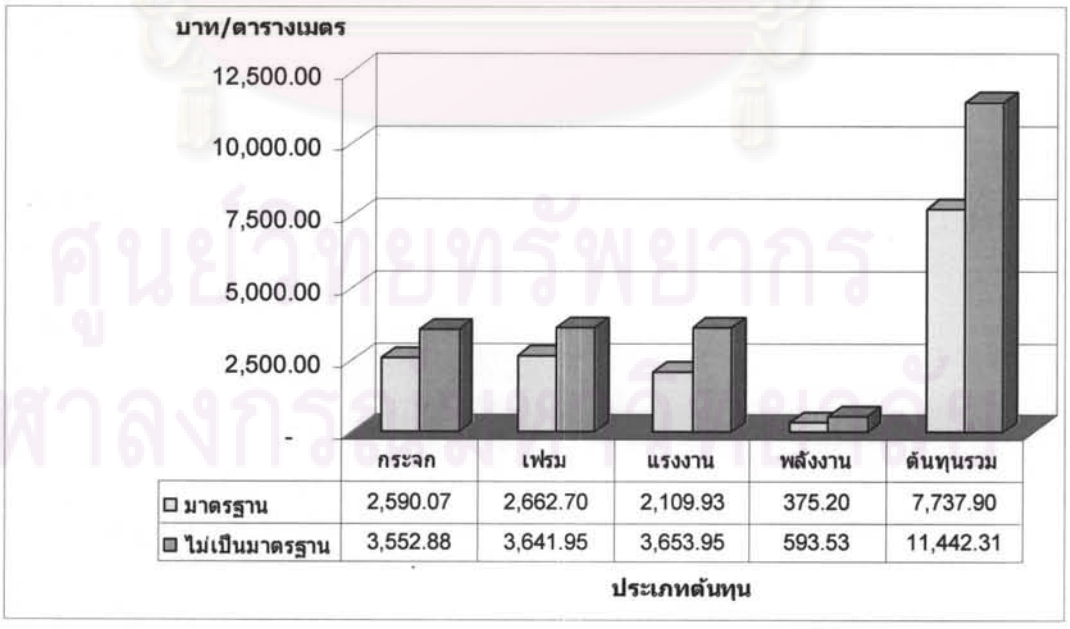
อาคารกรณีศึกษา	ต้นทุนแรงงานรวม	
	มาตรฐาน	ไม่เป็นมาตรฐาน
A	203,864.56	370,903.30
B	271,819.42	432,537.34
C	458,695.26	748,929.60
D	407,729.12	775,625.00
E	237,841.99	363,674.62
F	50,966.14	81,100.75
G	645,571.11	1,161,140.67
H	203,864.56	362,448.70
I	84,943.57	126,361.04
J	390,740.41	670,386.37
K	390,740.41	702,795.67
ค่าเฉลี่ย	304,252.41	526,900.28
% ที่ลดลง		42.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตและติดตั้ง

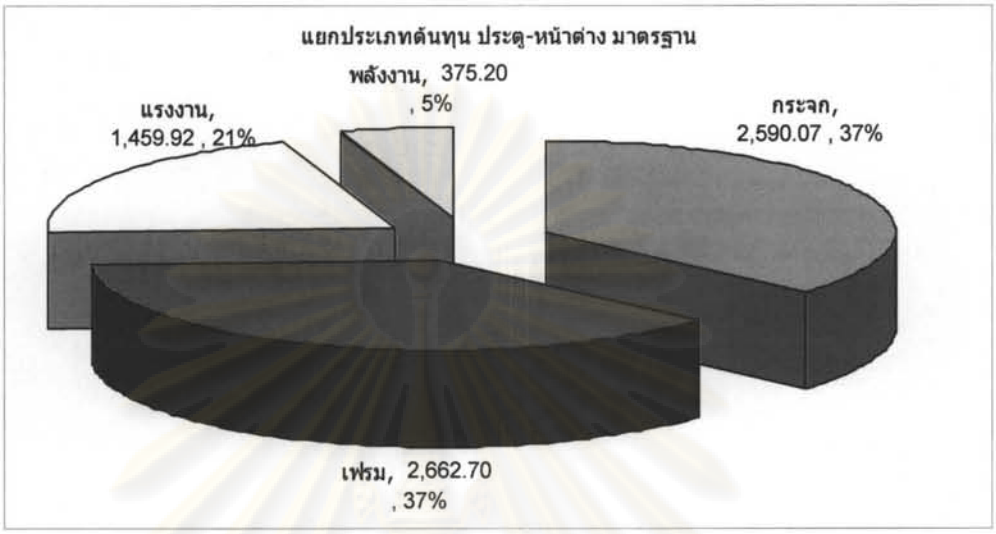
อาคารกรณีศึกษา	ต้นทุนพลังงาน	
	มาตรฐาน	ไม่เป็นมาตรฐาน
A	36,252.12	58,471.62
B	48,336.16	72,609.95
C	81,567.26	124,087.95
D	72,504.23	119,737.70
E	42,294.14	62,278.09
F	9,063.03	16,419.17
G	114,798.37	183,783.11
H	36,252.12	57,746.58
I	15,105.05	26,539.55
J	69,483.22	108,499.54
K	69,483.22	111,278.87
ค่าเฉลี่ย	54,103.54	85,586.56
% ที่ลดลง		36.79

แผนภูมิที่ 4.4 ต้นทุนรวมประตู-หน้าต่าง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.5 แยกประเภทต้นทุนประตู-หน้าต่างมาตรฐาน



ผลการเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของต้นทุนที่ใช้ในการผลิตประตู-หน้าต่างขนาดมาตรฐานกับ การติดตั้งแบบเดิม พบว่าประตู-หน้าต่างขนาดมาตรฐานสามารถลดต้นทุนลงได้เฉลี่ยถึง 32.37% หรือมากกว่านั้น โดยแยกได้ดังนี้คือ

1. ต้นทุนวัตถุดิบ สามารถลดได้เฉลี่ยที่ 26.99 %
2. ต้นทุนแรง สามารถลดลงได้เฉลี่ยที่ 42.26%
3. ต้นทุนพลังงาน สามารถลดลงได้เฉลี่ยที่ 36.79 %

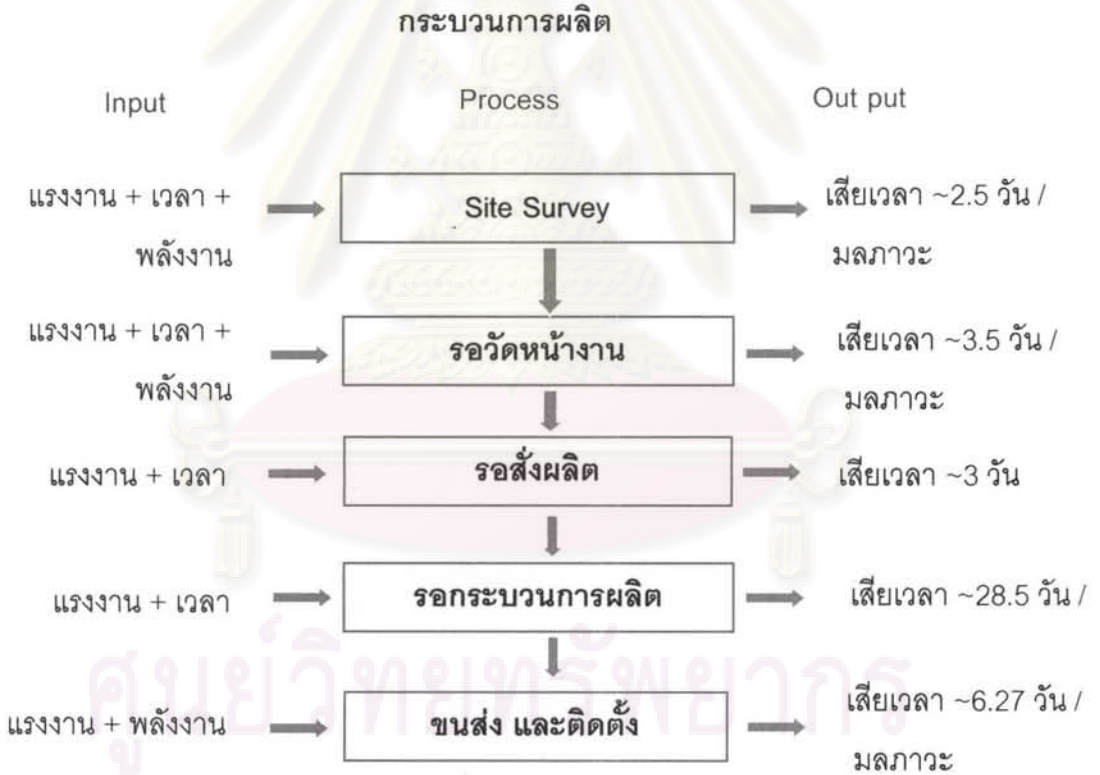
ดังนั้น ประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทยจึงเหมาะสำหรับใช้ในการติดตั้งอาคารที่อยู่อาศัย เนื่องจากเป็นวัสดุก่อสร้างคุณภาพสูง ประหยัดพลังงาน ติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว และมีราคาที่ถูกกว่าแบบที่ไม่ใช่มาตรฐานถึง 32.37%

4.1.2 ผลการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนคือ การวิจัยระยะเวลาที่ใช้ผลิตและติดตั้งประตู-หน้าต่าง เริ่มตั้งแต่เข้าหน้างาน จนถึงติดตั้งเสร็จ และการวิจัยเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน

4.1.2.2 เวลาที่ใช้ในการประกอบติดตั้งประตู-หน้าต่างทั่วไป

จากการเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษาจำนวน 11 หลัง พบว่าบ้านแต่ละหลัง จะใช้เวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ช่างฝีมือแรงที่ไม่เพียงพอ ณ.เวลานั้นๆ ความพร้อมของหน้างาน และการเปลี่ยนแปลงของเจ้าของอาคาร รวมถึงช่างก่อสร้างทั่วไปไม่มีความละเอียดพอที่จะมาติดตั้งประตู-หน้าต่างนิรภัยประหยัดพลังงานที่ความหนา 24 มม.ได้ และระยะเวลาในการผลิตประตู-หน้าต่าง วัตถุดิบไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นผลมาจากความหลากหลายของขนาด ประตู-หน้าต่าง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง ต้องใช้เวลามากขึ้นในการผลิต ผู้ติดตั้งเองก็เกิดความสับสนในประตู-หน้าต่างแต่ละชุดที่ดูคล้ายกัน แต่มีขนาดที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย



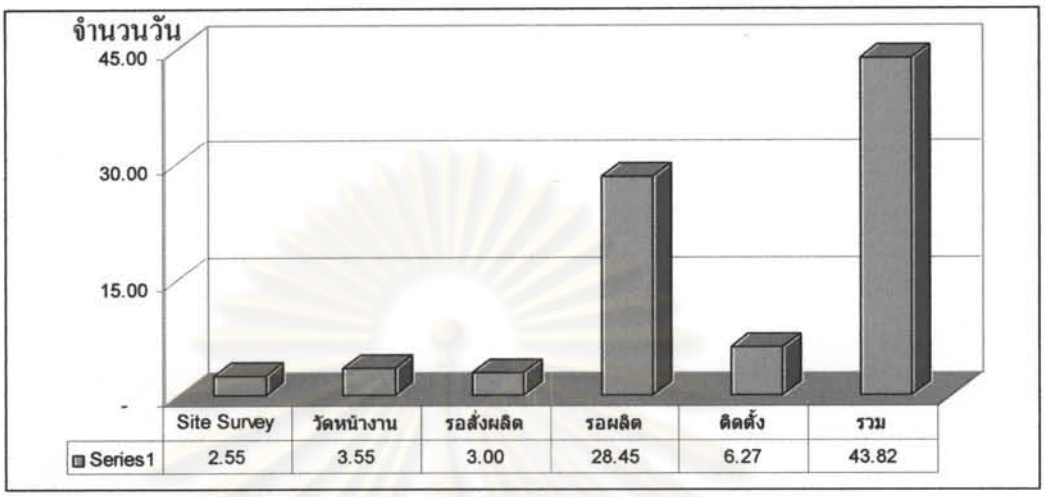
การจับเวลากลุ่มตัวอย่างเริ่มนับตั้งแต่วันแรกที่เข้าทำการสำรวจหน้างาน วัดขนาดช่องเปิด สั่งการผลิต และนำไปประกอบติดตั้งจนแล้วเสร็จ และสามารถใช้งานได้โดยไม่รวมเวลาที่ใช้ในการยาแนวปิดรอยรั่วซึม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.5 เวลาที่ใช้เฉลี่ยแยกตามประเภท

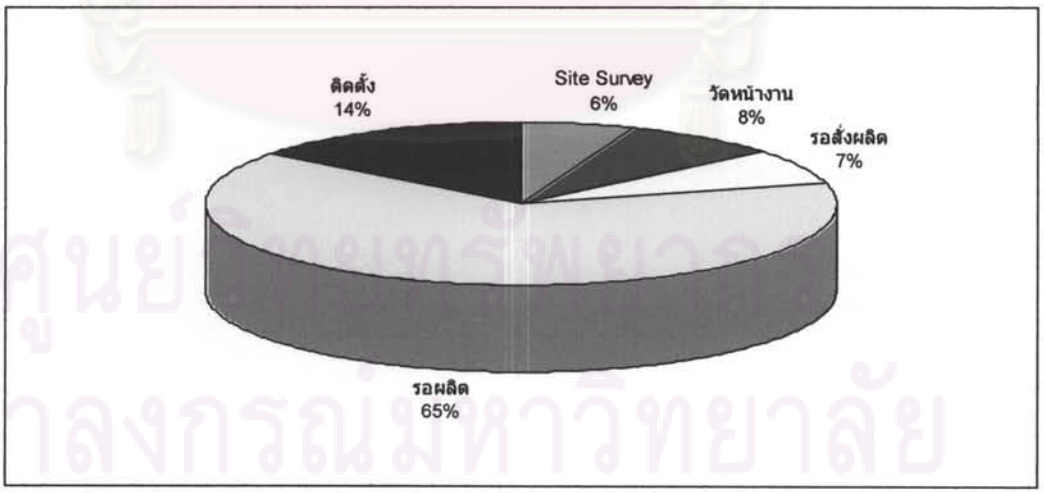
อาคาร กรณีศึกษา	เวลารวม (วัน)	จำนวนบาน ประตู-หน้าต่าง	Site Survey (วัน)	วัดหน้างาน (วัน)	รอสั่งผลิต (วัน)	รอผลิต (วัน)	ติดตั้ง (วัน)
A	48.00	27	2	3	3	33.00	7.00
B	28.00	44	2	5	3	11.00	7.00
C	90.00	36	3	4	3	71.00	9.00
D	35.00	19	2	2	3	23.00	5.00
E	49.00	31	2	4	3	32.00	8.00
F	18.00	10	2	2	3	9.00	2.00
G	42.00	47	3	5	3	24.00	7.00
H	36.00	11	2	2	3	26.00	3.00
I	20.00	13	2	3	3	9.00	3.00
J	60.00	36	5	5	3	38.00	9.00
K	56.00	34	3	4	3	37.00	9.00
รวม 11 อาคาร	43.82	28.00	2.55	3.55	3.00	28.45	6.27

แผนภูมิที่ 4.6 เวลาที่ใช้เฉลี่ยแยกตามประเภท



จากการเก็บข้อมูล พบว่าประตู-หน้าต่างที่ไม่ได้มาตรฐานจะมีปัญหาหน้างานค่อนข้างมาก ตั้งแต่ระยะช่องเปิดที่ไม่ได้มาตรฐานหน้างานไม่มีความพร้อม มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูง คนงานไม่สามารถควบคุมได้ สถานที่ไม่อำนวยในการทำงาน วันหยุด และอุบัติเหตุประตู-หน้าต่างเสียหายหน้างาน และสุดท้ายมีความผิดพลาดในการผลิตประตู-หน้าต่าง ทั้งหมดนี้ ทำให้การทดแทนความเสียหายจากการผลิต และความเสียหายจากอุบัติเหตุหน้างาน ทำให้ต้องรอ ประตู-หน้าต่างทดแทนอย่างน้อย 5-10 วันทำการ

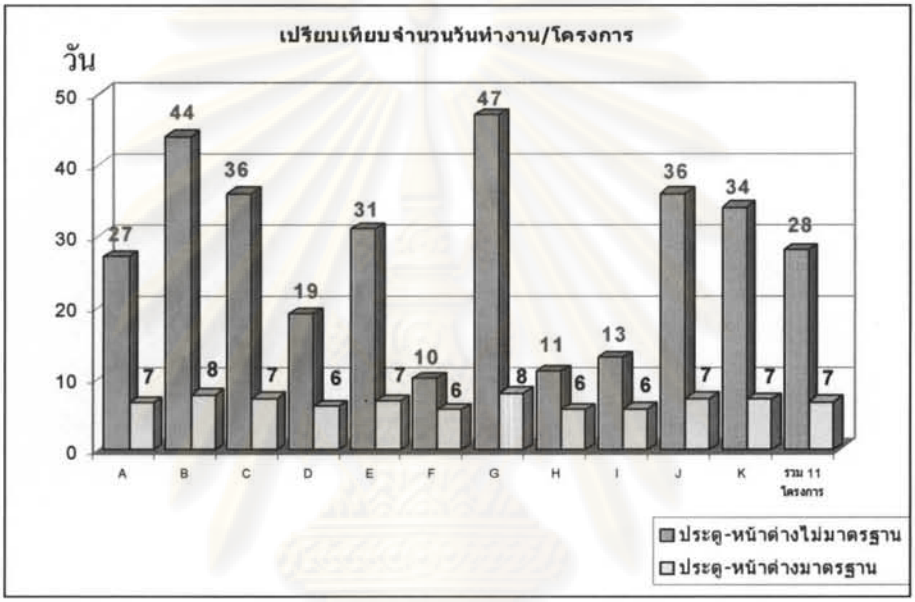
แผนภูมิที่ 4.7 เวลาเฉลี่ยแยกตามประเภทในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง



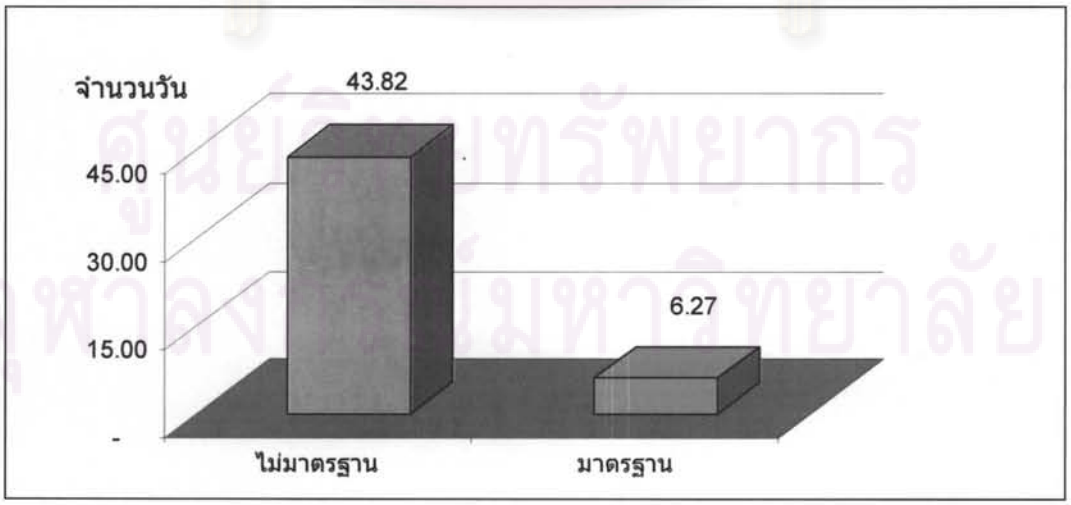
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่สูญเสียไปโดยมาก จะมาจากการรอคอยการผลิตประตูหน้าต่าง จะเห็นว่าจะสูญเสียเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่างในช่วงของการรอคอยการผลิตสูงถึง 65% ของเวลาทั้งหมด ประตู-หน้าต่างมาตรฐานสามารถลดเวลาสูญเปล่าจากการรอคอย การวัดหน้างานลงได้เฉลี่ย 84.60 เปอร์เซ็นต์

แผนภูมิที่ 4.8 เปรียบเทียบจำนวนวันทำงานแต่ละโครงการ



แผนภูมิที่ 4.9 เปรียบเทียบจำนวนวันเฉลี่ยทำงานแบบมาตรฐานและไม่มาตรฐาน



4.1.2.2 เวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน

เป็นการวิจัยเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ในส่วนของตัวแปรเรื่องเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่างมาตรฐาน หน่วยเป็นนาที โดยการใช้กลุ่มทดลอง จำนวน 4 กลุ่ม ที่มีอาชีพที่แตกต่างกัน ทำการติดตั้งตัวแทนหน้าต่างขนาดมาตรฐานจำนวน 2 บาน คือ หน้าต่างบานติดตาย ขนาด 600 x 1200 มม. และ หน้าต่างบานเลื่อน ขนาด 1500 x 1200 มม. ได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับ ประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน

อุปกรณ์ที่ใช้คือ ผนังอาคารจำลอง พร้อมช่องเปิด จำนวน 2 ช่อง โดยมีระยะตำแหน่งช่องเปิดตามมาตรฐานหน้าต่าง อยู่สูงจากระดับพื้น 900 มม. หน้าต่างขนาดมาตรฐานพร้อมเฟรม UPVC จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วยบานติดตาย 1 บาน ขนาด 600 x 1200 มม. และบานเลื่อน ขนาด 1500 x 1200 จำนวน 1 ชุด พร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง สว่านเจาะ ดอกเจาะ สว่านขัน ฆ้อนยาง ตลับเมตร

การบันทึกเวลาเริ่มตั้งแต่กลุ่มทดลองพร้อมติดตั้ง จนกระทั่ง ติดตั้งประตู-หน้าต่างเสร็จเรียบร้อย และทดสอบการใช้งานว่าไม่ติดขัดสามารถใช้งานได้ กลุ่มทดลองจำนวน 4 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่มอาชีพ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแต่ละกลุ่มอาชีพ

กลุ่มทดลอง แยกตามอาชีพ	ระยะเวลารวมในการติดตั้งหน้าต่าง 2ชุด (นาที)		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	เฉลี่ย / ชุด
1. ช่างติดตั้งกระจก uPVC	26.00	28.00	27.00
2. ช่างติดตั้งกระจก Aluminum	31.00	30.00	30.50
3. ช่างก่อสร้างทั่วไป	63.00	74.00	68.50
4. พนักงานในสำนักงาน ชาย	245.00	328.00	286.50

การวิเคราะห์ระยะวลาที่ใช้ในการติดตั้งตัวแทนหน้าต่าง ดังนี้

1. ช่างติดตั้งกระจก UPVC สามารถติดตั้งตัวแทนหน้าต่างทั้ง 2 ชุด ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 27 นาที
2. ช่างติดตั้งกระจก อลูมินั่ม สามารถติดตั้งตัวแทนหน้าต่างทั้ง 2 ชุด ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 30 นาที 30 วินาที
3. ช่างก่อสร้างทั้วไป สามารถติดตั้งตัวแทนหน้าต่างทั้ง 2 ชุด ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 68 นาที 30 วินาที
4. พนักงานในสำนักงาน ชาย สามารถติดตั้งตัวแทนหน้าต่างทั้ง 2 ชุด ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 286 นาที30 วินาที หรือประมาณ 5 ชั่วโมงในการติดตั้งหน้าต่าง 2 บาน

เปรียบเทียบเวลาของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม กับการติดตั้งประตู-หน้าต่างที่ไม่ใช่มาตรฐาน

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง

	เวลาเฉลี่ยติดตั้ง/ชุด (นาที)	
	มาตรฐาน	ไม่มาตรฐาน
1. ช่างติดตั้งกระจก UPVC	27.00	57.00
2. ช่างติดตั้งกระจก Aluminum	30.50	67.50
3. ช่างก่อสร้างทั่วไป	68.50	ติดไม่ได้
4. พนักงานในสำนักงาน ชาย	150.50	ติดไม่ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง ระหว่างขนาดมาตรฐานกับขนาดที่ไม่ได้มาตรฐาน พบว่าการติดตั้งประตู-หน้าต่างขนาดมาตรฐาน สามารถลดเวลาในการติดตั้งลงได้ 54% ของเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแบบเดิม ผู้ที่ไม่ใช่ช่างกระจกก็จะสามารถติดตั้งประตู-หน้าต่างได้

ดังนั้น ประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐานสำหรับประเทศไทย จึงเหมาะสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาแรงงานฝีมือขาดแคลน เนื่องจากติดตั้งได้รวดเร็ว ง่าย บุคคลทั่วไปสามารถติดตั้งได้เอง โดยดูจากคู่มือติดตั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยสร้างประตู-หน้าต่างสำหรับประเทศไทย คือการกำหนด ขนาดมาตรฐานประตู-หน้าต่าง การติดตั้งมาตรฐาน คุณสมบัติมาตรฐานด้านการประหยัดพลังงานสำหรับประเทศไทย และคุณภาพมาตรฐานด้านความคงทนในการใช้งานของประตู-หน้าต่าง เป็นงานวิจัยเพื่อลดต้นทุนประตู-หน้าต่างคุณสมบัติสูงให้มีราคาที่ถูกลงเพื่อให้มีการใช้ประตู-หน้าต่างให้มากขึ้น เพื่อจะได้ลดภาระการทำความเย็นให้กับอาคาร ลดมลพิษ ทำลายสิ่งแวดล้อม ลดขยะจากการผลิตและการก่อสร้าง ลดเวลา และแก้ปัญหาแรงงานฝีมือขาดแคลน

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยครั้งนี้ประกอบกับการศึกษาข้อมูลต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

5.1.1 บทสรุปในการลดภาระทำความเย็น

ภาวะโลกร้อน ทางออกหนึ่งที่จะช่วยกันลดปัญหาโลกร้อนคือการเลือกใช้วัสดุที่ลดการใช้พลังงาน ประตู-หน้าต่างเป็นองค์ปรกอบสำคัญของอาคารที่จะช่วยลดปริมาณความร้อนผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร ประตู-หน้าต่างมาตรฐานสามารถลดปริมาณความร้อนได้มากกว่า ประตู-หน้าต่างที่ประกอบด้วยกระจกสีเขียวและเฟรมอลูมินั่ม ที่พื้นที่ช่องเปิด 144 ตารางเมตร ระยะเวลาโดนแสงแดด 8 ชั่วโมงต่อวัน ลงได้ 250.97 กิโลวัตต์

ปริมาณการก่อสร้างบ้านเดี่ยวต่อปี	70,000 หน่วย
บ้านเดี่ยวมูลค่า 5 ล้านบาทขึ้นไป	7,300 หน่วย
ถ้า10%ใช้ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน	730 หน่วย
บ้านหนึ่งหลังมีพื้นที่ช่องเปิดเฉลี่ย	144 ตรม.

บ้าน 730 หลัง ลดพลังงานที่ 8 ชั่วโมงได้ 216,942.45 กิโลวัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 บทสรุปในการลด ต้นทุนประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย

ประตู-หน้าต่างเป็นองค์ประกอบสำคัญของอาคาร ประตู-หน้าต่างมาตรฐานส่งผลให้ราคาถูกลงมาได้ถึง 34.90% เทียบกับประตู-หน้าต่างแบบเดิม ทำให้ชนชั้นกลางลงมามีโอกาสได้ใช้ประตู-หน้าต่างประหยัดพลังงานกันมากขึ้น นอกเหนือจากที่มีส่วนช่วยลดภาวะโลกร้อน ยังได้ช่วยกันลดขยะจากการผลิต ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะเหล่านั้น

5.1.3 บทสรุปในการลดเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง

กระบวนการประกอบและติดตั้งประตู-หน้าต่างที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และสูญเปล่า ทำให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก ส่งผลให้การผลิตประตู-หน้าต่างมีต้นทุนที่สูงแล้ว ยังใช้เวลาในการประกอบและติดตั้งที่ยาวนาน การสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ทำให้ลดเวลาในการติดตั้งประตู-หน้าต่าง ลงได้ถึง 84.60% ของเวลาที่ใช้ทั้งหมด

5.1.4 บทสรุปในลดปัญหาแรงงานฝีมือขาดแคลน

การพิจารณาสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานให้ติดตั้งได้ง่าย คนทั่วไปที่ไม่ใช่สายอาชีพช่างติดตั้งกระจกสามารถติดตั้งได้ ช่วยลดปัญหาช่างฝีมือแรงงานที่คลาดแคลน อีกทั้งช่างติดตั้งกระจกเองก็สามารถติดตั้งได้แล้วเสร็จจำนวน 2 บานภายใน 27 นาที และบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่ช่างก่อสร้างก็สามารถติดตั้งหน้าต่าง 2 บานได้เองภายในเวลา 5 ชั่วโมง ซึ่งการติดตั้งแบบเก่าบุคลทั่วไปจะไม่สามารถติดตั้งเองได้เลย

5.1.5 บทสรุปในการสร้างมาตรฐานให้สังคม

การพิจารณาสร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทย เป็นการสร้างมาตรฐานให้กับสังคมไทยในการใช้วัสดุคุณภาพสูง และเป็นแนวทางในการกำหนด ประตู-หน้าต่าง เบอร์ 5 ต่อไป

รายการ	มาตรฐานช่องเปิด		
	Energy Star Zone 2	**NFRC**	**24 mm. Green Low-E**
VT (%)	**ไม่กำหนด**	**51.00**	**43.00**
SHGC	**0.40**	**0.32**	**0.28**
U-Value (Btu/hr-sf-°F)	**0.65**	**0.35**	**0.31**
Air Leak(cfm/sf)	**0.30**	**0.20**	**ไม่ได้กำหนด**

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ได้สร้างหน้าต่างมาตรฐานขึ้น 2 ชุด คือบานติดตาย และบานเลื่อน ใช้เป็นตัวแทนประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ใช้ในการบันทึกเวลาการติดตั้ง แต่ยังไม่ได้ทำการวิจัย ประตูบานเลื่อนและบานเปิด ซึ่งจะมีขนาดที่ใหญ่กว่า และมีน้ำหนักที่มากกว่า ซึ่งอาจจะได้ผลที่คาดเคลื่อนได้บ้างเล็กน้อย

5.2.2. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ มีปริมาณกลุ่มตัวอย่างที่น้อยเกินไป คือกลุ่มอาคารบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา 11 หลัง และกลุ่มทดลองติดตั้งกระจก จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 2 ชุด อาจจะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้คลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัย สามารถสรุปข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตออกเป็นประเด็นได้ดังนี้

5.3.1 ปัจจัยที่มีความอ่อนไหวของผนังจำลองที่นำเสนอ คือ เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้บันทึกเวลาติดตั้งเสร็จสิ้นลงที่ตัวแทนหน้าต่างสามารถใช้งานได้ แต่ไม่ให้มีการยาแนวกันรั่ว กันซึม ซึ่งการยาแนวกันรั่วกันซึมก็เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยความชำนาญจึงจะได้ชิ้นงานที่เรียบร้อย ด้วยเหตุผลที่ว่า ผนังจำลองและตัวแทนหน้าต่างมาตรฐานจะต้องถอดเข้าออก หากให้ใช้วัสดุยาแนวจะทำให้ต้องใช้เวลาเป็นจำนวนมากให้การลอกออก และจะทำให้ผนังจำลองเสียหายจนใช้งานไม่ได้

5.3.2 ตัวแทนหน้าต่างบานติดตาย และหน้าต่างบานเลื่อน เมื่อติดตั้งแล้ว การรื้อถอนออกและติดตั้งใหม่ จะทำให้วงกบและกรอบบานเสียหายจนใช้งานวิจัยต่อไปไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องจำกัดกลุ่มตัวอย่างที่ 8 กลุ่มตัวอย่าง

5.3.3 ในการวิจัยเพิ่มเติม ควรจะวิจัยเพิ่มถึงผลกระทบถ้าขนาดบานติดตายที่ใหญ่กว่านี้ การติดตั้งแบบ Curtain Wall หรือ Sky Light และรูปแบบประตู-หน้าต่างมาตรฐานที่หลากหลายขึ้น

5.3.4 ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรจะทำการวิจัยถึงผลกระทบประตู-หน้าต่างมาตรฐานต่อการออกแบบอาคารของสถาปนิก เพื่อจะได้สร้างประตู-หน้าต่างมาตรฐานสำหรับประเทศไทยใหม่ๆ ออกมาให้เจ้าของอาคาร และสถาปนิกได้เลือกใช้มากขึ้น

5.3.5 ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระทำ ต่อประตู-หน้าต่างสำเร็จรูปมาตรฐาน สำหรับอาคารสูง และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับอาคารที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น

5.3.6 ศึกษาเพิ่มเติมถึงการหีบห่อ บรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง ประตู-หน้าต่างมาตรฐาน ทั้งขนส่งภายในประเทศ และการขนส่งไปต่างประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สุนทร บุญญาธิการ, ศ. ดร. บ้านประหยัดพลังงานไม่แพง (อย่างที่คิด). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.oknation.net/blog/homebiz/2008/11/07/entry-4/comment

บัณฑิต จุลาสัย, สุริยน ศิริธรรมปิติ.วัสดุและการก่อสร้างประตูและหน้าต่าง. จำนวน 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. พิมพ์ที่โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2548.

รัตนา พงษธา. เขียนแบบช่างก่อสร้าง, 2532

คู่มือการจัดการความปลอดภัยของพนักงาน.", [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.npc-se.co.th/news_safety/npcse_02health.asp?news_id=1555.

วรวุฒิ ศิริรัชฎะ. การศึกษาต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

สมพงษ์ นามทวีสุข. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการรั่วซึมของอากาศผ่านประตู - หน้าต่างและผนังของอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ดร.เอก เศรษฐศาสตร์ . แรงงานขาดแคลน...ปัญหาใหญ่ที่ถูกมองข้าม .กรุงเทพธุรกิจ (13 พฤษภาคม 2551) .

ภาษาอังกฤษ

Efficient Windows Collaborative: Regents of the University of Minnesota, Twin Cities Campus, College of Design, Center for Sustainable Building Research.", [Online]. Available: http://www.efficientwindows.org/ftypes.cfm 1998-2008.

EN 410: "Glass in building - Determination of luminous and solar characteristic of glazing"

ISO9050: "Glass in Building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

คำนวณ คุณาพร. บ้านแสนรัก. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์, 2539.

นักสิทธ์ คุวัฒนาชัย. การถ่ายแทความร้อน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์,2533

สมคิด จิระทัศนกุล. คติ สัญลักษณ์ และความหมาย ของซุ้มประตู-หน้างต่างไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร,2004

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers. 1993. ASHRAE Handbook of Fundamentals. New York.

Arumi, F. and Hourmanesh, M. 1997. Energy Performance for Solar Wall : A Computer analysis. Energy and Building, 1 : 167-179.

Awbi, H. B. 1994. Design Consideration for Naturally Ventilated Building. Renewable Energy, 5 (2) : 1081-1090.

Holgher Koch-Nielsen. 2001. Stay cool – a design fuide for built environment in hot climates. James & James,

J. Karlsson and A. Roos 2001, Evaluation of window energy rating models for different buildings and climates, Accepted for: ISES-2001, Adelaide, Australia, Nov. 25-Dec. 2,

Joakim Karlson. 2001. Window – Optical performances and Energy efficiency. PhD.Thesys at University of Uppsala.

Tobias Rosencrantz. 2005. Performance of Energy Efficient Windows and Solar Shading Devices. Division of Energy and Building Design Department of Architecture and Built Environment Lund University.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

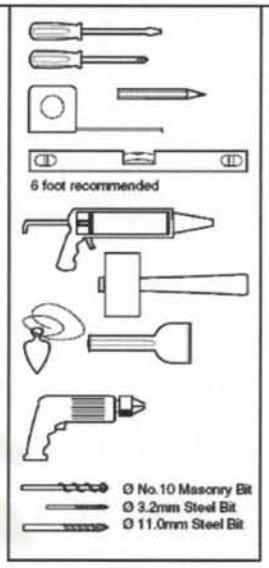
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
คู่มือติดตั้งประตู-หน้าต่าง มาตรฐาน

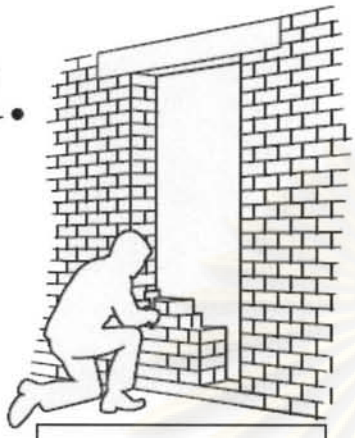
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการติดตั้งบานติดตาย

เครื่องมือ และอุปกรณ์

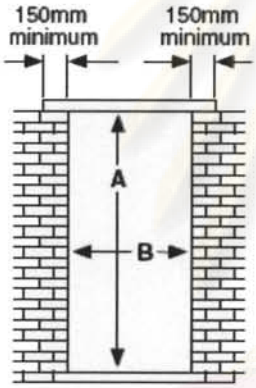


1.



1. เตรียมขนาดช่อง

2

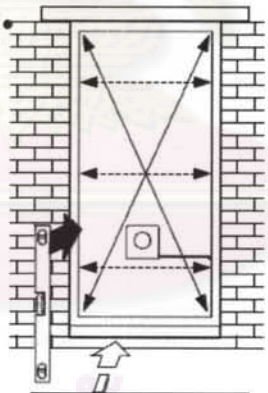


A Open Size + 100 mm

B Open Size + 100 mm

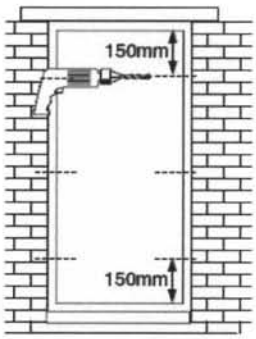
2. เตรียมช่องเปิด
สำหรับใส่วงกบ

3.



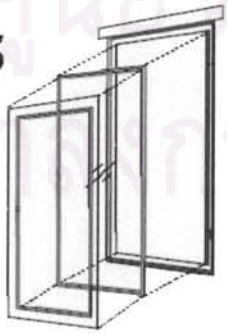
3. ปรับระดับ

4



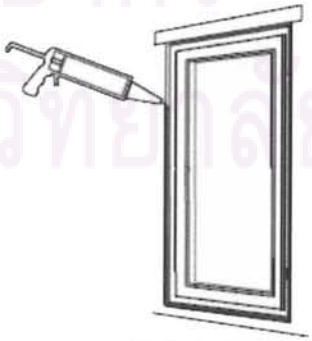
4. ติดตั้งวงกบ

5



5. ติด

6



6. ยาแนว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำความเย็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณภาระในการทำความเย็นผ่านกระจก

1. คำนวณค่าความเป็นฉนวนของกระจก โดยการนำค่า U-Value มาคำนวณได้เลย

กระจกใส 6 มม. Summer U-Value = 5.21 W/m2.K

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม. Summer U-Value = 1.60 W/m2.K

2. คำนวณปริมาณความร้อนทั้งหมดผ่านกระจก

กระจกใส 6 มม. SHGC = 0.84 W/m2; Q = 0.84 x 787 = 661 Watt/m2

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม. SHGC = 0.25 W/m2; Q = 0.25 x 787 = 197 Watt/m2

3. นำค่าทั้งสองมารวมกัน

กระจกใส 6 มม. Qtotal = 5.21 + 661 = 666.21 Watt/m2

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม. Qtotal = 1.60 + 197 =198.60 Watt/m2

4. ถ้าอาคารมีพื้นที่ใช้กระจก 100 ตารางเมตร และต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีค่าไฟฟ้าที่ 2.80 บาท/หน่วย จะต้องเสียค่าไฟฟ้าในการทำความเย็นดังนี้

กระจกใส 6 มม.

ค่าไฟฟ้า = (666.21 x 100 x 8 x 2.8)/1000/3.2 = 466.35 บาท/วัน

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม.

ค่าไฟฟ้า = (666.21 x 100 x 8 x 2.8)/1000/3.2 = 139.02 บาท/วัน

5. ในเวลา 365 วัน ค่าไฟฟ้าในการทำความเย็น

กระจกใส 6 มม. ค่าไฟฟ้า = 466.35 x 365 = 170,217.75 บาท/ปี

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม. ค่าไฟฟ้า = 139.02 x 365 = 50,742.30 บาท/ปี

6. ใช้เวลาคืนทุน ไม่เกิน 2 ปี

กระจกใส 6 มม. ราคากระจก = 37,674 บาท ที่ 100 ตารางเมตร

กระจก Low-E สีเขียว 24 มม. ราคากระจก = 193,752 บาท ที่ 100 ตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติส่วนบุคคล

ชื่อ : นางสาวโสธิดา งามวิวัฒนสว่าง (Sothida Ngamwiwatsawang)

เกิดเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2506

ที่อยู่ : เลขที่ 65 ถนน 22กรกฎาคม 1 อ.ป้อมปราบศัตรูพ่าย จ.กทม 10100

เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 081-615--7678

บุคคลในครอบครัว มีพี่น้อง 3 คน

มีพี่ชาย 2 คน และน้องชาย 1 คน

ประวัติ การศึกษา

ระดับปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วทบ. จิตวิทยา)
ระดับปริญญาโท	University of Central Oklahoma (MBA Marketing)
ระดับปริญญาโท	กำลังศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ประวัติการทำงาน

1987-1989	บริษัท มินิแบร์ จำกัด
	ตำแหน่ง Production Control Staff
1992-1993	บริษัท ไทยยานยนต์ จำกัด
	ตำแหน่ง Sales Executive ดูแลรถยนต์ BMW และ Ford
1993-2009	บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี้กลาส จำกัด
	ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายขายโครงการ ดูแลตลาดอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทย

ผลงาน

1. ผนังการะจกอาคารผู้โดยสาร สนามบินสุวรรณภูมิ
2. ผนังกระจกอาคาร A, B , และ C ศูนย์ราชการ แจ้งวัฒนะ
3. ผนังกระจกอาคาร Energy Complex
4. ผนังกระจก Central World Tower, Central World Plaza, และ Central World Hotel ราชดำริ
5. ผนังกระจก ธนาคารกรุงไทย สาขาแจ้งวัฒนะ
6. ผนังกระจกอาคารสำนักงานใหญ่อิตาเลี่ยนไทย ถนนเพชรบุรี
7. ผนังกระจก รถไฟฟ้าใต้ดินสายเหนือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย