สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาชนิดของผนังภายนอกที่มีผลต่อค่าบำรุงรักษาในระยะยาว

STUDY OF LONG TERM MAINTENANCE COST DUE TO EXTERNAL WALL TYPE

T036772

โดย
นายชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ รหัส 39014122
นายนพนนท์ ราชนานนท์ รหัส 39014242

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36772
วัน, เดือน, ปี 28 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF LONG TERM MAINTENANCE COST DUE TO EXTERNAL WALL TYPE

MR.CHAIPAT LAWSIRIRAT

MR.NOPPANONT RATCHANANONT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงาน	การศึกษาชนิดของผนังภายนอกที่มีผลต่อค่าบำรุงรักษาระยะยาว		
นักศึกษา	นายชัยพัฒน์	หล่อศิริรัตน์	รหัสประจำตัว 3901122
	นายนพนนท์	ราชนานนท์	รหัสประจำตัว 39014242
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.วิบูลย์	วุฒิญาณ	
	อ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
อ.วิบูลย์	วุฒิญาณ	
อ.อำนวย	พานิชกุลพงศ์	
อ.อุบะ	ศิริแก้ว	
อ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

ภาควิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 2 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาชนิดของผนังภายนอกที่มีผลต่อค่าบำรุงรักษาในระยะยาว STUDY OF LONG TERM MAINTENANCE COST DUE TO EXTERNAL WALL TYPE
นักศึกษา	นายชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ รหัส 39014122 นายนพนนท์ ราชนานนท์ รหัส 39014242
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.วิบูลย์ วุฒิญาณ อ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2542

บทคัดย่อ

โดยปกติ เจ้าของอาคารมักจะเลือกใช้ผนังภายนอกโดยคำนึงถึงแต่เพียงค่าก่อสร้างที่ต่ำและความสวยงามของอาคารเพียงเท่านั้น โดยมักจะไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ตามมาภายหลังอันเนื่องมาจากผนังอาคารภายนอกที่เลือกใช้ อย่างเช่นค่าบำรุงรักษาที่เกี่ยวกับผนังของอาคาร และค่าไฟฟ้าต่อปีที่มาจากผนังอาคารแต่ละชนิด เป็นผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่มากเกินควร ดังนั้นงานศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผนังภายนอกที่นิยมใช้กันจำนวน 11 ชนิด โดยที่ค่าใช้จ่ายที่นำมาศึกษานั้นประกอบด้วย ค่าก่อสร้างผนังอาคาร, ค่าไฟฟ้าต่อปีของผนังอาคาร, ค่าบำรุงรักษาของผนังอาคาร และค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นของผนังอาคาร คิดเปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 50ปี และคิดอัตราเงินเฟ้อต่อปี 3%

จากการศึกษานี้พบว่า ผนังภายนอกของอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการถ่ายเทความร้อนนั้นสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายของอาคารที่เกี่ยวเนื่องกับพลังงานเช่น ค่าระบบปรับอากาศ และค่าไฟฟ้าต่อปี เป็นผลทำให้ผนังอาคารบางชนิดที่มีค่าก่อสร้างในตอนแรกต่ำเช่นผนังก่ออิฐฉาบปูน แต่เมื่อใช้ไปนานๆ จะมีค่าใช้จ่ายมากขึ้น เมื่อเทียบกับผนังฉนวน EIFS หรือ ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.ที่มีค่าใช้จ่ายตอนต้นต่ำ แต่เมื่อใช้ไปนานๆ กลับมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าผนังกระจกฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : LONG TERM MAINTENANCE COST CAUSED BY EXTERNAL WALL TYPE

Name : MR.CHAIPAT LAWSIRIRAT

MR.NOPPANONT RATCHANANONT

Field : CONSTRUCTION ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : MR.WIVOOL WUTTHIYAN

MR.LAEMTHONG LAWKHONGTAVON

ABSTRACT

Normally, the selection on external wall will be base on cost and beauty look of the building, the building owner usually doesn't consider on the maintenance cost which will occur later. In connection with this selection, the maintenance cost and electricity fee will come from each type of external wall thus, this study is aimed to compare the cost of external wall made of 11 types of material which are mostly used nowadays. Study will be comprised of initial construction cost, annual electricity fee, maintenance cost and overall expense due to the external wall on building within a period of 50 years.

From a study, we found that the external wall type will include OTTV which this difference will be relevant to different energy cost of external wall. In explanation, the energy cost is the air conditioning system of the building and the electricity fee which it will effect in higher maintenance cost due to inappropriate material on external wall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ คุณความดีขอมอบให้บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจนแนะนำในด้านต่าง ๆ ต่อผู้จัดทำดังนี้

อาจารย์ แหลมทอง เหล่าคงถาวร และอาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยกรุณาให้คำชี้แนะในการค้นคว้า

ผู้จัดการโครงการก่อสร้างของบริษัทต่าง ๆ

ผู้ให้ความกรุณาด้านการหาข้อมูล

ตลอดจนรุ่นพี่ เพื่อน ๆ ญาติๆ ผู้ให้คำแนะนำในการทำงานและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และที่ขาดเสียมิได้คือบุพการีผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านการเงินและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

นายชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ รหัส 39014122
นายนพนนท์ ราชนานนท์ รหัส 39014242
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญภาพ	ฒ
1	**บทนำ**	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	1
	1.5 วิธีการศึกษา	2
2	**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 ประเภทของผนังและค่าก่อสร้าง	3
	2.1.1 ผนังโปร่งแสง	3
	2.1.1.1 คุณสมบัติของกระจก	3
	2.1.1.2 กระจกและขนาดของกระจก	4
	2.1.1.3 การบำรุงรักษา	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.1.2 ผนังทึบ	4
	2.1.2.1 ผนังคอนกรีตสำเร็จ	4
	2.1.2.2 ผนังก่ออิฐฉาบปูน	5
	2.1.2.3 ผนังหินอ่อน-ผนังหินแกรนิต	6
	2.1.2.4 ผนังกระเบื้อง	6
	2.1.2.5 ผนังภายนอกกันความร้อนสีสำเร็จ(EIFS)	6
	2.1.2.6 ผนังคอนกรีตมวลเบา	
	2.2 การถ่ายเทพลังงาน	7
	2.2.1 การถ่ายเทความร้อน	7
	2.2.1.1 การนำความร้อน	7
	2.2.1.2 การพาความร้อน	10
	2.2.2 ความร้อนที่ไม่ต้องการ	10
	2.2.3 ระนาบความร้อน	10
	2.2.4 สะพานความร้อน	11
	2.2.5 ที่กักอากาศ	12
	2.2.6 ค่าปล่อยพลังงาน การดูดซับและสีของวัตถุ	12
	2.2.7 ความจุความร้อน	17
	2.2.8 ค่าความต้านทานอุณหภูมิ	18
	2.2.9 การหน่วงเวลา	18
	2.2.10 ความเป็นฉนวนของวัสดุ	19
	2.3 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร	20
	2.3.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร	20
	2.3.2 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ของการคำนวณค่า OTTV	21
	2.3.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทพลังงานความร้อนของผนังทึบ	21
	2.3.2.2 ค่าคงที่การนำความร้อน	22
	2.3.2.3 ค่าความต้านทานของฟิล์มผนัง	24
	2.3.2.4 ค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ	24
	2.3.2.5 ค่าการดูดซับความร้อน	25
	2.3.2.6 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.3.2.7 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสง	28
	2.3.2.8 ค่าตัวคูณของการบังแดดภายนอก	28
	2.3.2.9 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์	32
3	**ข้อมูล**	
	3.1 ข้อมูลค่าก่อสร้างผนังชนิดต่างๆ	34
	3.2 ข้อมูลค่าวิเคราะห์การอนุรักษ์โดยโปรแกรม OTTVEE version 1.0a	35
	3.2.1 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ	35
	3.2.2 ส่วนประกอบของผนังชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษา	35
	3.2.3 การคำนวณค่า OTTV รวมของผนัง	37
	3.2.3.1 ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีอ่อน	37
	3.2.3.2 ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีปานกลาง	37
	3.2.3.3 ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีอ่อน	38
	3.2.3.4 ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีปานกลาง	38
	3.2.3.5 ผนังหินอ่อนที่มีสีปานกลาง	39
	3.2.3.6 ผนังหินอ่อนที่มีสีค่อนข้างเข้ม	39
	3.2.3.7 ผนังหินอ่อนที่มีสีเข้ม	40
	3.2.3.8 ผนังหินแกรนิตที่มีสีค่อนข้างเข้ม	40
	3.2.3.9 ผนังหินแกรนิตที่มีสีเข้ม	41
	3.2.3.10 ผนังกระเบื้อง ทาสีอ่อน	41
	3.2.3.11 ผนังกระเบื้องที่มีสีปานกลาง	42
	3.2.3.12 ผนังกระเบื้องที่มีสีค่อนข้างเข้ม	42
	3.2.3.13 ผนังกระเบื้องที่มีสีเข้ม	43
	3.2.3.14 ผนังคอนกรีตสำเร็จ	43
	3.2.3.15 ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีอ่อน	44
	3.2.3.16 ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีปานกลาง	44
	3.2.3.17 ผนังกระจกโฟลตใส ขนาด 10 มม.	45
	3.2.3.18 ผนังกระจกติดฟิล์ม	45
	3.2.3.19 ผนังกระจกสะท้อนแสง	46
	3.2.3.20 ผนังกระจกใสสีชา 2 ชั้น	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.3 ค่าบำรุงรักษา	47
4	**การวิเคราะห์ข้อมูล**	
	4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	48
	4.2 การวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้น	48
	4.3 การวิเคราะห์พลังงานโดยใช้โปรแกรม OTTVEE version 1.0a	49
	4.3.1 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%	49
	4.3.2 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%	51
5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	
	5.1 บทนำ	59
	5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน	59
	5.3 ราคาเริ่มต้นก่อสร้าง	59
	5.4 ค่าไฟ	64
	5.5 ค่าบำรุงรักษา	64
	5.6 ค่าใช้จ่ายรวม	77
	5.7 ปัญหาที่มักจะพบบ่อยในผนังชนิดต่าง ๆ	77
	บรรณานุกรม	93
	ภาคผนวก ก. กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535	99
	ภาคผนวก ข. วิธีการดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น	136
	ภาคผนวก ค. วิธีการดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด	139
	ภาคผนวก ง. วิธีการดำเนินการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม	143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	
	5.1 กล่าวนำ	61
	5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน	61
	5.3 ราคาเริ่มต้นก่อสร้าง	61
	5.4 ค่าบำรุงรักษา	66
	5.5 ค่าไฟฟ้า	74
	5.6 ค่าใช้จ่ายประจำปี	74
	5.7 ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	74
	5.8 ปัญหาที่มักจะพบบ่อยในผนังชนิดต่าง ๆ	101
	บรรณานุกรม	102
	ภาคผนวก ก. กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535	103
	ภาคผนวก ข. วิธีการดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น	142
	ภาคผนวก ค. วิธีการดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด	146
	ภาคผนวก ง. วิธีการดำเนินการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม	150
	ภาคผนวก จ. วิธีการดำเนินการและการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	152
	ภาคผนวก ฉ. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	แสดงข้อดี – เสียของผนังแต่ละชนิด	6
2.2	แสดงค่าการปล่อยพลังงานของวัตถุ	13
2.3	แสดงค่าการดูดซับความร้อนสัมพัทธ์ของวัสดุต่าง ๆ	16
2.4	แสดงค่าความจุความร้อนต่อปริมาตร	18
2.5	แสดงค่าคงที่การนำความร้อน	22
2.6	แสดงค่าต้านทานของฟิล์มผนัง	24
2.7	แสดงค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ	24
2.8	แสดงชนิดวัสดุกับค่าการดูดซับความร้อน	25
2.9	แสดงค่าการดูดซับความร้อน	26
2.10	แสดงค่าแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	27
2.11	แสดงค่า ESM ของทิศในมุมต่างๆ ของผนังบังแดดด้านบน	29
2.12	แสดงค่า ESM ของทิศในมุมต่างๆ ของผนังบังแดดด้านข้าง	31
2.13	แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์	32
3.1	แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังชนิดต่าง ๆ	34
3.2	แสดงส่วนประกอบและความหนาของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนทาสีอ่อน	36
3.3	แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผนฉาบปูนทาสีอ่อน	37
3.4	แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผนฉาบปูนทาสีปานกลาง	37
3.5	แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐเต็มแผนฉาบปูนทาสีอ่อน	38
3.6	แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีปานกลาง	38
3.7	แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนที่มีสีปานกลาง	39
3.8	แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม	39
3.9	แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนสีเข้ม	40
3.10	แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินแกรนิตที่มีสีค่อนข้างเข้ม	40
3.11	แสดงค่า OTTV รวมของผนังแกรนิตสีเข้ม	41
3.12	แสดงค่า OTTV รวมของผนังปูกระเบื้องสีอ่อน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.13	แสดงค่า OTTV รวมของผนังปูกระเบื้องสีปานกลาง	42
3.14	แสดงค่า OTTV รวมของผนังปูกระเบื้องสีค่อนข้างเข้ม	42
3.15	แสดงค่า OTTV รวมของผนังปูกระเบื้องสีเข้ม	42
3.16	แสดงค่า OTTV รวมของผนังผนังคอนกรีตสำเร็จ	43
3.17	แสดงค่า OTTV รวมของผนังฉนวน EIFS HHEM สีอ่อน	44
3.18	แสดงค่า OTTV รวมของผนัง EIFS HHEM สีปานกลาง	44
3.19	แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม.	45
3.20	แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกติดฟิล์ม	45
3.21	แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกสะท้อนแสง	46
3.22	แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกใสสีชา 2 ชั้น	46
3.23	แสดงราคาค่าบำรุงรักษาสำหรับผนังชนิดต่างๆ	47
4.1	แสดงตัวแปรที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของอาคารต่างๆ	48
4.2	แสดงราคาค่าก่อสร้างสุทธิของผนังชนิดต่าง ๆ	48
4.3	แสดงการคำนวณราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าต่อปี ของผนังชนิดต่างๆ ของระบบ Split type ที่ความชื้น 40%	50
4.4	แสดงการคำนวณราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าต่อปี ของผนังชนิดต่าง ๆ ของระบบ Split type ที่ความชื้น 50%	53
4.5	แสดงราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าของผนังชนิดต่าง ๆ ของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ที่ความชื้น 40%	56
4.6	แสดงราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าของผนังชนิดต่าง ๆ ของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ที่ความชื้น 50%	59
5.1	แสดงค่า OTTV และ การถ่ายเทความร้อนผนังแต่ละชนิด	62
5.2	แสดงการวิเคราะห์ค่าระบบปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5	67
5.3	แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างของกรอบอาคารตัวอย่าง	67
5.4	แสดงราคาค่าบำรุงรักษาแต่ละปีของอาคารตัวอย่าง	70
5.5	แสดงการวิเคราะห์หาแนวโน้มค่าไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %	75
5.6	แสดงการวิเคราะห์หาแนวโน้มค่าไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %	79
5.7	แสดงการวิเคราะห์หาแนวโน้มค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาของอาคารตัวอย่าง ระบบปรับอากาศ Split type ที่ความชื้น 40%	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
5.8	แสดงการวิเคราะห์หาแนวโน้มค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาของอาคารตัวอย่าง ระบบปรับอากาศ Split type ที่ความชื้น 50%	87
5.9	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ ระบบปรับอากาศ Split type ที่ความชื้น 40%	91
5.10	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ ระบบปรับอากาศ Split type ที่ความชื้น 40%	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังใดๆ	7
2.2	แสดงลักษณะการไหลของความร้อน	8
2.3	แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุประกอบ	8
2.4	แสดงการเคลื่อนที่ของความร้อนไปตามระนาบความร้อนที่เท่ากัน	11
2.5	แสดงลักษณะสะพานความร้อน	11
2.6	แสดงการเปรียบเทียบความสามารถด้านทานความร้อนของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว	19
2.7	แสดงตัวแปรในการคำนวณค่าบังแดดด้านบน	29
2.8	แสดงตัวแปรในการคำนวณค่าบังแดดด้านบน	30
5.1	แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV ของผนังชนิดต่างๆ	63
5.2	แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคารตัวอย่าง	64
5.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างผนังของอาคารตัวอย่าง	65
5.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าระบบปรับอากาศของกรอบอาคารตัวอย่าง	68
5.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างเริ่มต้นของกรอบอาคารตัวอย่าง	69
5.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าบำรุงรักษา	73
5.7	แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%	78
5.8	แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%	82
5.9	แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาผนังอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้น 40%	86
5.10	แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาผนังอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้น 50%	90
5.11	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของอาคารผนังทึบแสง ที่ความชื้น 40%	94
5.12	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของอาคารผนังโปร่งแสง ที่ความชื้น 40%	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.13	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของอาคารผนังทึบแสง ที่ความชื้น 50%	99
5.14	แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของอาคารผนังโปร่งแสง ที่ความชื้น 50%	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในการก่อสร้างอาคารสูงแต่ละโครงการนั้น ส่วนใหญ่มักจะเป็นอาคารสำนักงาน, ห้างสรรพสินค้า และ โรงแรม เป็นต้น ซึ่งเจ้าของอาคารสูงต่างก็มีความต้องการที่เหมือนๆ กัน เช่น ต้องการให้อาคารของตนแลดูสวยงามบ่งบอกถึงภาพพจน์อันดีขององค์กร,อาคารมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดูแลรักษาต่ำ เพื่อที่จะได้กำไรสูง ฯลฯ และส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้ความต้องการของเจ้าของอาคารสมบูรณ์แบบก็คือ ผนัง โดยผนังที่ดีที่สุดที่สามารถทำการประเมินได้ก็คือ ผนังที่มีค่าก่อสร้างต่ำ , ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำในส่วนของการทำความสะอาดและส่วนของการบำรุงรักษาให้ผนังยังดูดีแม้จะมีอายุของอาคารนานแล้วก็ตาม และสุดท้ายก็คือ ค่าไฟฟ้าไม่สูงนักทั้งในส่วนของค่าแอร์และในส่วนของระบบแสงสว่างตลอดอายุการใช้งานของอาคาร

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เคยมีคนกล่าวไว้ว่า "ของบางอย่างค่าใช้จ่ายเริ่มต้นแพง แต่ค่าใช้จ่ายระยะยาวถูกก็อาจจะคุ้มค่ากว่าของที่ค่าเริ่มต้นถูก แต่ค่าใช้จ่ายในระยะยาวแพงก็ได้" จากคำกล่าวข้างต้นนี้สามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันอยู่บ่อยครั้ง เช่นเดียวกับงานก่อสร้างอาคารสูง ส่วนสำคัญที่มีผลต่อราคาอาคารโดยรวม(ค่าก่อสร้างเริ่มต้นรวมกับค่าบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน) ก็คือส่วนของผนังภายนอกของตัวอาคาร จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้จัดทำมีความคิดที่จะเปรียบเทียบผนังแต่ละชนิดว่าจะมีราคาอาคารโดยรวมเป็นเท่าใด และผนังชนิดใดที่จะมีความคุ้มค่ามากที่สุด เมื่อคิดราคาในระยะยาว 15 ปี

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อศึกษาคุณลักษณะของผนังและนำไปประยุกต์เลือกใช้ผนังอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- เพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างและดูแลอาคาร

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- ทำการศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของผนังชนิดต่างๆ จากหนังสืออ้างอิงไทยและต่างประเทศ
- ทำการศึกษาและเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างเริ่มต้นและราคาค่าบำรุงรักษาโดยการสอบถามข้อมูลจากบริษัทรับเหมาก่อสร้างต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการศึกษาและเปรียบเทียบราคาค่าไฟฟ้าตลอดอายุของอาคารจากโปรแกรม OTTVEE version 1.0a

1.5 วิธีการศึกษา (Methodology)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของผนังและค่าก่อสร้าง

เราสามารถแบ่งประเภทของผนังที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. ผนังโปร่งแสง
2. ผนังทึบแสง

2.1.1 ผนังโปร่งแสง

คือ ผนังที่ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาในตัวอาคาร ได้แก่ กระจก

2.1.1.1 คุณสมบัติของกระจก

ดัชนีการหักเหของแสง	ประมาณ 1.52
ความร้อนจำเพาะ	0.2 kcal/kg^{0}C 10^0 ถึง 50^0 C
การสะท้อนแสง	ประมาณ 4%
การนำความร้อน	0.68 kcal/mhr^0 C
อุณหภูมิที่ทำให้อ่อนตัว	600-700 องศาเซลเซียส
ความถ่วงจำเพาะ	ประมาณ 2.5
ความแข็ง	ประมาณ 6 ดีกรี
ยังโมดูลัส	72,000 kg/cm^2
พอยซั่นเรโช	0.25
แรงกดที่ทำให้แตก(โดยเฉลี่ย)	ประมาณ 500 kg/cm^2
สัมประสิทธิ์ขยายตัวตามเส้น	9-10 x 10-6^{0}C(ที่อุณหภูมิปกติ 350^0 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 กระจกและขนาดกระจก

ขนาดและชนิดของกระจกที่ผลิตในประเทศไทยมีดังต่อไปนี้ (จากข้อมูลของบริษัทผลิตกระจกบริษัทแรกในประเทศไทย)

กระจกที่มีความกว้างสุด 96 นิ้ว ความยาวสุด 120 นิ้ว มีดังต่อไปนี้ กระจกโฟลต กระจกดอกลวดลาย กระจกเสริมลวด กระจกตัดแสง กระจกสะท้อนแสง กระจกนิรภัยหลายชั้น กระจกนิรภัยเทมเปอร์ กระจกฉนวน กระจกเงา ส่วนความหนานั้นกระจกแผ่นเรียบทั่ว ๆ ไปหนา 2-6 มิลลิเมตร กระจกสีชาผลิตออกมาหนา 5-6 มิลลิเมตร

กระจกดอก	หนา 3	มิลลิเมตร
กระจกลายผ้า	หนา 3-4	มิลลิเมตร
กระจกลายทุ่งนา	หนา 4	มิลลิเมตร
กระจกลายสายรุ้ง	หนา 4	มิลลิเมตร
กระจกเม็ดทราย	หนา 4	มิลลิเมตร
กระจกลายผ้าดอก	หนา 4	มิลลิเมตร

2.1.1.3 การบำรุงรักษา

ต้องตรวจสอบรอยยิงซิลิโคนเป็นประจำทุก1-3 ปี เพื่อความปลอดภัย หากทิ้งไว้จะทำให้กำลังรับแรงของกระจกครีบนี้ลดน้อยลง อาจเป็นอันตรายต่อโครงสร้างโดยรวมได้

2.1.2 ผนังทึบ

หมายถึง ผนังที่แสงสว่างไม่สามารถส่องผ่านได้ เช่น ผนังคอนกรีตสำเร็จ ผนังก่ออิฐ ผนังหินชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

2.1.2.1 ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (precast concrete)

เป็นการนำผนังคอนกรีตที่สั่งขนาดมาจากโรงงาน นำมาทำการประกอบในโครงการ มีความหนาประมาณ 15 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1a ข้อกำหนดสำหรับงานผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (precast concrete)

1. คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้สำหรับผลิตผนังสำเร็จรูป จะต้องมีกำลัง มีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 350 ksc ในช่วงถอดแบบเคลื่อนย้ายแผ่นผนัง
2. เหล็กเสริม เหล็กเส้นกลม SR 24 (Fy = 2400 ksc) เหล็กข้ออ้อย SD 30 (Fy = 3000 ksc)
3. กระเบื้อง ขนาด 45x0.5 mm Grade A มีร่องลึกที่ด้านหลังกระเบื้อง ค่า Tolarance ที่ยอมให้ ไม่เกิน 0.5 mm ทั้งด้านกว้างและยาว กระเบื้องต้องไม่โก่ง หรือบิดตัว เฉดสีของกระเบื้องต้องเป็นสีเดียวกัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ความหนา 7.30 mm
4. แกรนิต ความหนาของหินแกรนิตไม่น้อยกว่า 25 mm ขนาดและเฉดสีเป็นไปตามรูปแบบทางสถาปัตย์และต้องขออนุญาตจากตัวแทนผู้ว่าจ้าง
5. วัสดุอุดรอยต่อ วัสดุอุดรอยต่อภายนอกอาคารเป็น POLYURETHANE หรือ POLYSULFIDEวัสดุอุดรอยต่อภายในอาคารเป็นACRYLIC โดยต้องขออนุมัติจากตัวแทนผู้ว่าจ้างก่อน

2.1.2.2 ผนังก่ออิฐฉาบปูน

แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1.2.2a ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น

ลักษณะ เป็นการนำอิฐมอญ มาก่อเรียงสลับกันไปเป็นชั้นๆ มีความหนา 7 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2.1.2.2b ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น

ลักษณะ เป็นการนำอิฐมอญ 2 ก้อน มาก่อเป็นชั้น ๆ มีความหนา 15 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 300 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ผนังหินอ่อน - ผนังหินแกรนิต

ลักษณะ นำแผ่นหินอ่อน หรือ ผนังหินแกรนิตมาเจาะรูเพื่อประกอบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น

2.1.2.4 ผนังกระเบื้อง

ลักษณะ คือการนำแผ่นกระเบื้องมาติดเข้ากับผนังก่ออิฐฉาบปูน

2.1.2.5 ผนังภายนอกกันความร้อนสีสำเร็จ (Exterior Insulation and Finish System)

เป็นระบบผนังกันความร้อนสีสำเร็จประกอบโดยมีโฟมเป็นฉนวนกันความร้อน ติดอยู่กับผนังยิปซัม

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อดีและข้อเสียของผนังแต่ละชนิด

ชนิดของผนัง	ข้อดี	ข้อเสีย
ผนังก่ออิฐทาสี	1. ค่าก่อสร้างถูก 2. หาช่างได้ง่าย 3. ทนทานต่อไฟไหม้ได้ดี	1. มีน้ำหนักมาก 2. บริเวณก่อสร้างจะสกปรก 3. ใช้เวลาในการก่อสร้างนาน
ผนังกระจก	1. มีความสวยงาม 2. มีน้ำหนักเบา	1. ค่าก่อสร้างแพง 2. มีค่าใช้จ่ายระยะยาวที่แพง
ผนัง EIFS	1. ประหยัดค่าใช้จ่ายระยะยาว 2. มีน้ำหนักเบา 3. ประหยัดพลังงาน	1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นค่อนข้างแพง 2. ความทนทานต่ำกว่าผนังชนิดอื่น
ผนังปูหินแกรนิต	1. มีความสวยงาม 2. รักษาความเย็นได้ดี 3. ทนทานต่อไฟไหม้ได้ดี 4. มีอายุการใช้งานยาวนาน	1. มีราคาค่อนข้างแพง 2. มีน้ำหนักมาก 3. ไม่ทนทานต่อกรดและด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การถ่ายเทพลังงาน

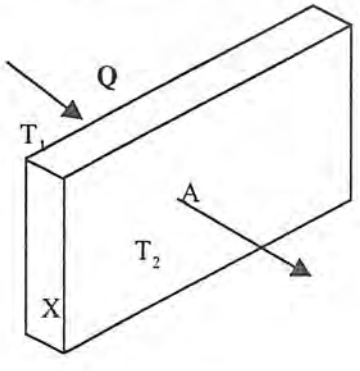
2.2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transmission)

ความร้อนเป็นพลังงานชนิดหนึ่ง ดังนั้นความร้อนย่อมมีการเปลี่ยนแปลงหรือส่งผ่านพลังงานไปยังที่อื่นได้ โดยมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ การไหลของความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ การศึกษาขบวนการที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า "การส่งผ่านความร้อน (Heat transfer)" มีด้วยกัน 3 วิธี คือ การนำความร้อน, การพาความร้อน และการแผ่รังสี การเคลื่อนตัวของความร้อนในรูปของพลังงานจากด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ เกิดเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat transmission) สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจากการส่งผ่านความร้อน สะสมไว้ภายในวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเต็มที่ระดับหนึ่งจะมีการคลายความร้อนของวัสดุออกมา เรียกอิทธิพลการคลายความร้อนของวัสดุว่า มวลความร้อน (Thermal mass) หรือมวลเฉื่อยความร้อน (Thermal inertia) ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุ และช่วงเวลาของการให้ความร้อนของดวงอาทิตย์

ค่าที่มักใช้เรียกการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน (Overall Coefficient of Heat transmission, ค่า U)

2.2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน คือการถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านวัสดุโดยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลภายในวัสดุนั้นๆ โดยที่การถ่ายเทพลังงานความร้อนในของแข็ง จะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนอิสระ ในขณะที่ถ้าวัตถุเป็นของเหลวจะเกิดการถ่ายเทโมเมนตัมผ่านโมเลกุล และถ้าเป็นการนำความร้อนของก๊าซจะเกิดจากการแพร่ของโมเลกุลที่มีความร้อนติดต่อกัน



รูปที่ 2.1 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาย เจ บี ฟูเรียร์ นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้เสนอสมการวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนา เมื่อมีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิทั้ง 2 ด้าน สมการการวิเคราะห์พลังงานการนำความร้อนนี้จะถือเป็นสมการพื้นฐานในการวิเคราะห์การสูญเสียพลังงาน และการได้รับพลังงานความร้อนผ่านผนังชนิดต่างๆ

$$Q = \frac{k}{x} \times A \times (T_2 - T_1) \qquad (2.1)$$

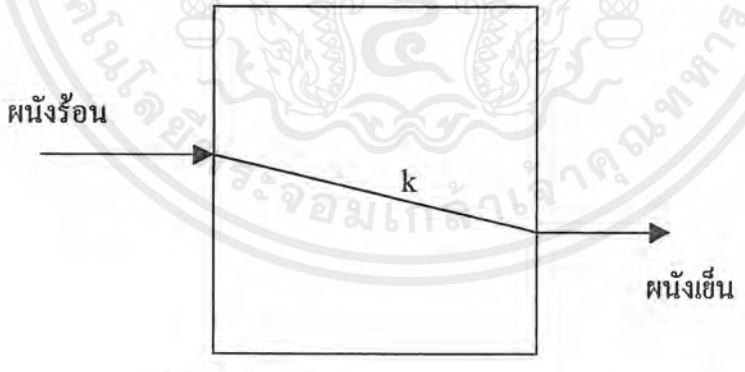
เมื่อ Q คือ การไหลของความร้อน

k คือ ค่าคงที่การนำความร้อน (thermal conductivity)

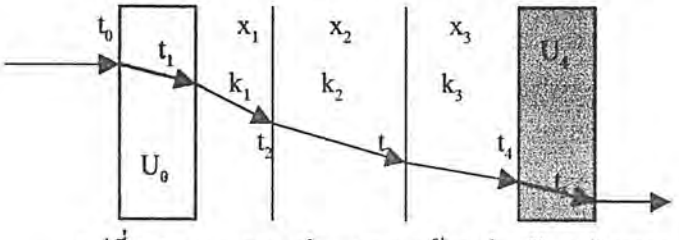
A คือ พื้นที่ผนัง

ΔT คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผนังทั้ง 2 ด้าน

ค่าคงที่การนำความร้อน(k) หมายถึงค่าที่แสดงถึงความสามารถของวัสดุในการนำความร้อน ถ้าค่าคงที่การนำความร้อนสูงจะหมายความว่าวัสดุที่นำมาใช้นั้นเป็นวัสดุที่สามารถนำความร้อนได้ต่ำ หรือแสดงว่าวัสดุนั้นเป็นฉนวนความร้อนที่ดี แต่ในทางกลับกันถ้าค่าคงที่การนำความร้อนต่ำแสดงว่าวัสดุนั้นสามารถนำความร้อนได้ดี



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการไหลของความร้อน



รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าวัสดุที่ใช้ทำผนังเป็นผนังแบบวัสดุประกอบไม่ใช่วัสดุเนื้อเดียว (Homogenous) ดังรูปที่ 2.3 เราสามารถวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุประกอบได้

$$Q = \frac{A(t_0 - t_5)}{\frac{1}{U_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{U_4}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ Q คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังประกอบ

t_o คือ อุณหภูมิภายนอกผนัง

t_5 คือ อุณหภูมิของผนังภายใน

U_n คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

x_n คือ ความหนาของวัสดุประกอบที่นำมาทำผนังในแต่ละชั้น

k_n คือ ค่าคงที่การนำความร้อน

ค่าคงที่การนำความร้อนของวัสดุเนื้อเดียว เราจะสามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$U = \frac{k}{x} \qquad (2.3)$$

เมื่อ U คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน

k คือ ค่าคงที่การนำความร้อน

x คือ ความหนาของผนัง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การนำความร้อนและค่าความต้านทาน (R) จะพบว่ามีความสัมพันธ์ดังนี้

$$R = \frac{1}{U} = \frac{x}{k} \qquad (2.4)$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

k คือ ค่าคงที่การนำความร้อน

x คือ ความหนาของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหล (ก๊าซและของเหลว) โดยที่เมื่อไรก็ตามที่มีความแตกต่างของความหนาแน่นแล้วจะมีโอกาสการเกิดการพาความร้อนขึ้น

2.2.1.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การแผ่รังสีถือเป็นการถ่ายความร้อนโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า วัตถุทุกชนิดจะมีการแผ่รังสีอยู่ในตัว และเมื่อมีการแผ่รังสีไปสู่วัตถุอื่นๆ วัตถุที่ได้รับการแผ่รังสีมานั้นก็จะทำการส่งผ่านหรือสะท้อนหรือดูดซับรังสีที่ได้รับมานั้น การดูดซับพลังงานก็จะเป็นการอมความร้อนเอาไว้ในตัว

2.2.2 ความร้อนที่ไม่ต้องการ (Unwanted heat)

ในอาคารของเราจะมีแหล่งพลังงานความร้อนอยู่ 3 แหล่งหลักๆ คือ

- ผนังและเพดาน
- เครื่องใช้ไฟฟ้า
- แสงแดดที่ผ่านหน้าต่าง

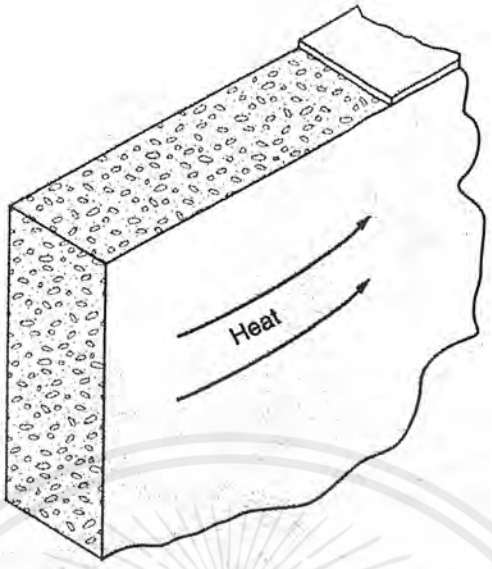
โดยที่การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งพลังงานทั้ง 3 แหล่งนี้ก็จะอาศัยหลักการการส่งถ่ายพลังงานคือการนำความร้อน, การพาความร้อนและการแผ่รังสี การที่จะลดความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร เราสามารถทำได้โดย

1. ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนมาสร้างเป็นผนัง
2. ปิดรูรั่วของผนังเพื่อลดการซึมผ่านของความร้อน (Air Infiltration)
3. สร้างท่อระบายอากาศให้เพียงพอ

2.2.3 ระนาบความร้อนที่เท่ากัน (Isothermal Plane)

พลังงานมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปตามระนาบความร้อนขนานไปกับพื้นผิวของวัสดุ ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

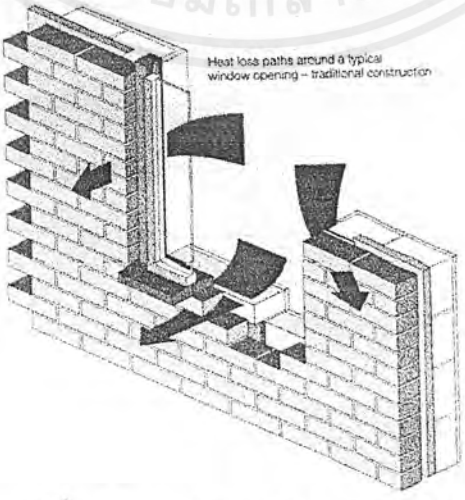


รูปที่ 2.4 แสดงการเคลื่อนที่ของความร้อนไปตามระนาบความร้อนที่เท่ากัน

พลังงานความร้อนจะพยายามเคลื่อนที่ไปตามระนาบดังกล่าว เพื่อที่จะหาทางถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าไปยังวัสดุนั้นๆ โดยที่พลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่ไปตามระนาบความร้อนที่เท่ากัน (Isothermal Plane) ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบสะพานความร้อน (Thermal Bridge) ซึ่งก็คือรอยแตก (Crack)ระหว่างผนัง

2.2.4 สะพานความร้อน (Thermal Bridge)

สะพานความร้อนถือเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในอาคาร สะพานความร้อนคือจุดที่ความร้อนสามารถแทรกเข้ามาในอาคารได้ เช่นรอยแตก ซึ่งผ่านเข้ามาทางวัสดุที่ไม่เป็นฉนวน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะสะพานความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วสะพานความร้อนจะพบในผนังภายนอกที่ซึ่งอุณหภูมิ 2 แห่งแตกต่างกันมาก พื้นที่ว่างในช่องประตู หรือหน้าต่างอาจจะได้รับการบุด้วยฉนวนหรือไม่ก็ได้ ทำให้ความร้อนจะพยายามเข้ามาทางผนังส่วนที่มีความต้านทานความร้อนต่ำสุด จากนั้นจะพยายามเคลื่อนที่ไปรอบๆ เพื่อที่จะพยายามหาทางเข้ามาภายในอาคาร โดยผ่านสะพานความร้อน

2.2.5 ที่กักอากาศ (Dead Air Space)

ในทางทฤษฎีแล้ว การไหลของความร้อนจะไม่เกิดขึ้นผ่านสุญญากาศ ซึ่งเราสามารถนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้กับสะพานความร้อนเพื่อสร้างวัสดุฉนวนความร้อนขึ้นมา แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่สามารถทำได้ ทำให้เราต้องหาทางเปลี่ยนหลักการของที่กักอากาศ (Dead Air Space) มาเป็นระบบหยุดความร้อน (Thermal Break System) ซึ่งก็คือการนำวัสดุที่มีค่าความต้านทานมาประกอบกันโดยที่มีช่องว่างตรงกลางของวัสดุเป็นอากาศ

2.2.6 ค่าการปล่อยพลังงาน การดูดซับ และสีของวัสดุ (Emission, Absorption and Material Color)

วัสดุที่ใช้ในการสร้างอาคารจะมีความสามารถในการดูดซับพลังงาน และสะท้อนพลังงานแตกต่างกันออกไป การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีจะแตกต่างไปจากการนำความร้อนและการพาความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีเป็นปรากฏการณ์ทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คล้ายกับการส่งผ่านของแสง, คลื่นวิทยุ และรังสีเอ็กซ์ (X-ray) การเปลี่ยนแปลงสุทธิของความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อการดูดซับรังสีของวัตถุหนึ่งๆ ดูดซับรังสีมากกว่าพลังงานที่วัสดุอื่นส่งมา วัตถุที่ดูดซับพลังงานทั้งหมดนี้จะเรียกว่าวัตถุดำ (Black body) วัตถุดำจะมีความสามารถในการส่งผ่านรังสีเท่ากับ 1 หมายความว่าวัตถุดำนี้จะสามารถสะท้อนและดูดซับพลังงานได้เท่ากัน โดยที่สัดส่วนของความร้อนที่ถูกสะท้อนออกไปจะเรียกว่า ค่าการสะท้อนของวัสดุ (Reflectivity) และสัดส่วนความร้อนที่วัตถุสามารถดูดซับ เรียกว่าค่าการดูดซับของวัตถุ (Absorptivity) ในขณะที่ประสิทธิภาพของวัตถุในฐานะตัวแผ่รังสีความร้อนที่อุณหภูมิที่กำหนดจะเรียกว่า ค่าการปล่อยพลังงาน (Emission)

ค่าการปล่อยพลังงาน(Emission) คือการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการปล่อยพลังงานของวัตถุ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ เทียบกับวัตถุดำที่อุณหภูมิเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = \frac{R_m}{R_b} \qquad (2.5)$$

เมื่อ R_m คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุ

R_b คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุดำ

เนื่องจากพระอาทิตย์เป็นตัวแผ่รังสีขนาดใหญ่ อาคารของเราจึงถือว่าเป็นตัวรับความร้อนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การส่งผ่านความร้อนของวัตถุ (Emissivity) จะสัมพันธ์กับปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction)กับพลังงานของรังสีที่ปล่อยออกมา(Radiant energy) หรือการปล่อยรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic Radiation) อย่างเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ และการปล่อยพลังงานอินฟราเรดชนิดความยาวคลื่นยาวของวัตถุอุ่น (Long-wavelength infrared energy radiation) การนำความร้อนและการพาความร้อนจะไม่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อน (Emissivity) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการส่งผ่านความร้อน (Emissivity) จะแปรผกผันกับค่าการสะท้อนของวัตถุ (Reflectivity) ถ้าค่าการสะท้อนของวัตถุ(Reflectivity) ค่าการปล่อยพลังงานก็จะต่ำ(Emission) วัตถุที่มีการสะท้อนแสงสูง(Reflectivity) เช่นวัตถุขัดมันเป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าการปล่อยพลังงานของวัตถุ (Emissivity)

วัสดุ	ค่าการส่งผ่านความร้อน (E)
ดินเหนียวที่นำมาทำอิฐ (Adobe)	0.90
ซีเมนต์	0.96
ซีเมนต์, แดง	0.67
ซีเมนต์, ขาว	0.65
ผ้า	0.90
กระดาษ	0.93
หินสเลท (Slate)	0.72
แอสฟัลท์, ทำพื้น (Asphalt, pavement)	0.93
แอสฟัลท์, น้ำมันดิน (Asphalt, tar paper)	0.93
หินบะซอลท์ (Basalt)	0.72
อิฐมอญ	0.93
ดินเหนียวละเอียด	0.75
ดินเหนียวผสมหินปูน (Lime Clay)	0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	ค่าการส่งผ่านความร้อน (E)
อิฐทนไฟ	0.75-0.80
อิฐเทา (Gray brick)	0.75
ซิลิก้า, สะท้อนแสง (Silica, glazed)	0.88
ซิลิก้า, ไม่สะท้อนแสง (Silica, unglazed)	0.80
หินปูน (Sandlime)	0.59-0.63
คาร์โบรันดัม (Carborundum)	0.92
อุปกรณ์ที่ทำจากดิน, สะท้อนแสง (Earthenware, glazed)	0.90
อุปกรณ์ที่ทำจากดิน, ไม่สะท้อนแสง (Earthenware, matte)	0.93
ปอซโซลาน (Porcelain)	0.92
ดินเหนียว	0.39
ดินเหนียว, เผาไฟ (Clay, fired)	0.91
ดินเหนียว, หินชนวน (Clay, shale)	0.69
แผ่นกระเบื้องดินเหนียวสีแดง (Clay tiles, light red)	0.32-0.34
แผ่นกระเบื้องดินเหนียวสีม่วงเข้ม (Clay tiles, dark purple)	0.78
คอนกรีตผิวหยาบ	0.94
แผ่นกระเบื้องไม่เผา (Tiles, natural)	0.62-0.63
แผ่นกระเบื้องสีน้ำตาล (Tiles, brown)	0.83-0.87
แผ่นกระเบื้องสีดำ (Tiles, black)	0.91-0.94
ผ้าฝ้าย	0.77
หินปูนชนิดโดโลไมท์ (Dolomite lime)	0.41
แก้ว	0.92-0.94
หินแกรนิต	0.45
กรวด	0.28
ยิปซัม	0.80-0.90
น้ำแข็ง, เรียบ (Ice, smooth)	0.97
น้ำแข็ง, หยาบ (Ice, rough)	0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	ค่าการส่งผ่านความร้อน (E)
ไลม์ มอร์ต้า (Lime mortar)	0.90-0.92
หินปูน	0.95
หินอ่อน, ขาว	0.95
หินอ่อน, ผิวเรียบ, สีขาว	0.56
หินอ่อน ,ขัดมัน, สีเทา	0.75
ไมก้า (mica)	0.75
อลูมิเนียมฟอร์ยที่ไม่ได้เคลือบน้ำมันสน (Linseed oil, on uncoated aluminium foil)	0.09
อลูมิเนียมฟอร์ยที่เคลือบน้ำมันสนทั้ง 2 ด้าน (Linseed oil, on 2 coats aluminium foil)	0.56
สีฟ้า	0.94
สีดำ	0.96
สีเขียว	0.92
สีแดง	0.91
สีเหลือง	0.90
สีอลูมินัม (paint, aluminum)	0.27-0.67
สีบรอนซ์	0.34-0.80
แร่ควอตซ์ผิวหยาบ	0.93
ยางแข็ง	0.94
ยางอ่อนสีเทา	0.86
ทราย	0.76
หินทราย	0.67
หินศิลาแลง	0.60-0.83
ขี้เลื่อย	0.75
หินชนวน	0.69
ซิลิก้า, ขัดมัน	0.85
ซิลิก้า, ไม่ขัดมัน	0.75
ซิลิกอนคาร์ไบด์	0.83-0.96
ผ้าไหม	0.78
หินสเลท	0.67-0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	ค่าการส่งผ่านความร้อน (E)
หิมะ, ละเอียด	0.82
หิมะ, ก้อน	0.89
ผิวดิน	0.38
ดินสีดำ	0.66
ดินที่มีสารอินทรีย์สูง	0.38
ถ่านหิน	0.95
ของที่ทำจากหิน	0.67
น้ำ	0.67
วัสดุที่ใช้ทำวัสดุทนไฟ (waterglass)	0.96
ไม้	0.80-0.90
ไม้เนื้อแข็งแผ่น	0.94
ไม้โอ๊คแผ่น	0.91

ที่มา หนังสือ Energy Systems โดย Robert Carrow หน้า 126

เนื่องจากค่าการปล่อยพลังงานของวัตถุ(Emissivity)จะแตกต่างไปตามฟังก์ชั่นของอุณหภูมิและพื้นที่ผิวตบแต่ง(Finishing surface) เพราะฉะนั้นค่าที่แสดงในตารางที่ 2.2 จึงเป็นเพียงค่าเบื้องต้นเท่านั้น

สีเองก็มีผลต่อการการประหยัดพลังงานด้วยเช่นกัน เราจำเป็นที่จะต้องทราบว่าอาคารของเราต้องการเป็นตัวส่งผ่านความร้อน หรือรับความร้อย ซึ่งถ้าเราต้องการให้ภายในอาคารมีความอบอุ่นเราก็จำเป็นต้องเลือกสีที่มีความเข้ม แต่เมื่อต้องการให้มีความสามารถในการดูดความร้อนเราก็จำเป็นที่จะต้องเลือกสีอ่อน เพื่อให้สามารถสะท้อนความร้อนได้ดี ดังแสดงค่าในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าการดูดซับความร้อนสัมพัทธ์ของวัสดุต่างๆ

วัสดุ	ค่าการดูดซับ
อลูมิเนียมฟอร์ย	0.15
กระดาษเคลือบน้ำมันทาร์	0.93
คอนกรีต	0.60
ทรายแห้ง	0.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วัสดุ	ค่าการดูดซับ
สีดำสนิท	0.96
หิมะ	0.13
ท่อกัลวาไนซ์	0.65
หินแกรนิต	0.55
กราไฟท์	0.78
สีเขียว	0.50
กันสาดสีเขียว (Green roll roofing)	0.88
สีเทา	0.75
อิฐแดง	0.55
สีแดง	0.74
สีน้ำมัน สีขาว	0.35
สีขาว	0.20
สีปลาสเตอร์ สีขาว	0.07

หมายเหตุ ค่าการดูดซับมีค่าเป็น 1.00 แทนค่า 100 %

ที่มา หนังสือ Energy Systems โดย Robert Carrow หน้า 127

จากตารางที่ 2.3 พบว่าวัตถุผิวเรียบที่มาสีดำจะมีค่าการดูดซับพลังงานถึง 96% ขณะที่วัตถุที่ทาสีขาวมีความสามารถที่จะดูดซับพลังงานได้เพียง 20% เท่านั้น ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของสีกับผนังอาคารภายนอกด้วย

2.2.7 ความจุความร้อน (Heat Capacity)

มวลสารของวัสดุต่างๆต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการกักเก็บความร้อนไว้ได้ และยอมให้เกิดการถ่ายเทความร้อนซึ่งเกิดขึ้นไม่เท่ากัน สิ่งที่ว่านี้เรียกว่า ค่าความจุความร้อน ซึ่งหมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น 1 องศา โดยทั่วไปวัสดุประเภทมวลมาก(Heavy Material) เมื่อเปรียบเทียบต่อปริมาตรมักจะมีความจุความร้อนสูง

ในการออกแบบแล้วจะให้ความสนใจความจุความร้อนต่อปริมาตร ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่า ค่าความจุความร้อน(Heat Capacity) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

36772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความจุความร้อนต่อปริมาตร(Heat Capacity of Material per Volume)

วัสดุ	ความจุความร้อนต่อปริมาตร(btu/ft^3 ° F)
น้ำ	62.4
เหล็ก	59
ไม้	26
อิฐ	25
คอนกรีต	22
วัสดุฉนวนโฟม	1
อากาศ	0.02

ที่มา หนังสือ Energy Systems โดย Robert Carrow หน้า 128

2.2.8 ค่าความต้านทานอุณหภูมิ (Thermal Resistance)

ค่าความสามารถที่ตรงข้ามกับค่าการส่งผ่านความร้อน หรือสภาพที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนทำได้ไม่ดีนั้นเรียกว่า ค่าความต้านทานอุณหภูมิ (Thermal Resistance) ซึ่งพบเห็นกันอยู่บ่อยๆ ในการพิจารณาคุณสมบัติความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความต้านทานอุณหภูมิของวัสดุต่างๆ เช่นไม้หนา 1 นิ้ว มีค่าความต้านทานเท่ากับคอนกรีตหนา 12 นิ้ว

2.2.9 การหน่วงเวลา (Time Lag)

ถ้าพิจารณาดูระหว่างคอนกรีตหนา 12 นิ้วกับไม้หนา 1 นิ้ว โดยให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างด้านนอกและด้านในของคอนกรีต ด้านที่อุณหภูมิสูงจะมีการถ่ายเทความร้อนไปหาด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจะไม่สูงขึ้นในทันที แต่จะค่อยๆอุ่นขึ้นภายหลังในระยะเวลาหนึ่งจนถึงจุดอิ่มตัว(Fill up the Heat Capacity) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้กับวัสดุที่เป็นไม้หนา 1 นิ้วนั้น จะเกิดขึ้นเร็วกว่า ปรากฏการณ์การชะลอตัวของการถ่ายเทความร้อนนี้เรียกว่า การหน่วงเวลา

จากการศึกษาพบว่าวัสดุที่มีขนาดความจุหรือปริมาตรโดยมวลวัสดุสูง(High Capacity Materials) มีการหน่วงเวลา(Time Lag)ของการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า วัสดุโดยมวลต่อปริมาตรต่ำ (Low Capacity Materials และปรากฏการณ์การหน่วงเวลา(Time Lag) สิ้นสุดลงเมื่อปริมาตรความจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อน มีการกักเก็บความร้อนเต็มที่ (the storage tank is full)อีกทั้งภายใต้สภาวะคงที่(Steady-state) ไม่มีการเกิดการหน่วงเวลา(Time Lag) แต่ในสภาพความเป็นจริง การหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ

2.2.10 ความเป็นฉนวนของวัสดุ (Insulation materials)

หลักที่พิจารณาโดยทั่วไปในความเป็นฉนวนของวัสดุมีดังนี้

- คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถทนต่ออุณหภูมิภายนอกที่สูง หรือต่ำได้ดี
- มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพการใช้งานไม่เสียรูป หรือเสื่อมสภาพง่าย
- ใช้ได้ในทุกสภาวะอากาศง่ายต่อการติดตั้ง ดูแลรักษา และซ่อมแซม

รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถต้านทานความร้อนของวัสดุต่างๆที่ความหนา 1 นิ้ว

ที่มา หนังสือเทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า โดย สุนทร บุญญาธิการ หน้า 140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV)

ในการออกแบบและวางแผนอาคารก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานนั้น ในปัจจุบันรัฐบาลได้ออกกฎหมายตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ดูภาคผนวก ก) โดยที่รัฐบาลได้กำหนดค่าเบื้องต้นของแสงสว่างและขนาดเครื่องปรับอากาศมาให้ โดยที่ค่า OTTV ถือว่าเป็นดัชนีตัวหนึ่งที่ใช้ในการบอกถึงความสามารถในการอนุรักษ์พลังงานของผนัง

ค่า OTTV เป็นการวัดการใช้พลังงานของกรอบอาคาร (Building envelope) การวิเคราะห์หาค่า OTTV นั้นมีไว้ให้บุคคลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบอาคารใช้ในการพิจารณาออกแบบชนิดผนังภายนอก, หน้าต่าง, ประตู ฯลฯ ให้เหมาะสมกับค่า OTTV ที่กำหนดไว้ในพระราชกำหนด

ความร้อนที่ผนังอาคารได้รับจากแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งที่จะถูกกำจัด หรือดูดซับโดยเครื่องปรับอากาศ เพื่อที่จะลดภาระของเครื่องปรับอากาศ เราจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานขึ้นมา ซึ่งมีวิธีการมากมายหลายอย่าง แต่วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือเลือกชนิดของผนังภายนอกที่จะนำมาใช้ทำอาคาร

2.3.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV Calculation)

เมื่อผนังมีความแตกต่างในทิศทางการวางอาคาร (Orientation) ก็ย่อมที่จะได้รับจำนวนความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนวณค่า OTTV จากผนังแต่ละชนิด จากนั้นจึงคำนวณค่า OTTV ทั้งหมดของกรอบอาคารโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบวิธีถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average)

การคำนวณค่า OTTV ผ่านผนังแต่ละด้านสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.6

$$OTTV = \frac{(A_w \times U_w \times \alpha \times TD_{eq}) + (A_{fw} \times Sc \times ESM \times Sf)}{A_{ow}} \qquad (2.6)$$

เมื่อ A_w คือ พื้นที่ของผนังทึบ หน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร เซลเซียส ($W/m^2\ ^\circ c$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α คือ ค่าการดูดซับพลังงานของผนังทึบ

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference) สำหรับผนัง หน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°c)

A_{fw} คือ พื้นที่ของส่วนโปร่งแสง(Fenestration Wall)เช่นผนังกระจก, ประตู, หรือหน้าต่าง หน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

Sc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของส่วนโปร่งแสงของส่วนโปร่งแสงในผนัง (Shading coefficient of fenestration in wall)

ESM คือ ตัวคูณการบังแดดภายนอก (External Shading Multiplier)

Sf คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

A_{ow} คือ พื้นที่ผนังภายนอกทั้งหมด หน่วยเป็นตารางเมตร(m^2)

การคำนวณค่า OTTV ของกรอบอาคาร

$$OTTV = \frac{Ao_1 \times OTTV_1 + Ao_2 \times OTTV_2 + ... + Ao_n \times OTTV_n}{A_1 + A_2 + ... + A_n} \quad (2.7)$$

เมื่อ Ao_n คือ พื้นที่ผนังด้านต่างๆของอาคาร หน่วยเป็นตารางเมตร(m^2)

$OTTV_n$ คือ ค่า OTTV ของผนังในด้านต่างๆ

2.3.2 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์และพารามิเตอร์ต่างๆในการคำนวณค่า OTTV (Calculation Coefficients and Parameters of OTTV)

2.3.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (Thermal Transmittance of Opaque Wall, U)

ผนังทึบมักจะประกอบด้วยวัสดุหลายๆชนิด ดังนั้นเราสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบได้ดังสมการ 2.8

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + ... + \frac{x_n}{k_n} + R_a + R_o} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

k คือ ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร (Thermal Transmittance) หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร เซลเซียส ($W/m^2\ °c$)

x คือ ความหนาของวัสดุประกอบที่นำมาทำผนัง หน่วยเป็นเมตร (m)

R_i คือ ค่าความต้านทานของฟิล์มผนังของผนังภายใน (Surface Film Resistance of Internal Surface) หน่วยเป็น ตารางเมตร เซลเซียสต่อวัตต์ ($m^2°c/ W$)

R_o คือ ค่าความต้านทานของฟิล์มผนังของผนังภายนอก (Surface Film Resistance of External Surface) หน่วยเป็น ตารางเมตร เซลเซียสต่อวัตต์ ($m^2°c/ W$)

R_a คือ ค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ (Air Space Resistance) หน่วยเป็น ตารางเมตร เซลเซียสต่อวัตต์ ($m^2°c/ W$)

2.3.2.2 ค่าคงที่การนำความร้อน (Thermal Conductivity, k)

ค่าคงที่การเหนี่ยวนำความร้อนสามารถหาได้จากตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคงที่การนำความร้อน (k)

ชนิดของวัสดุ	ความหนาแน่น kg/ m^3	ค่าคงที่การนำความร้อน (k) $W/m^2\ °c$
แอสฟัลท์	2350	1.15
วัสดุแผ่น		
1. ไม้คอร์ก (Cork)	145	0.042
2. ไม้เนื้อแข็งที่มีความหนาแน่นสูง	1010	0.144
3. แผ่นไฟเบอร์	265	0.053
4. แผ่นปลาสเตอร์บอร์ด	950	0.16
อิฐ	1900	0.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวัสดุ	ความหนาแน่น kg/ m^3	ค่าคงที่การนำความร้อน (k) W/m^2 °c
คอนกรีต		
1. คอนกรีตธรรมดา	2400	2.16
2. คอนกรีตมวลเบา	1300	0.44
3. แผ่นพื้น	2100	1.10
แก้ว	2500	1.05
กระเบื้องหลังคาชนิดโมซาอิค	2500	1.50
วัสดุฉนวน		
1. ฉนวนแก้ว	32	0.035
2. ขนสัตว์	50	0.039
3. แผ่นโพลีสไตรีน (Polystyrene expanded)	25	0.034
4. โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane foam)	30	0.026
โลหะ		
1. อลูมิเนียมอัลลอยด์	2800	160
2. ทองแดง	8900	200
3. โลหะ คาร์บอน	7800	50
ปลาสเตอร์/วัสดุฉาบ (Plaster/render)		
1. ยิปซัม	1120	0.38
2. ยิปซัมผสมทราย	1570	0.53
3. ปูนทราย	1860	0.72
วัสดุประสาน (Screeding)		
1. ซีเมนต์มอร์ต้า	1860	0.72
2. เทอรัซโซ่ (Terrazzo)	2435	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวัสดุ	ความหนาแน่น kg/ m^3	ค่าคงที่การนำความร้อน (k) W/m^2 °c
หิน		
1. แกรนิต	2650	2.9
2. หินอ่อน	2500	2.0

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv.htm#table4

2.3.2.3 ค่าความต้านทานของฟิล์มผนัง (Surface Film Resistance, R_i, R_o)

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความต้านทานของฟิล์มผนังชนิดต่างๆ

ชนิดของผนัง	ค่าความต้านทานของฟิล์มผนัง m^2°c/ W
ผนังภายใน (R_I)	
ค่าการดูดซับความร้อน มากกว่า 0.5	0.120
ค่าการดูดซับความร้อน น้อยกว่า 0.5	0.299
ผนังภายนอก (R_o)	0.044

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

2.3.2.4 ค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ (Air Space Resistance, R_a)

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความต้านทานอากาศของผนังชนิดต่างๆ

ชนิดความต้านทานอากาศ	ค่าความต้านทานอากาศ (R_a) m^2°c/ W					
	5 mm	10 mm	20 mm	50 mm	75 mm	100 mm
มีช่องว่างตามแนวดิ่ง (ความร้อนไหลตามแนวนอน)						
1. ค่าการดูดซับมากกว่า 0.5	0.110	0.123	0.148	0.153	0.156	0.160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดความต้านทานอากาศ	ค่าความต้านทานอากาศ (R_a) $m^2°c/W$					
	5 mm	10 mm	20 mm	50 mm	75 mm	100 mm
2. ค่าการดูดซับน้อยกว่า 0.5	0.250	0.359	0.578	0.589	0.597	0.606

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

2.3.2.5 ค่าการดูดซับความร้อน (Absorptivity, α)

จากการศึกษาวิจัยพบว่าพื้นผิวและสีของผนังชนิดต่างๆซึ่งก็คือค่าการดูดซับความร้อน มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อพลังงาน ซึ่งค่าการดูดซับความร้อนนี้จะถูกนำมารวมในการคำนวณค่าความร้อนในฐานะของค่าคงที่ที่ใช้ในการคูณกับค่า TD_{eq} (Multiplication Constant to the Equivalent Temperature Difference) ดังแสดงในตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าการดูดซับความร้อนสำหรับวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	ค่าการดูดซับความร้อน
แก้วดำ	1.0
คอนกรีตดำ	0.91
อิฐสีฟ้า	0.89
อิฐสีแดง	0.88
Bituminous felt	0.88
หินสเลทสีเทาฟ้า	0.87
หลังคาทาสีเขียว	0.86
คอนกรีตสีน้ำตาล	0.85
แอลฟัลท์ทำผิวทาง	0.82
ไม้	0.78
คอนกรีต ไม่มีสี	0.68
หินอ่อนขาว	0.58
กระเบื้องโมซาอิคสีขาว	0.58
อิฐสีเนื้อ	0.55
หลังคาสีขาว	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวัสดุ	ค่าการดูดซับความร้อน
Bituminous felt aluminized	0.40
กรวด	0.29
อิฐสีขาวเงา	0.25
แผ่นอลูมิเนียมชีทขัดมัน	0.12
Aluminized mylar film	0.10
ผิวดีบุก	0.05

ที่มา หนังสือ Energy Systems โดย Robert Carrow หน้า 125

ตารางที่ 2.9 แสดงชนิดการทาสีกับค่าการดูดซับความร้อน

ชนิดการทาสี	ค่าการดูดซับความร้อน
สีดำเข้ม	0.98
สีดำ	0.95
แลคเกอร์สีดำ	0.92
สีดำเทา	0.91
แลคเกอร์สีดำอ่อน	0.91
สีน้ำมันสีดำ	0.90
สีมะกอกเข้ม	0.89
แลคเกอร์สีน้ำเงินเข้มหรือเขียวเข้ม	0.88
สีน้ำตาลเข้ม	0.88
สีฟ้าเทา	0.88
สีน้ำตาล	0.84
สีน้ำตาลอ่อน	0.80
แลคเกอร์สีน้ำตาลหรือเขียว	0.79
สีน้ำตาลแดง	0.78
สีน้ำมันสีเทาอ่อน	0.75
สีน้ำมันสีแดง	0.74
สีเขียวหม่น	0.59
สีส้ม	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดการทาสี	ค่าการดูดซับความร้อน
สีเหลือง	0.57
สีฟ้า	0.51
สีเขียวขี้ม้า	0.51
สีเขียวอ่อน	0.47
สีอลูมินัม	0.40
สีขาว	0.30
สีขาวสว่าง	0.25
สีเงิน	0.25
แลคเกอร์สีขาว	0.21
Laboratory vapour deposited coating	0.02

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

2.3.2.6 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

จากการศึกษาพบว่ามวลความร้อน (Thermal mass) มีผลต่อการไหลของความร้อนทั้งหมดผ่านผนัง ค่า TD_{eq}สำหรับผนังนั้นจะขึ้นอยู่กับมวลของผนัง, ความหนาแน่น และทิศทางการวางอาคาร โดยที่จากการวิจัยพบว่าการก่อสร้างโดยใช้มวลขนาดใหญ่จะให้ค่าที่ดีกว่าการใช้มวลขนาดเล็กเพราะสามารถต้านทานการส่งผ่านความร้อนได้ดีกว่า โดยแสดงค่าในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

ทิศของผนัง	ความหนาแน่นของผนัง (kg/m^2)				
	น้อยกว่า 22	23-199	200-379	380-569	มากกว่า 570
N	3.70	3.38	2.72	2.05	1.70
NNE	4.65	4.21	3.30	2.36	1.88
NE	5.60	5.03	3.86	2.67	2.05
ENE	6.55	5.86	4.44	2.98	2.23
E	7.50	6.68	5.01	3.28	2.40
ESE	7.05	6.26	4.65	3.00	2.15
SE	6.60	5.85	4.30	2.71	1.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศของผนัง	ความหนาแน่นของผนัง (kg/m^2)				
	น้อยกว่า 22	23-199	200-379	380-569	มากกว่า 570
S	5.70	5.01	3.60	2.15	1.40
SSW	6.15	5.42	3.92	2.37	1.58
SW	6.60	5.82	4.23	2.59	1.75
WSW	6.55	5.81	4.29	2.73	1.93
W	6.50	5.79	4.35	2.86	2.10
WNW	5.80	5.19	3.94	2.66	2.00
NW	5.10	4.59	3.54	2.45	1.90
NNW	4.40	3.98	3.13	2.25	180

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

2.3.2.7 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสง (Shading Coefficient of fenestration, Sc)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Sc) เป็นอัตรส่วนของความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในผนังกระจกแต่ละชนิดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด กับความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจกชีท 2 ชั้นภายใต้สภาวะเดียวกัน

2.3.2.8 ค่าตัวคูณของการบังแดดภายนอก (External Shading Multiplier, ESM)

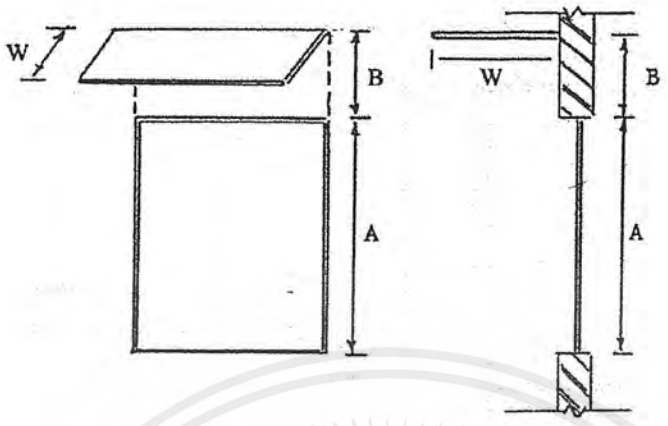
การบังแดดของหน้าต่างถือเป็นส่วนสำคัญในการลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาในผนังอาคาร การบังแดด (Shading) สามารถทำได้โดยการบังด้านบน, ด้านข้าง หรือบังทั้งด้านบนและด้านล่าง

2.3.2.8.1 การบังแดดด้านบน (Overhang Projections to windows)

ค่าตัวคูณของการบังแดดภายนอกสำหรับการบังแดดด้านบน สามารถหาได้จากตารางที่ 2.11 โดยที่ค่าที่ได้จะต้องเป็นไปตามค่าตัวคูณของการบังแดดด้านบน (Overhang Projection Factor, OPF) และทิศทางของผนัง เราสามารถหาค่า OPF ได้จากสมการ 2.9

$$OPF = \frac{B}{A} \qquad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงตัวแปรในการคำนวณค่าบังแดดด้านบน

ตารางที่ 2.11 แสดงค่า ESM ของทิศในมุมต่างๆสำหรับการบังแดดด้านบน

OPF	ESM			
	N	NE/NW	S/E/W	SE/SW
0.00	1.000	1.000	1.000	1.000
0.05	0.975	0.969	0.962	0.962
0.10	0.951	0.939	0.926	0.926
0.15	0.928	0.909	0.890	0.890
0.20	0.905	0.880	0.856	0.856
0.25	0.883	0.853	0.823	0.823
0.30	0.861	0.826	0.790	0.790
0.35	0.840	0.800	0.759	0.759
0.40	0.820	0.774	0.729	0.729
0.45	0.800	0.750	0.700	0.700
0.50	0.781	0.726	0.672	0.672
0.55	0.762	0.704	0.645	0.645
0.60	0.744	0.682	0.620	0.620
0.65	0.726	0.661	0.595	0.595
0.70	0.710	0.641	0.572	0.572

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPF	ESM			
	N	NE/NW	S/E/W	SE/SW
0.75	0.693	0.621	0.549	0.549
0.80	0.678	0.603	0.528	0.528
0.85	0.663	0.585	0.507	0.507
0.90	0.648	0.568	0.488	0.488
0.95	0.634	0.552	0.470	0.470
1.00	0.621	0.537	0.453	0.453

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

หมายเหตุ 1. ถ้าค่า OPF ของอาคารไม่มีอยู่ในตารางให้ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์ เพื่อค่าที่ถูกต้อง

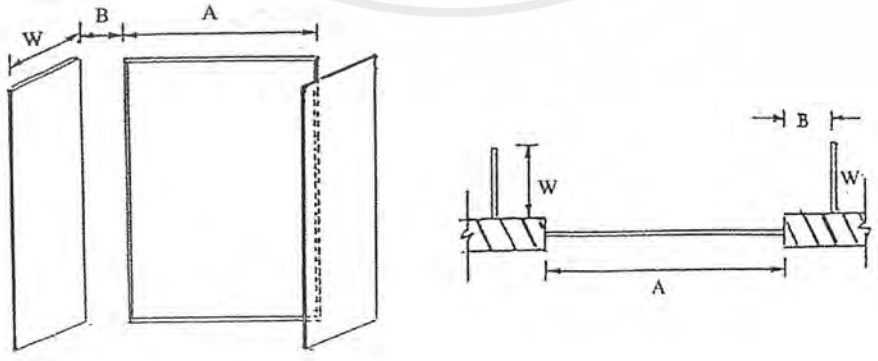
2. ถ้าค่า OPF มากกว่า 1.00 ถือว่าค่าที่มากกว่า 1.00 นี้จะทำให้เกิดค่าที่ผิดพลาดขึ้นในการคำนวณ

3. ค่า ESM ของทิศใต้, ตะวันออกและตะวันตกจะเท่ากันเพราะถือว่าแต่ละทิศใกล้กัน

2.3.2.8.2 การบังแดดด้านข้าง (Sidefin Projections to windows)

ค่าตัวคูณของการบังแดดภายนอกสำหรับการบังแดดด้านข้าง สามารถหาได้จากตารางที่ 2.12 โดยที่ค่าที่ได้จะต้องเป็นไปตามค่าตัวคูณของการบังแดดด้านข้าง (Sidefin Projection Factor, SPF) และทิศทางของผนัง เราสามารถหาค่า SPF ได้จากสมการ2.10

$$SPF = \frac{B}{A} \qquad (2.10)$$



รูปที่ 2.8 แสดงตัวแปรในการคำนวณค่าบังแดดด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงค่า ESM ของทิศในมุมต่างๆสำหรับการบังแดดด้านข้าง

SPF	ESM							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.05	0.955	0.964	0.974	0.968	0.962	0.968	0.968	0.964
0.10	0.911	0.929	0.948	0.937	0.925	0.936	0.947	0.929
0.15	0.869	0.896	0.923	0.906	0.890	0.906	0.922	0.895
0.20	0.828	0.863	0.898	0.877	0.855	0.876	0.897	0.863
0.25	0.789	0.832	0.875	0.848	0.822	0.848	0.873	0.831
0.30	0.751	0.801	0.852	0.821	0.790	0.820	0.850	0.800
0.35	0.714	0.772	0.829	0.794	0.759	0.793	0.828	0.771
0.40	0.679	0.743	0.807	0.768	0.729	0.767	0.806	0.742
0.45	0.645	0.716	0.786	0.743	0.700	0.743	0.785	0.715
0.50	0.613	0.690	0.766	0.719	0.673	0.719	0.765	0.689
0.55	0.582	0.664	0.746	0.696	0.646	0.696	0.746	0.664
0.60	0.553	0.640	0.727	0.674	0.621	0.674	0.727	0.640
0.65	0.525	0.617	0.729	0.653	0.596	0.653	0.709	0.617
0.70	0.499	0.595	0.691	0.632	0.573	0.633	0.692	0.595
0.75	0.473	0.574	0.674	0.613	0.551	0.613	0.675	0.574
0.80	0.450	0.554	0.658	0.594	0.531	0.595	0.660	0.555
0.85	0.428	0.535	0.642	0.577	0.511	0.578	0.645	0.536
0.90	0.407	0.517	0.627	0.560	0.493	0.561	0.930	0.519
0.95	0.388	0.500	0.613	0.544	0.475	0.546	0.917	0.502
1.00	0.370	0.484	0.599	0.529	0.459	0.531	0.604	0.487
1.05	0.354	0.470	0.586	0.515	0.444	0.518	0.592	0.473
1.10	0.339	0.456	0.574	0.502	0.430	0.505	0.581	0.460
1.15	0.325	0.444	0.562	0.490	0.417	0.494	0.570	0.448
1.20	0.313	0.432	0.551	0.478	0.406	0.483	0.560	0.437
1.25	0.302	0.422	0.541	0.468	0.395	0.473	0.551	0.427
1.30	0.293	0.412	0.531	0.458	0.386	0.464	0.543	0.418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPF	ESM							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1.35	0.286	0.404	0.522	0.450	0.377	0.456	0.535	0.410
1.40	0.279	0.396	0.514	0.442	0.370	0.449	0.528	0.404
1.45	0.274	0.390	0.506	0.435	0.364	0.443	0.522	0.398
1.50	0.271	0.385	0.499	0.429	0.359	0.438	0.517	0.394

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

หมายเหตุ 1. ถ้าค่า SPF มากกว่า 1.50 จะถือว่า ว่าค่าที่มากกว่า 1.50 นี้จะทำให้เกิดค่าที่ผิดพลาดขึ้นในการคำนวณ

2. ถ้าค่า SPF ของอาคารไม่มีอยู่ในตารางให้ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

2.3.2.9 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor, Sf)

ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับพื้นผิวอาคารตั้งฉากกับทิศต่างๆ และค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับพื้นผิวอาคารที่วางขนานกับทิศต่างๆ สามารถหาได้จากตารางที่ 2.13 จากการวิจัยพบว่าความลาดเอียง และมุมของผนังสามารถหาได้ได้การแตกเข้าแนวดิ่งและแนวนอน

ตารางที่ 2.13 แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

ทิศ	ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Sf)
N	104
NE	138
E	168
SE	197
S	191
SW	202
W	175
NW	138
NNE	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศ	ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Sf)
ENE	153
ESE	183
SSE	194
SSW	197
WSW	189
WNW	157
NNW	121
Sf แนวนอน	264

ที่มา http://arch.hku.hk/researcg/BEER/hkottv#table4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ข้อมูล

3.1 ข้อมูลค่าก่อสร้างของผนังชนิดต่างๆ

เนื่องจากหัวข้อโครงงานพิเศษนี้มุ่งประเด็นไปที่ราคาเป็นหลัก เพื่อเทียบถึงผลลัพธ์และศึกษาเปรียบเทียบถึงราคาและปัจจัยในการบำรุงรักษาผนังชนิดต่าง ดังนั้นราคาตัวแรกที่ต้องคำนึงถึงคือราคาค่าก่อสร้าง ข้อมูลส่วนใหญ่จะมาจากการสอบถามข้อมูลจากวิศวกรในส่วนของค่าแรง ส่วนราคาค่าของนั้นจะอ้างอิงของกระทรวงพาณิชย์เนื่องจากเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังชนิดต่าง ๆ

ลำดับ	ชนิดของผนัง	ราคา (บาท/ตารางเมตร)	หมายเหตุ
1.	กระจกโฟลตหนา 10 มิลลิเมตร	2700	ราคารวมค่าแรง
2.	กระจกติดฟิล์ม	3400	ราคารวมค่าแรง
3.	กระจกชนิด reflective	3800	ราคารวมค่าแรง
4.	กระจกสีชา 2 ชั้น	6000	ราคารวมค่าแรง
5.	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป	950	ราคารวมค่าแรง
6.	ผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนเรียบ	420	ราคารวมค่าแรง
7.	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	320	ราคารวมค่าแรง
8.	ผนังกระเบื้อง		
	- ชนิดเคลือบขาว	120	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดเคลือบสี	130	ราคาไม่รวมค่าแรง
9.	ผนังหินอ่อน		
	- ชนิดไทยทราเวอร์น	800	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดสีชมพูเขางอบ	700	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดเทาแดงโกเมนแดงน้อย	540	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดขาวเทาสระบุรี	750	ราคาไม่รวมค่าแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ชนิดของผนัง	ราคา (บาท/ตารางเมตร)	หมายเหตุ
10.	ปูหินแกรนิต		
	- ชนิดสีดำ	1900	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดสีม่วง	1200	ราคาไม่รวมค่าแรง
	- ชนิดสีปุยฝ้าย	1200	ราคาไม่รวมค่าแรง

ที่มา http://www.dedp.go.th

3.2 ข้อมูลการวิเคราะห์การอนุรักษ์โดยโปรแกรม OTTVEE version1.0a

3.2.1 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ

เพื่อให้การศึกษาเปรียบเทียบเป็นไปอย่างชัดเจน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงทำการสมมติมิติของอาคารให้มีขนาดเท่ากันหมดตลอดการทำโครงงานพิเศษ โดยที่ลักษณะอาคารมีดังนี้

1. อาคารมีขนาด กว้าง 25 เมตร ยาว 25 เมตร สูง 10 ชั้น
2. แต่ละชั้นมีความสูง 3.00 เมตร
3. ผิวภายนอกของอาคารถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง มีค่า 0.044
4. ผนังภายในของอาคารถือว่าเป็นผนังสีอ่อนมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง มีค่า 0.120
5. พื้นที่ของผนังภายนอกมีค่า 750 ตารางเมตร
6. กำหนดสีที่ใช้ทาผนังภายนอกให้มีค่าต่างๆกันดังนี้ (ดูในภาคผนวก ก)
7. ผนังกระจกมีความแตกต่างของอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
8. ผนังกระจกที่นำมาคิดไม่มี OVERHANG

3.2.2 ส่วนประกอบของผนังชนิดต่างๆ ที่ใช้ศึกษา

ส่วนประกอบและความหนาของผนังชนิดต่างๆมีผลต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากยิ่งผนังมีความหนามากขึ้นหรือมีวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนมากก็จะทำให้ภายในอาคารสามารถเก็บความเย็นได้ดี ซึ่งส่วนประกอบของผนังชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบและความหนาของผนังชนิดต่างๆ

ชนิดของผนัง	ส่วนประกอบ	ความหนา (cm)
1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น	- ปูนผสมทราย	2
	- อิฐชื้น 6%	7
	- ปูนผสมทราย	2
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น	- ปูนผสมทราย	2
	- อิฐชื้น 6%	15
	- ปูนผสมทราย	2
3. ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป	- คอนกรีตชนิดเบาความหนาแน่นมาก	12
4. ผนัง EIFS หนา 3 นิ้ว	- ฉนวนใยแก้ว	2.5
	- โฟมหนาแน่น 200 kg/m^3	15
	- แผ่นยิปซัม	1.2
	- ช่องว่างที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	10
	- แผ่นยิปซัม	1.2
5. ผนังกระเบื้อง	- ปูนผสมทราย	2
	- อิฐชื้น 6%	7
	- กระเบื้องเซรามิค	0.7
6. ผนังหินอ่อนและหินแกรนิต	- ปูนผสมทราย	2
	- อิฐชื้น 6%	7
	- หินอ่อนหรือหินแกรนิต	2
7. ผนังกระจก		
7.1 ผนังกระจกโฟลตใส	- แผ่นกระจก	1
7.2 ผนังกระจกฉนวน	- แผ่นกระจกชั้นนอก	1
	- ช่องว่างที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนสูง	0.5
	- แผ่นกระจกชั้นใน	1
	- ฟิล์มสะท้อนแสงสีชา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การคำนวณค่า OTTV รวมของผนัง

3.2.3.1 ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีอ่อน

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนทาสีอ่อน

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.4	3.4	3.4	3.4
TD	12.0	12.0	12.0	12.0
OTTV(W/m^2)	40.80	40.80	40.80	40.80
Q (W)	30600	30600	30600	30600
OTTV รวมของผนัง	40.80			

3.2.3.2 ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีปานกลาง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนทาสีปานกลาง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.4	3.4	3.4	3.4
TD	13.0	13.0	13.0	13.0
OTTV(W/m^2)	44.20	44.20	44.20	44.20
Q (W)	33150	33150	33150	33150
OTTV รวมของผนัง	44.20			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีอ่อน

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.5 แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนทาสีอ่อน

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	2.8	2.8	2.8	2.8
TD	10.0	10.0	10.0	10.0
OTTV(W/m^2)	28.00	28.00	28.00	28.00
Q (W)	21000	21000	21000	21000
OTTV รวมของผนัง	28.00			

3.2.3.4 ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีปานกลาง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.6 แสดงค่า OTTV รวมของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นแผ่นฉาบปูนทาสีปานกลาง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	2.8	2.8	2.8	2.8
TD	11.0	11.0	11.0	11.0
OTTV(W/m^2)	30.80	30.80	30.80	30.80
Q (W)	23100	23100	23100	23100
OTTV รวมของผนัง	30.80			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.5 ผนังหินอ่อนที่มีสีปานกลาง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.7 แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนที่มีสีปานกลาง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	11.0	11.0	11.0	11.0
OTTV(W/m^2)	39.60	39.60	39.60	39.60
Q (W)	29700	29700	29700	29700
OTTV รวมของผนัง	39.60			

3.2.3.6 ผนังหินอ่อนที่มีสีค่อนข้างเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.8 แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	12.0	12.0	12.0	12.0
OTTV(W/m^2)	43.20	43.20	43.20	43.20
Q (W)	32400	32400	32400	32400
OTTV รวมของผนัง	43.20			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.7 ผนังหินอ่อนที่มีสีเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.9 แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินอ่อนสีเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	13.0	13.0	13.0	13.0
OTTV(W/m^2)	46.80	46.80	46.80	46.80
Q (W)	35100	35100	35100	35100
OTTV รวมของผนัง	46.80			

3.2.3.8 ผนังหินแกรนิตที่มีสีค่อนข้างเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.10 แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินแกรนิตสีค่อนข้างเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.8	3.8	3.8	3.8
TD	12.0	12.0	12.0	12.0
OTTV(W/m^2)	45.60	45.60	45.60	45.60
Q (W)	34200	34200	34200	34200
OTTV รวมของผนัง	45.60			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.9 ผนังหินแกรนิตที่มีสีเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.11 แสดงค่า OTTV รวมของผนังหินแกรนิตสีเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.8	3.8	3.8	3.8
TD	13.0	13.0	13.0	13.0
OTTV(W/m^2)	49.40	49.40	49.40	49.40
Q (W)	37050	37050	37050	37050
OTTV รวมของผนัง	49.40			

3.2.3.10 ผนังกระเบื้อง ทาสีอ่อน

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.12 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระเบื้องสีอ่อน

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	12.0	12.0	12.0	12.0
OTTV(W/m^2)	43.20	43.20	43.20	43.20
Q (W)	32400	32400	32400	32400
OTTV รวมของผนัง	43.20			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.11 ผนังกระเบื้องที่มีสีปานกลาง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.13 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระเบื้องสีปานกลาง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	13.0	13.0	13.0	13.0
OTTV(W/m^2)	4680	4680	4680	4680
Q (W)	35100	35100	35100	35100
OTTV รวมของผนัง	46.80			

3.2.3.12 ผนังกระเบื้องที่มีสีค่อนข้างเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.14 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระเบื้องสีค่อนข้างเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.6	3.6	3.6	3.6
TD	14.0	14.0	14.0	14.0
OTTV(W/m^2)	50.40	50.40	50.40	50.40
Q (W)	37800	37800	37800	37800
OTTV รวมของผนัง	50.40			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.13 ผนังกระเบื้องที่มีสีเข้ม

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.15 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระเบื้องสีค่อนข้างเข้ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.5	3.5	3.5	3.5
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
OTTV(W/m^2)	54.00	54.00	54.00	54.00
Q (W)	40500	40500	40500	40500
OTTV รวมของผนัง	54.00			

3.2.2.14 ผนังคอนกรีตสำเร็จ (Precast Concrete)

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.16 แสดงค่า OTTV รวมของผนังคอนกรีตสำเร็จ

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	2.4	2.4	2.4	2.4
TD	11.0	11.0	11.0	11.0
OTTV(W/m^2)	26.40	26.40	26.40	26.40
Q (W)	19800	19800	19800	19800
OTTV รวมของผนัง	26.40			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.15 ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีอ่อน

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.17 แสดงค่า OTTV รวมของผนัง EIFS ทาสีอ่อน

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	0.3	0.3	0.3	0.3
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
OTTV(W/m^2)	4.50	4.50	4.50	4.50
Q (W)	3375	3375	3375	3375
OTTV รวมของผนัง	4.50			

3.2.3.16 ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีปานกลาง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.18 แสดงค่า OTTV รวมของผนัง EIFS ทาสีปานกลาง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	0.3	0.3	0.3	0.3
TD	16.0	16.0	16.0	16.0
OTTV(W/m^2)	4.80	4.80	4.80	4.80
Q (W)	3600	3600	3600	3600
OTTV รวมของผนัง	4.80			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.17 ผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม.

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.19 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม.

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	5.7	5.7	5.7	5.7
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
SF	111.4	179.0	171.5	178.2
SC	0.96	0.96	0.96	0.96
OTTV(W/m^2)	191.29	255.59	248.44	254.83
Q (W)	143469	191691	186333	191121
OTTV รวมของผนัง	237.54			

3.2.3.18 ผนังกระจกติดฟิล์ม

ตารางที่ 3.20 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกติดฟิล์ม

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	5.8	5.8	5.8	5.8
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
SF	111.4	179.0	171.5	178.2
SC	0.576	0.576	0.576	0.576
OTTV(W/m^2)	151.14	190.13	185.80	189.67
Q (W)	113357.52	142595.28	139346.64	142249.68
OTTV รวมของผนัง	179.18			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.19 ผนังกระจกสะท้อนแสง

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆโดยโปรแกรม OTTVEE VERSION 1.0a ได้ค่าต่างดังนี้

ตารางที่ 3.21 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกสะท้อนแสง

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	5.7	5.7	5.7	5.7
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
SF	111.4	179.0	171.5	178.2
SC	0.50	0.50	0.50	0.50
OTTV(W/m^2)	141.18	175.02	171.26	174.62
Q (W)	105885.00	131265.00	128445.00	130965.00
OTTV รวมของผนัง	165.52			

3.2.3.20 ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น

ตารางที่ 3.22 แสดงค่า OTTV รวมของผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น

	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศใต้
U	3.4	3.4	3.4	3.4
TD	15.0	15.0	15.0	15.0
SF	111.4	179.0	171.5	178.2
SC	0.226	0.226	0.226	0.226
OTTV(W/m^2)	76.17	91.46	89.76	91.28
Q (W)	57125.52	68597.28	67322.64	68461.68
OTTV รวมของผนัง	87.17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ค่าบำรุงรักษาอาคาร

ข้อมูลด้านค่าบำรุงรักษานั้นค่อนข้างคล้ายกับข้อมูลราคาก่อสร้างกล่าวคือราคาค่าบริการของบริษัทแต่ละบริษัทจะต่างกันออกไป และหลายที่ที่ไม่เปิดเผย ทำให้ราคาที่ได้เป็นราคาเพียงประมาณเท่านั้น อีกทั้งระยะเวลาในการบำรุงรักษาอาคารก็จะเป็นไปตามระยะเวลาที่เจ้าของอาคารต้องการ ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับที่ผู้ประกอบการกำหนด แต่ในงานศึกษานี้จะอ้างอิงระยะเวลาตามที่ผู้ประกอบการแนะนำ อีกทั้งในงานศึกษาครั้งนี้จะคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องทำเป็นประจำเท่านั้นเช่น ผนังกระจก จะคิดที่ค่าทำความสะอาดคือค่าเช็ดกระจก และค่าเปลี่ยนซิลิโคนเท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงค่าบำรุงรักษาอันเนื่องมาจากการชำรุดเสียหายของวัสดุ

ตารางที่ 3.23 แสดงราคาค่าบำรุงรักษาสำหรับผนังชนิดต่างๆ

ลำดับ	ชนิดของผนัง	ชนิดของการบำรุงรักษา	ปี/ครั้ง	ราคาเหมาทั้งอาคารตัวอย่าง
1	ผนังกระจก	- ทำความสะอาด - เปลี่ยนซิลิโคน	0.5 3-5	190,000 75,000
2	ผนังหินอ่อน	- ค่าทำความสะอาด	1	230,000
3	ผนังหินแกรนิต	- ค่าทำความสะอาด	1	230,000
4	ผนังกระเบื้อง	- ค่าทำความสะอาด	1	250,000
5	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป	- ค่าทาสี	15	210,000
6	ผนังก่ออิฐ	- ค่าทาสี	15	210,000
7	ผนัง EIFS	- ค่าทาสี	15	210,000

ที่มา บ. เวิลด์ โปรจำกัด, 1 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวแปรที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของอาคาร

ชนิดของค่าใช้จ่าย	ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
ค่าก่อสร้างเริ่มต้น	- ชนิดของผนัง
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	- ชนิดของผนัง - สีที่ใช้ทาภายนอก
ค่าบำรุงรักษา	- ชนิดของผนัง

4.2 การวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างกรอบอาคารเบื้องต้น

ตารางที่ 4.2 แสดงราคาค่าก่อสร้างสุทธิของผนังชนิดต่างๆ

ชนิดของผนัง	ราคาค่าก่อสร้างผนังอาคารตัวอย่าง (ล้านบาท)
1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสี	1.53
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสี	2.13
3. ผนังหินอ่อน	3.75
4. ผนังหินแกรนิตที่มีสีค่อนข้างเข้ม	5.1
5. ผนังหินแกรนิตที่มีสีเข้ม	7.2
6. ผนังกระเบื้อง	3.1
7. ผนังคอนกรีตสำเร็จ	2.85
8. ผนัง EIFS ขนาด 3 นิ้ว	4.5
9. ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.	7.5
10. ผนังกระจกติดฟิล์ม	10.2
11. ผนังกระจกสะท้อนแสง	11.1
12. ผนังกระจกใสสีชา 2 ชั้น	24

ที่มา บ.ทีม คอนซัลแต้นท์ จำกัด , 27 ธันวาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์พลังงานโดยใช้โปรแกรม OTTVEE version 1.0a

4.3.1 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type No.5 ภาระการออกแบบที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

อุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบ	25^{0} C
ความชื้นที่ต้องการในการออกแบบ	40% (ความชื้นสัมพัทธ์ 25-70%)
ข้อมูลภูมิอากาศ	กรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 10 ปี
วันเริ่มต้น	1 มกราคม (วันจันทร์)
วันหยุด	1 ม.ค. (วันปีใหม่) 11 ก.พ. (วันมาฆะบูชา) 6 เม.ย. (วันจักรี) 13-15 เม.ย. (วันสงกรานต์) 1 พ.ค. (วันแรงงาน) 5 พ.ค. (วันฉัตรมงคล) 10 พ.ค. (วันวิสาขบูชา)8-9 ก.ค. (วันอาสาฬหบูชา) 12 ส.ค. (วันเฉลิมฯ) 23 ต.ค. (วันปิยะมหาราช) 5 ธ.ค. (วันเฉลิมฯ) 10 ธ.ค. (วันรัฐธรรมนูญ) 31 ธ.ค. (วันสิ้นปี)
ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศแบบ Split type No.5 (EER 10.6) ราคา 32000 บาทต่อตัน
เวลาทำการ	จันทร์-ศุกร์ 8.00 น.- 18.00 น. ,เสาร์ 8.00 น.- 12.00 น.
น้ำหนักพื้นและชนิดผนังภายใน	น้ำหนักปานกลาง
การรั่วไหลของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ	0.2 ครั้ง/ชั่วโมง
กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร	นั่งทำงานในสำนักงานหรืออพาร์ทเม้นท์
ปริมาณผู้ใช้อาคาร	15 ตารางเมตร ต่อ 1 คน(คำนวณปริมาณอากาศบริสุทธิ์เปลี่ยนแปลงตามจำนวนคน)
รูปแบบการเข้าออก	ผู้ใช้อาคารหรือบ้านพักอาศัย
ปริมาณการระบายอากาศ	0 ครั้ง/ชั่วโมง
การใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	
ภายในบริเวณปรับอากาศ	16 วัตต์/ตารางเมตร
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	การใช้แสงสว่างภายใน อาคารสำนักงาน
ภายนอกบริเวณปรับอากาศ	ฟลูออเรสเซนต์ 40 watt + Ballard ธรรมดา 40 watt สูญเสีย 10 watt
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	
การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า	10 watt/m^2
รูปแบบ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงการคำนวณราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าต่อปีของผนังชนิดต่างๆ

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
1. ผนังก่ออิฐ				
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีอ่อน	143.15	43.66	4,580,916	1,953,899
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีปานกลาง	143.15	43.66	4,580,916	1,953,899
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีอ่อน	123.03	50.80	3,937,066	1,862,082
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีปานกลาง	123.03	50.80	3,937,066	1,862,082
2. ผนังคอนกรีตสำเร็จ	122.48	51.03	3,919,375	1,979,740
3. ผนังปูหิน				
- ผนังหินอ่อนสีปานกลาง	147.13	42.48	4,708,184	1,972,149
- ผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม	147.13	42.48	4,708,184	1,972,149
- ผนังหินอ่อนสีเข้ม	147.13	42.48	4,708,184	1,972,149
- ผนังหินแกรนิตสีค่อนข้างเข้ม	147.13	42.48	4,708,184	1,988,825
- ผนังหินแกรนิตสีเข้ม	147.13	42.48	4,708,184	1,988,825
4. ผนังกระเบื้อง				
- สีอ่อน	145.14	43.06	4,644,550	1,963,024
- สีปานกลาง	145.14	43.06	4,644,550	1,963,024
- สีค่อนข้างเข้ม	145.14	43.06	4,644,550	1,963,024
- สีเข้ม	145.14	43.06	4,644,550	1,963,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
5. ผนัง EIFS HHEM				
- 3" สีอ่อน	92.55	67.53	2,961,569	1,692,743
- 3" สีปานกลาง	92.55	67.53	2,961,569	1,692,743
6. ผนังกระจก				
- กระจกโฟลตใส หนา 10 mm	344.24	18.16	11,015,748	2,941,064
- กระจกติดฟิล์ม	256.87	24.33	8,219,791	2,549,618
- กระจกสะท้อนแสง	242.17	25.81	7,749,455	2,466,201
- กระจกฉนวน	171.39	36.47	5,484,498	2,094,406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type No.5 ภาระการออกแบบที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

อุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบ	25 ^{0} C
ความชื้นที่ต้องการในการออกแบบ	50% (ความชื้นสัมพัทธ์ 25-70%)
ข้อมูลภูมิอากาศ	กรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 10 ปี
วันเริ่มต้น	1 มกราคม (วันจันทร์)
วันหยุด	1 ม.ค. (วันปีใหม่) 11 ก.พ. (วันมาฆะบูชา) 6 เม.ย. (วันจักรี) 13-15 เม.ย. (วันสงกรานต์) 1 พ.ค. (วันแรงงาน) 5 พ.ค. (วันฉัตรมงคล) 10 พ.ค. (วันวิสาขบูชา)8-9 ก.ค. (วันอาสาฬหบูชา) 12 ส.ค. (วันเฉลิมฯ) 23 ต.ค. (วันปิยะมหาราช) 5 ธ.ค. (วันเฉลิมฯ) 10 ธ.ค. (วันรัฐธรรมนูญ) 31 ธ.ค. (วันสิ้นปี)
ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศแบบ Split type No.5 (EER 10.6) ราคา 32000 บาทต่อตัน
เวลาทำการ	จันทร์-ศุกร์ 8.00 น.- 18.00 น. ,เสาร์ 8.00 น.- 12.00 น.
น้ำหนักพื้นและชนิดผนังภายใน	น้ำหนักปานกลาง
การรั่วไหลของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ	0.2 ครั้ง/ชั่วโมง
กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร	นั่งทำงานในสำนักงานหรืออพาร์ทเม้นท์
ปริมาณผู้ใช้อาคาร	15 ตารางเมตร ต่อ 1 คน(คำนวณปริมาณอากาศบริสุทธิ์เปลี่ยนแปลงตามจำนวนคน)
รูปแบบการเข้าออก	ผู้ใช้อาคารหรือบ้านพักอาศัย
ปริมาณการระบายอากาศ	0 ครั้ง/ชั่วโมง
การใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	
ภายในบริเวณปรับอากาศ	16 วัตต์/ตารางเมตร
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	การใช้แสงสว่างภายใน อาคารสำนักงาน
ภายนอกบริเวณปรับอากาศ	ฟลูออเรสเซนต์ 40 watt + Ballard ธรรมดา 40 watt สูญเสีย 10 watt
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	
การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า	10 watt/m^2
รูปแบบ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าต่อปีของผนังแต่ละชนิด

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
1. ผนังก่ออิฐ				
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีอ่อน	139.42	44.83	4,461,590	1,928,543
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีปานกลาง	139.42	44.83	4,461,590	1,928,543
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีอ่อน	119.08	52.48	3,810,621	1,836,617
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีปานกลาง	119.08	52.48	3,810,621	1,836,617
2. ผนังคอนกรีตสำเร็จ	118.97	52.23	3,807,168	1,951,662
3. ผนังปูหิน				
- ผนังหินอ่อนสีปานกลาง	143.40	43.58	4,588,858	1,946,793
- ผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม	143.40	43.58	4,588,858	1,946,793
- ผนังหินอ่อนสีเข้ม	143.40	43.58	4,588,858	1,946,793
- ผนังหินแกรนิตสีค่อนข้างเข้ม	147.38	42.41	4,716,126	1,963,475
- ผนังหินแกรนิตสีเข้ม	147.38	42.41	4,716,126	1,963,475
4. ผนังกระเบื้อง				
- สีอ่อน	141.41	44.20	4,525,224	1,937,668
- สีปานกลาง	141.41	44.20	4,525,224	1,937,668
- สีค่อนข้างเข้ม	141.41	44.20	4,525,224	1,937,668
- สีเข้ม	141.41	44.20	4,525,224	1,937,668
5. ผนัง EIFS HHEM				
- 3" สีอ่อน	87.09	71.76	2,787,020	1,664,335

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3" สีปานกลาง	87.09	71.76	2,787,020	1,664,335
ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
6. ผนังกระจก				
- กระจกโฟลตใส หนา 10 mm	337.06	18.54	10,785,317	2,903,620
- กระจกติดฟิล์ม	250.41	24.96	8,013,172	2,511,513
- กระจกสะท้อนแสง	235.71	26.52	7,542,836	2,428,427
- กระจกฉนวน	164.98	37.89	5,277,897	2,.56,493

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ภาระการออกแบบที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

อุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบ	25^{0} C
ความชื้นที่ต้องการในการออกแบบ	40% (ความชื้นสัมพัทธ์ 25-70%)
ข้อมูลภูมิอากาศ	กรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 10 ปี
วันเริ่มต้น	1 มกราคม (วันจันทร์)
วันหยุด	1 ม.ค. (วันปีใหม่) 11 ก.พ. (วันมาฆะบูชา) 6 เม.ย. (วันจักรี) 13-15 เม.ย. (วันสงกรานต์) 1 พ.ค. (วันแรงงาน) 5 พ.ค. (วันฉัตรมงคล) 10 พ.ค. (วันวิสาขบูชา)8-9 ก.ค. (วันอาสาฬหบูชา) 12 ส.ค. (วันเฉลิมฯ) 23 ต.ค. (วันปิยะมหาราช) 5 ธ.ค. (วันเฉลิมฯ) 10 ธ.ค. (วันรัฐธรรมนูญ) 31 ธ.ค. (วันสิ้นปี)
ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ราคา 51000 บาทต่อตัน
เวลาทำการ	จันทร์-ศุกร์ 8.00 น.- 18.00 น. ,เสาร์ 8.00 น.- 12.00 น.
น้ำหนักพื้นและชนิดผนังภายใน	น้ำหนักปานกลาง
การรั่วไหลของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ	0.2 ครั้ง/ชั่วโมง
กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร	นั่งทำงานในสำนักงานหรืออพาร์ทเม้นท์
ปริมาณผู้ใช้อาคาร	15 ตารางเมตร ต่อ 1 คน(คำนวณปริมาณอากาศบริสุทธิ์เปลี่ยนแปลงตามจำนวนคน)
รูปแบบการเข้าออก	ผู้ใช้อาคารหรือบ้านพักอาศัย
ปริมาณการระบายอากาศ	0 ครั้ง/ชั่วโมง
การใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	
ภายในบริเวณปรับอากาศ	16 วัตต์/ตารางเมตร
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	การใช้แสงสว่างภายใน อาคารสำนักงาน
ภายนอกบริเวณปรับอากาศ	ฟลูออเรสเซนต์ 40 watt + Ballard ธรรมดา 40 watt สูญเสีย 10 watt
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	
การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า	10 watt/m^2
รูปแบบ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าของผนังแต่ละชนิด

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
1. ผนังก่ออิฐ				
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีอ่อน	143.15	43.66	7,300,845	1,960,079
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีปานกลาง	143.15	43.66	7,300,845	1,960,079
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีอ่อน	146	42.81	7,445,848	1,957,465
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีปานกลาง	146	42.81	7,445,848	1,957,465
2. ผนังคอนกรีตสำเร็จ	147.43	42.39	7,518,867	1,988,337
3. ผนังปูหิน				
- ผนังหินอ่อนสีปานกลาง	169.49	36.88	8,648,989	2,068,442
- ผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม	169.49	36.88	8,648,989	2,068,442
- ผนังหินอ่อนสีเข้ม	169.49	36.88	8,648,989	2,068,442
- ผนังหินแกรนิตสีค่อนข้างเข้ม	173.42	36.04	8,844,646	2,086,837
- ผนังหินแกรนิตสีเข้ม	173.42	36.04	8,844,646	2,086,837
5. ผนังกระเบื้อง				
- สีอ่อน	171.2	36.51	8,731,031	2,113,398
- สีปานกลาง	171.2	36.51	8,731,031	2,113,398
- สีค่อนข้างเข้ม	171.2	36.51	8,731,031	2,113,398
- สีเข้ม	171.2	36.51	8,731,031	2,113,398

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
7. ผนัง EIFS HHEM				
- 3" สีอ่อน	106.22	58.84	5,417,240	1,988,337
- 3" สีปานกลาง	106.22	58.84	5,417,240	1,988,337
8. ผนังกระจก				
- กระจกโฟลตใส หนา 10 mm	329.91	18.54	16,825,277	2,870,151
- กระจกติดฟิล์ม	234.16	26.69	11,942,409	2,474,616
- กระจกสะท้อนแสง	219.47	28.48	11,192,810	2,389,956
- กระจกฉนวน	148.69	42.03	7,583,036	2,014,175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการออกแบบ ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ภาระการออกแบบที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

อุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบ	25 ^{0} C
ความชื้นที่ต้องการในการออกแบบ	50% (ความชื้นสัมพัทธ์ 25-70%)
ข้อมูลภูมิอากาศ	กรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 10 ปี
วันเริ่มต้น	1 มกราคม (วันจันทร์)
วันหยุด	1 ม.ค. (วันปีใหม่) 11 ก.พ. (วันมาฆะบูชา) 6 เม.ย. (วันจักรี) 13-15 เม.ย. (วันสงกรานต์) 1 พ.ค. (วันแรงงาน) 5 พ.ค. (วันฉัตรมงคล) 10 พ.ค. (วันวิสาขบูชา)8-9 ก.ค. (วันอาสาฬหบูชา) 12 ส.ค. (วันเฉลิมฯ) 23 ต.ค. (วันปิยะมหาราช) 5 ธ.ค. (วันเฉลิมฯ) 10 ธ.ค. (วันรัฐธรรมนูญ) 31 ธ.ค. (วันสิ้นปี)
ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 500-1000 ตัน ราคา 51000 บาทต่อตัน
เวลาทำการ	จันทร์-ศุกร์ 8.00 น.- 18.00 น. ,เสาร์ 8.00 น.- 12.00 น.
น้ำหนักพื้นและชนิดผนังภายใน	น้ำหนักปานกลาง
การรั่วไหลของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ	0.2 ครั้ง/ชั่วโมง
กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร	นั่งทำงานในสำนักงานหรืออพาร์ทเม้นท์
ปริมาณผู้ใช้อาคาร	15 ตารางเมตร ต่อ 1 คน(คำนวณปริมาณอากาศบริสุทธิ์เปลี่ยนแปลงตามจำนวนคน)
รูปแบบการเข้าออก	ผู้ใช้อาคารหรือบ้านพักอาศัย
ปริมาณการระบายอากาศ	0 ครั้ง/ชั่วโมง
การใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	
ภายในบริเวณปรับอากาศ	16 วัตต์/ตารางเมตร
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง	การใช้แสงสว่างภายใน อาคารสำนักงาน
ภายนอกบริเวณปรับอากาศ	ฟลูออเรสเซนต์ 40 watt + Ballard ธรรมดา 40 watt สูญเสีย 10 watt
รูปแบบการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	
การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า	10 watt/m^2
รูปแบบ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงราคาระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าของผนังแต่ละชนิด

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
1. ผนังก่ออิฐ				
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีอ่อน	139.42	44.83	7,110,660	1,934,506
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นทาสีปานกลาง	139.42	44.83	7,110,660	1,934,506
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีอ่อน	139.54	44.79	7,116,548	1,919,816
- ก่ออิฐเต็มแผ่นทาสีปานกลาง	139.54	44.79	7,116,548	1,919,816
2. ผนังคอนกรีตสำเร็จ	140.97	44.34	7,189,568	1,950,587
3. ผนังปูหิน				
- ผนังหินอ่อนสีปานกลาง	163.48	39.23	8,337,379	2,030,894
- ผนังหินอ่อนสีค่อนข้างเข้ม	163.48	39.23	8,337,379	2,030,894
- ผนังหินอ่อนสีเข้ม	163.48	39.23	8,337,379	2,030,894
- ผนังหินแกรนิตสีค่อนข้างเข้ม	167.41	37.33	8,538,037	2,049,302
- ผนังหินแกรนิตสีเข้ม	167.41	37.33	8,538,037	2,049,302
6. ผนังกระเบื้อง				
- สีอ่อน	165.18	37.84	8,424,420	2,075,619
- สีปานกลาง	165.18	37.84	8,424,420	2,075,619
- สีค่อนข้างเข้ม	165.18	37.84	8,424,420	2,075,619
- สีเข้ม	165.18	37.84	8,424,420	2,075,619

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของผนัง	ขนาดระบบปรับอากาศ(ตัน)	เฉลี่ย (m^2/ตัน)	ราคาระบบปรับอากาศ (บาท)	ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)
9. ผนัง EIFS HHEM				
- 3" สีอ่อน	99.76	62.65	5,087,940	1,740,471
- 3" สีปานกลาง	99.76	62.65	5,087,940	1,740,471
10. ผนังกระจก				
- กระจกโฟลตใส หนา 10 mm	325.16	19.22	16,588,103	2,844,274
- กระจกติดฟิล์ม	230.21	27.15	11,740,888	2,448,256
- กระจกสะท้อนแสง	215.52	29	10,991,289	2,363,740
- กระจกฉนวน	144.74	43.18	7,381,515	1,987,772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 กล่าวนำ

จากการศึกษาโดยมีแนวคิดที่ว่า ผนังชนิดที่มีราคาก่อสร้างเบื้องต้นสูงแต่เมื่อใช้นานๆ ไป ค่าบำรุงรักษาและค่าไฟฟ้ากลับมีราคาที่ถูกลงกว่าผนังที่มีค่าก่อสร้างเบื้องต้นที่สูงกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน

ในเรื่องการถ่ายเทพลังงานนั้นพบว่าเราสามารถแบ่งผนังออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ผนังทึบ และผนังโปร่งแสง

จากการศึกษาพบว่า ผนังทึบจะให้ค่าการถ่ายเทพลังงาน (Q) และค่า OTTV ที่น้อยกว่าผนังโปร่งแสง ดีที่ได้แสดงผลการเปรียบเทียบรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV และค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อน (Q) ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าอาคารที่สร้างด้วยผนังกระจกจะไม่ผ่านเกณฑ์ที่ พ.ร.บ. กำหนด อนึ่งสีเองก็มีผลในด้านการถ่ายเทพลังงาน โดยที่สีเข้มก็จะดูดความร้อนได้ดีทำให้ค่า OTTV และค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อน (Q) มีค่ามากกว่าผนังที่มีสีอ่อน ดังเห็นได้จากกระเบื้องที่มีสีเข้ม จะไม่ผ่านเกณฑ์ที่ พ.ร.บ. กำหนด แต่สีอ่อนผ่านเกณฑ์ตามที่ พ.ร.บ. กำหนด

5.3 ราคาเริ่มต้นก่อสร้าง

ค่าเริ่มต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ค่าก่อสร้างผนัง

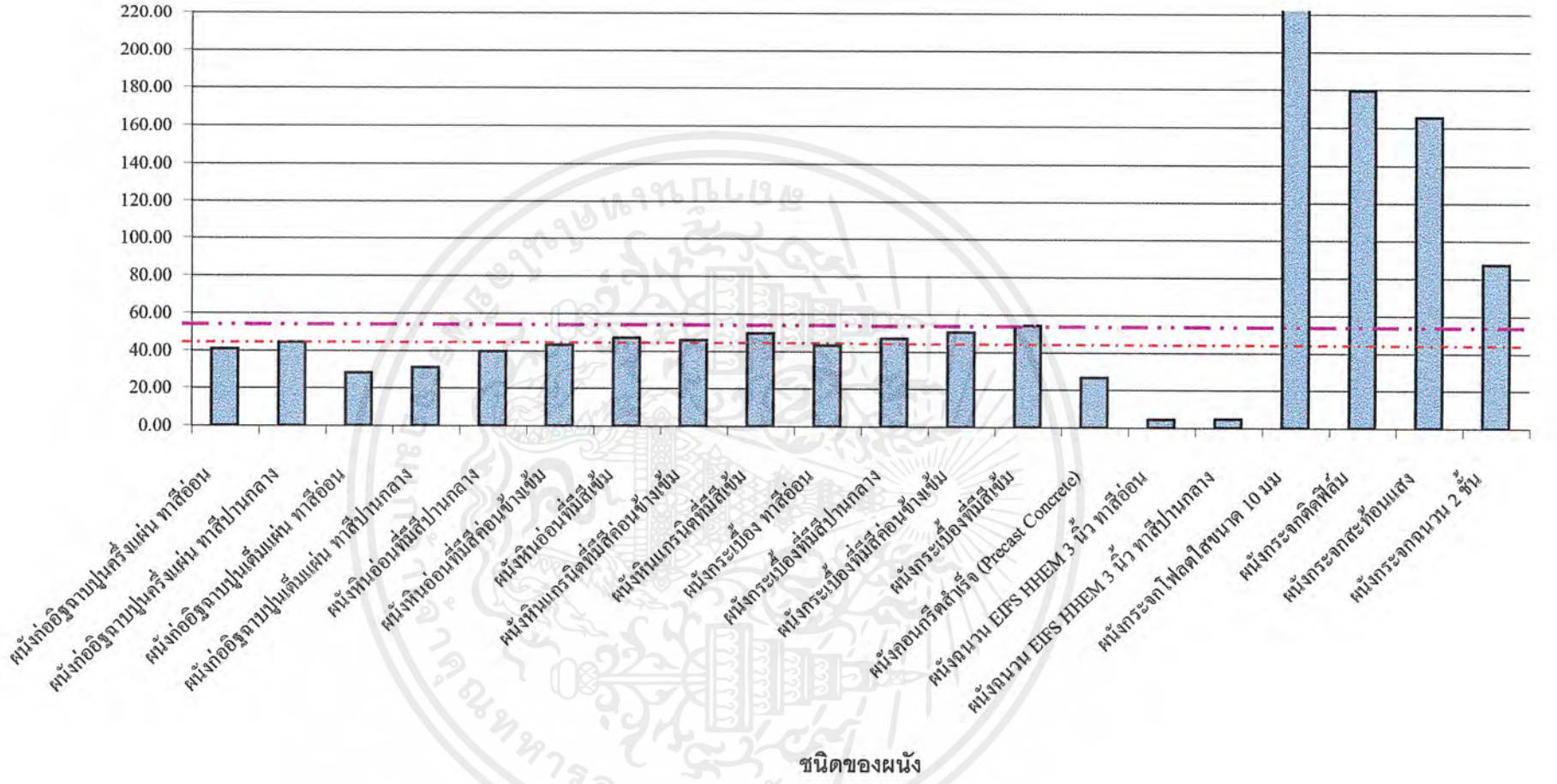
จะเป็นไปตามความยุ่งยากของงาน,ความฉนัดของช่าง และฝีมือของช่างด้วย รวมไปถึงราคาค่าวัสดุด้วย ในที่นี้ราคาค่าก่อสร้างได้รับความอนุเคราะห์มาจาก บริษัท ควอลิตี้ ทีม คอนซัลติ้ง จำกัด โดยที่ราคาของผนังบางชนิดเป็นราคาโดยเฉลี่ย เนื่องจากผนังชนิดนั้น ๆ มีหลายแบบหลายประเภท ดังแสดงในรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า OTTVรวม และค่าการถ่ายเทความร้อน (Q)ของผนังแต่ละชนิด

ชนิดของผนัง	OTTV รวม (วัตต์ต่อตารางเมตร)	การถ่ายเทความร้อน (Q) (วัตต์)
ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีอ่อน	40.80	122400.000
ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ทาสีปานกลาง	44.20	132600.000
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีอ่อน	28.00	84000.000
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น ทาสีปานกลาง	30.80	92400.000
ผนังหินอ่อนที่มีสีปานกลาง	39.60	118800.000
ผนังหินอ่อนที่มีสีค่อนข้างเข้ม	43.20	129600.000
ผนังหินอ่อนที่มีสีเข้ม	46.80	140400.000
ผนังหินแกรนิตที่มีสีค่อนข้างเข้ม	45.60	136800.000
ผนังหินแกรนิตที่มีสีเข้ม	49.40	148200.000
ผนังกระเบื้อง ทาสีอ่อน	43.20	129600.000
ผนังกระเบื้องที่มีสีปานกลาง	46.80	140400.000
ผนังกระเบื้องที่มีสีค่อนข้างเข้ม	50.40	151200.000
ผนังกระเบื้องที่มีสีเข้ม	54.00	79200.000
ผนังคอนกรีตสำเร็จ (Precast Concrete)	26.40	79200.000
ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีอ่อน	4.50	13500.000
ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว ทาสีปานกลา	4.80	14400.000
ผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม	237.54	712614.000
ผนังกระจกติดฟิล์ม	179.18	1537549.120
ผนังกระจกสะท้อนแสง	165.52	496560.000
ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น	87.17	261507.120

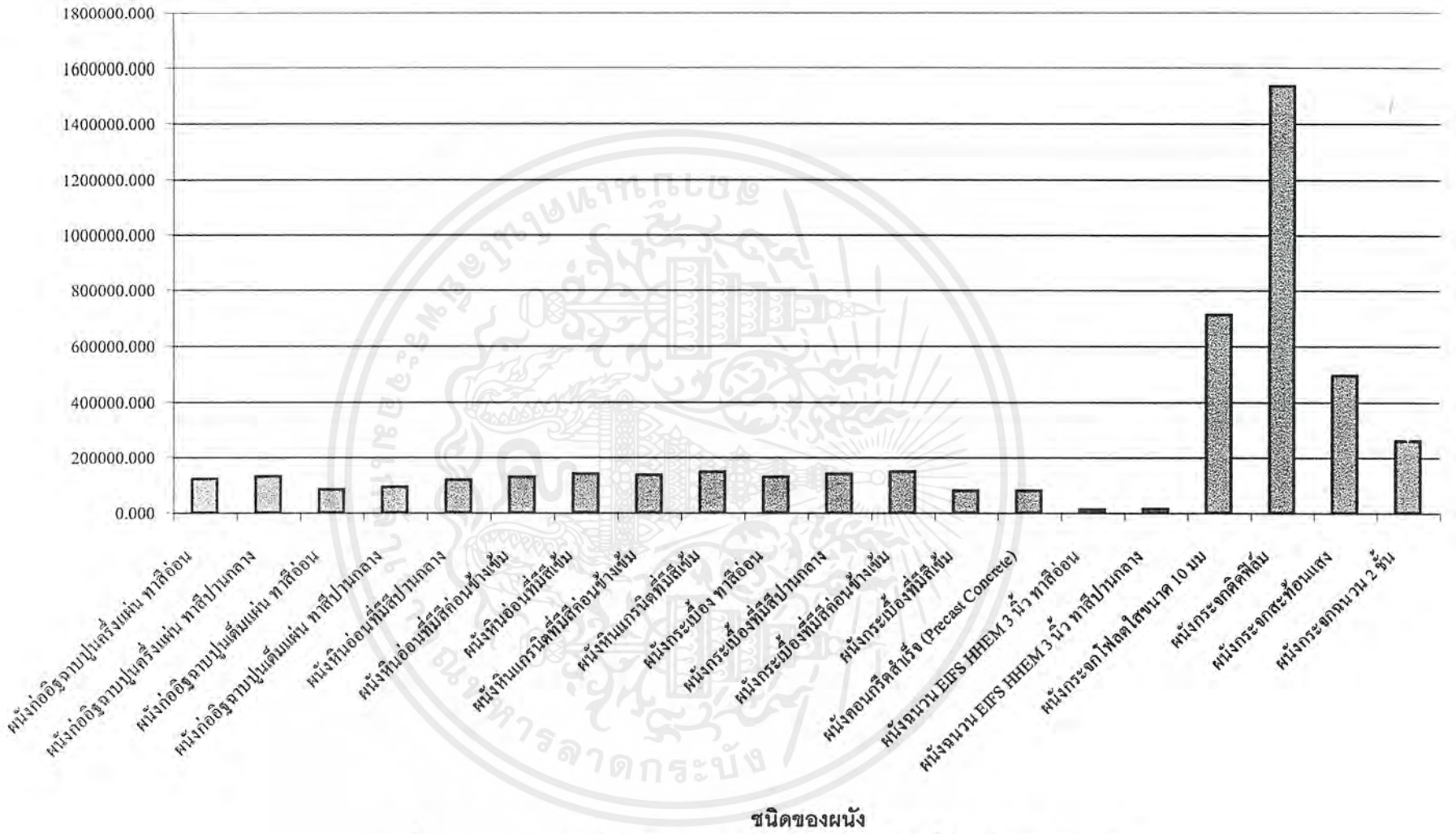
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



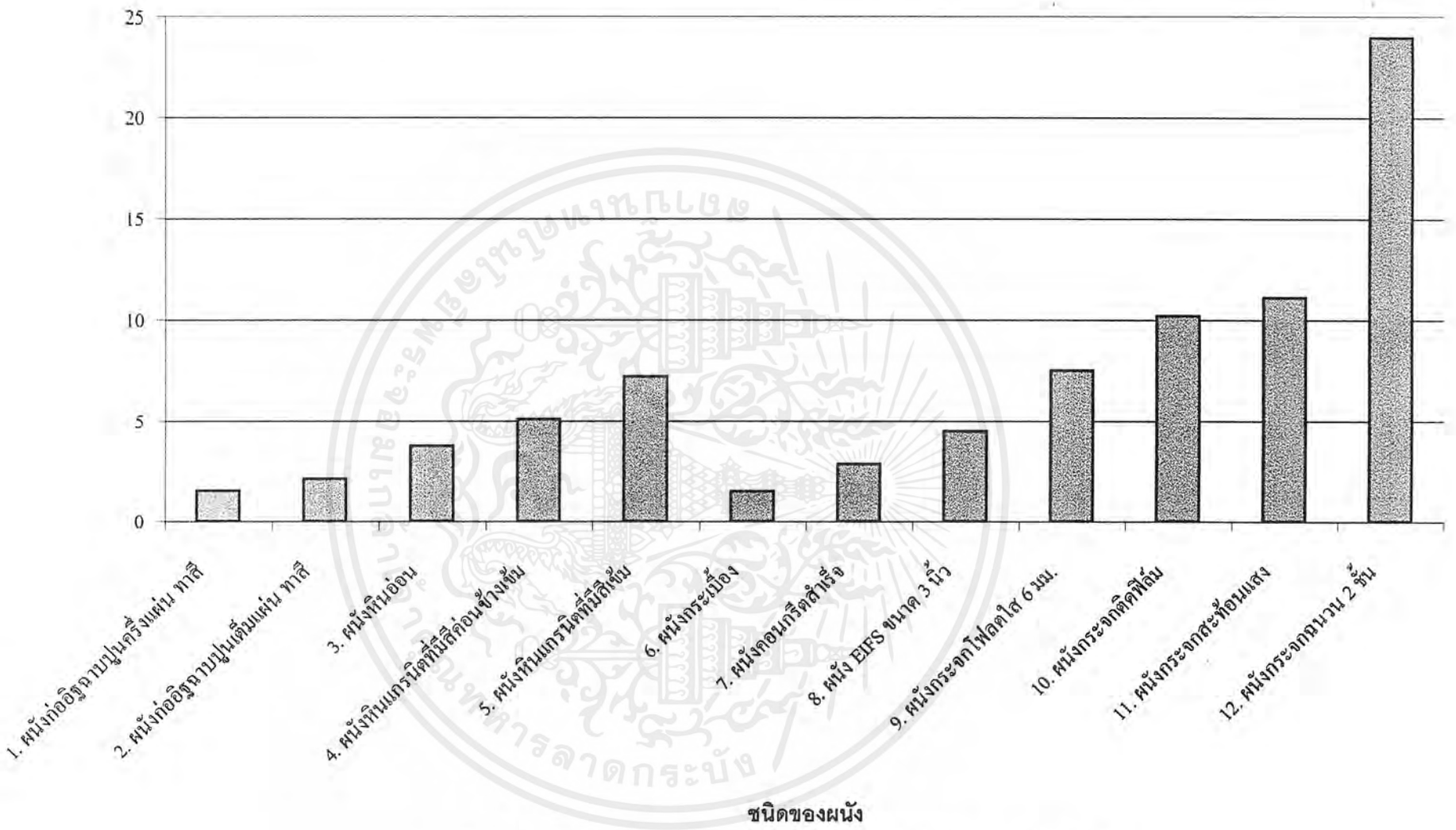
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV ของผนังชนิดต่างๆ

เส้นประสีม่วงแสดงค่า OTTV ที่ พ.ร.บ. กำหนดสำหรับอาคารเก่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตร

เส้นประสีแสดงค่า OTTV ที่ พ.ร.บ. กำหนดสำหรับอาคารใหม่ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคารตัวอย่าง



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างผนังของอาคารตัวอย่าง

2. ค่าระบบปรับอากาศ

จากการศึกษาพบว่า ค่าระบบปรับอากาศนั้นขึ้นอยู่กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังแต่ละชนิด โดยที่ถ้าผนังเป็นชนิดเดียวกันกล่าวคือผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่นที่ทาสีต่างกัน จะคำนวณขนาดระบบอากาศได้เท่ากัน ทำให้ได้ค่าระบบปรับอากาศที่เท่ากัน รวมไปถึงขนาดระบบปรับอากาศจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศแบบใดก็ตาม ดังนั้นในงานศึกษาชิ้นนี้ จะวิเคราะห์ค่าระบบปรับอากาศของระบบปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5 เป็นหลัก

ส่วนความชื้นเองก็มีผลต่อระบบปรับอากาศด้วยเช่นกัน กล่าวคือถ้าความชื้นสูง ที่ 50% จะให้ราคาระบบปรับอากาศที่ถูกกว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 40% เนื่องจากเครื่องปรับอากาศนั้นมีหน้าที่ลดความชื้นให้กับห้องด้วย ทำให้เสียพลังงานไปบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 จะพบว่าผนังภายนอกที่ให้ค่า OTTV สูงจะมีราคาระบบปรับอากาศที่มากกว่า ผนังที่ให้ค่า OTTV ต่ำ แต่เมื่อรวมภาระทั้ง 2 อย่างแล้วจะมีค่าใกล้กัน เนื่องจากผนังกรอบอาคารต่างชนิดกัน แต่ถ้าผนังอาคารชนิดนั้น มีความเป็นฉนวนมาก ก็จะลดค่าระบบปรับอากาศลง ซึ่งก็เป็นการชดเชยค่าก่อสร้างลงไปส่วนหนึ่ง แสดงในรูปที่ 5.5

5.4 ค่าบำรุงรักษา

ค่าบำรุงรักษาผนังนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของอาคารและผนังชนิดต่างๆ ก็จะมีราคาค่าบำรุงรักษาที่แตกต่างกันไป อันเนื่องมาจาก อุปกรณ์ น้ำยาเคมีภัณฑ์ และประเภทของผนัง จากการศึกษาพบว่า เราสามารถแยกชนิดผนังตามรูปแบบในการทำความสะอาดได้เป็น 4 ชนิด โดยเรียงลำดับค่าบำรุงรักษาต่อปีจากน้อยไปมากได้ดังนี้

1. ผนังฉาบปูน
2. ผนังปูหิน
3. ผนังปูกระเบื้อง
4. ผนังกระจก

โดยที่ค่าบำรุงรักษานี้ คิดถึงค่าบำรุงรักษาที่เป็นประจำ ไม่คิดในส่วนของการซ่อมรุงดเสียหาย เช่น ร่องรอยของผนังฉาบปูน การหลุดของหินหรือกระเบื้อง รวมทั้งไม่คิดถึงการแตกร้าวของกระจก ดังแสดงในรูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

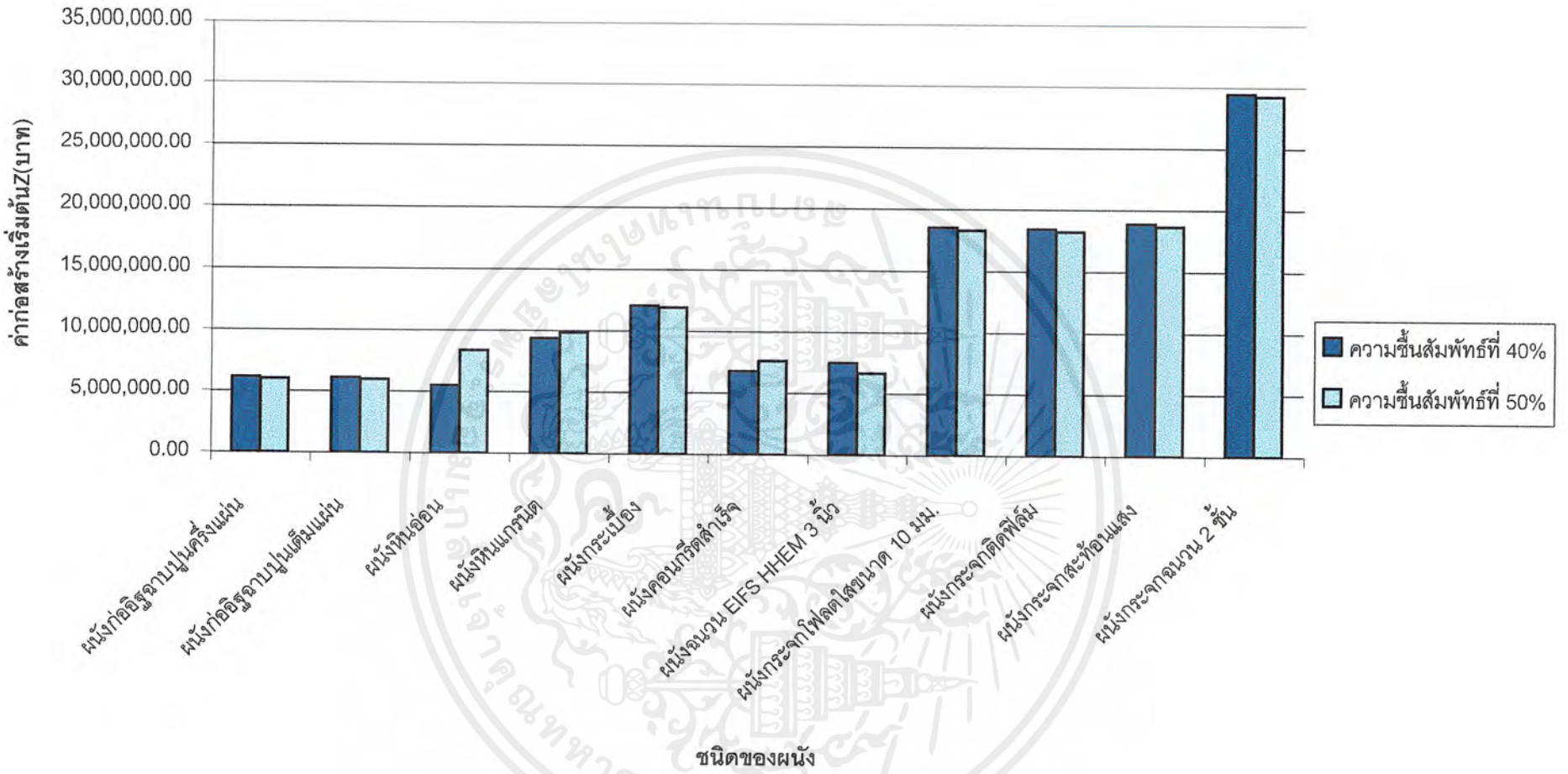
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าระบบปรับอากาศของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 และ 50%

ชนิดของผนัง	ความชื้น 40 %	ความชื้น 50%
ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น	4,461,590.59	4,580,916.59
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น	3,810,621.77	3,937,066.19
ผนังหินอ่อน	4,588,858.63	4,708,184.69
ผนังหินแกรนิต	4,835,452.57	4,716,126.67
ผนังกระเบื้อง	4,525,224.61	4,644,550.61
ผนังคอนกรีตสำเร็จ	3,807,168.10	3,919,375.69
ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว	2,787,020.37	2,961,569.61
ผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม	11,015,748.48	10,785,917.57
ผนังกระจกติดฟิล์ม	8,219,618.58	8,013,172.66
ผนังกระจกสะท้อนแสง	7,749,455.49	7,542,836.36
ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น	5,484,498.92	5,277,879.79

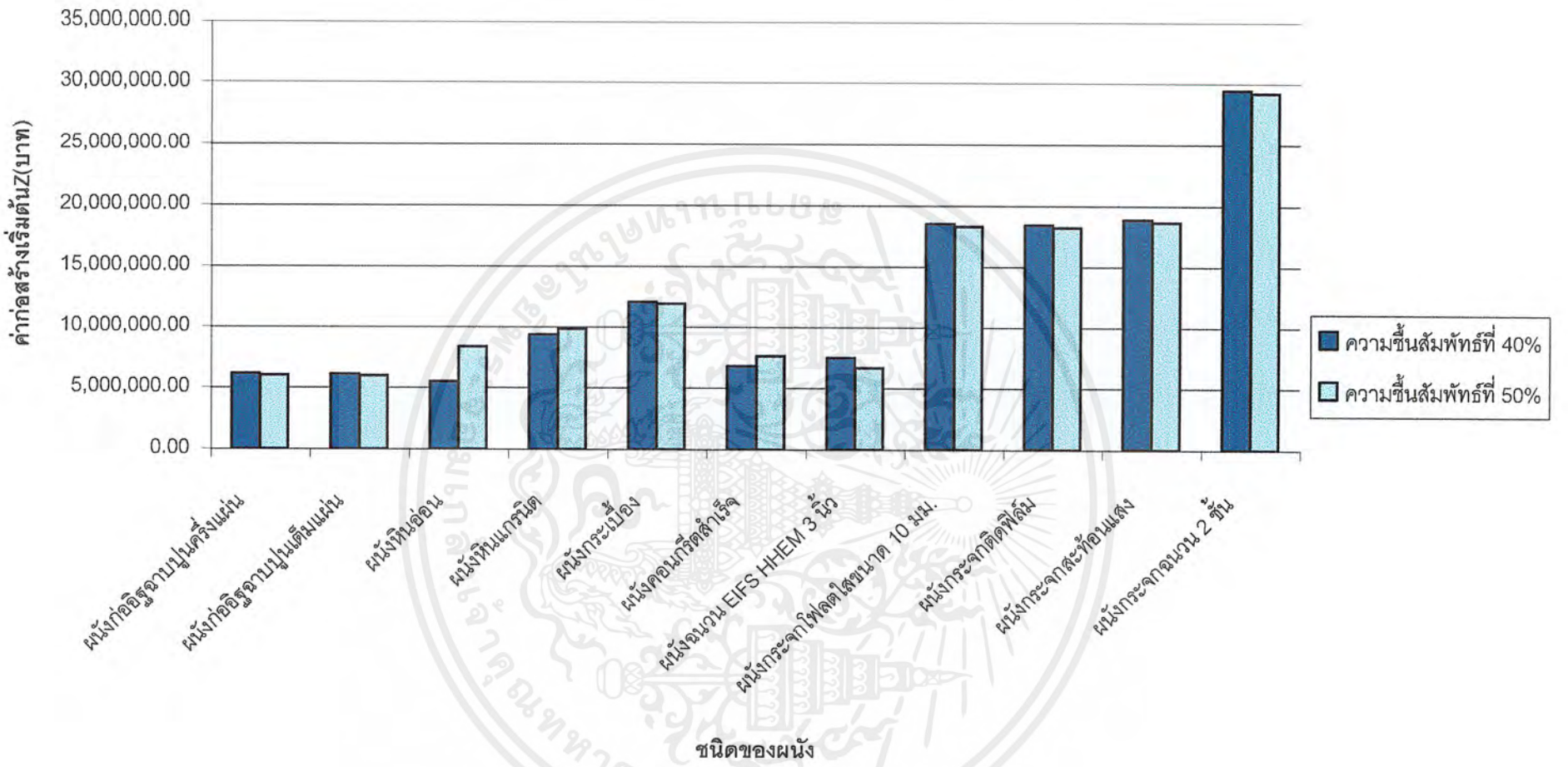
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างเริ่มต้นของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 และ 50%

ชนิดของผนัง	ความชื้น 40 %	ความชื้น 50%
ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น	6,110,615.59	5,991,590.59
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น	6,067,066.19	5,940,321.77
ผนังหินอ่อน	8,338,858.63	8,458,184.69
ผนังหินแกรนิต	9,352,452.59	9,816,127.67
ผนังกระเบื้อง	12,035,452.57	11,916,127.67
ผนังคอนกรีตสำเร็จ	6,769,375.69	7,625,224.61
ผนังฉนวน EIFS HHEM 3 นิ้ว	7,461,569.61	6,657,168.10
ผนังกระจกโฟลตใสขนาด 10 มม	18,515,748.48	18,285,917.57
ผนังกระจกติดฟิล์ม	18,419,791.79	18,213,172.66
ผนังกระจกสะท้อนแสง	18,849,455.49	18,642,836.36
ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น	29,484,498.92	29,277,879.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างเริ่มต้นของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40และ50%



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างเริ่มต้นของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40และ50%

ตารางที่ 5.4 แสดงราคาค่าบำรุงรักษาแต่ละปีของผนังอาคารตัวอย่าง

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
1	0	0	230,000.00	230,000.00	250,000.00	250,000.00	0	380,000.00	380,000.00	380,000.00	380,000.00
2	0	0	236,900.00	236,900.00	257,500.00	257,500.00	0	391,400.00	391,400.00	391,400.00	391,400.00
3	0	0	244,007.00	244,007.00	265,225.00	265,225.00	0	403,142.00	403,142.00	403,142.00	403,142.00
4	0	0	251,327.21	251,327.21	273,181.75	273,181.75	0	415,236.26	415,236.26	415,236.26	415,236.26
5	0	0	258,867.03	258,867.03	281,377.20	281,377.20	0	427,693.35	427,693.35	427,693.35	427,693.35
6	0	0	266,633.04	266,633.04	289,818.52	289,818.52	0	512,106.51	512,106.51	512,106.51	512,106.51
7	0	0	274,632.03	274,632.03	298,513.07	298,513.07	0	453,739.87	453,739.87	453,739.87	453,739.87
8	0	0	282,870.99	282,870.99	307,468.47	307,468.47	0	467,352.07	467,352.07	467,352.07	467,352.07
9	0	0	291,357.12	291,357.12	316,692.52	316,692.52	0	481,372.63	481,372.63	481,372.63	481,372.63
10	0	0	300,097.83	300,097.83	326,193.30	326,193.30	0	495,813.81	495,813.81	495,813.81	495,813.81
11	0	0	309,100.77	309,100.77	335,979.09	335,979.09	0	611,481.95	611,481.95	611,481.95	611,481.95
12	0	0	318,373.79	318,373.79	346,058.47	346,058.47	0	526,008.87	526,008.87	526,008.87	526,008.87
13	0	0	327,925.00	327,925.00	356,440.22	356,440.22	0	541,789.14	541,789.14	541,789.14	541,789.14
14	0	0	337,762.75	337,762.75	367,133.43	367,133.43	0	558,042.81	558,042.81	558,042.81	558,042.81
15	317,643.84	317,643.84	347,895.64	347,895.64	378,147.43	378,147.43	317,643.84	688,228.33	688,228.33	688,228.33	688,228.33
16	0	0	358,332.51	358,332.51	389,491.85	389,491.85	0	592,027.62	592,027.62	592,027.62	592,027.62
17	0	0	369,082.48	369,082.48	401,176.61	401,176.61	0	609,788.45	609,788.45	609,788.45	609,788.45
18	0	0	380,154.96	380,154.96	413,211.91	413,211.91	0	628,082.10	628,082.10	628,082.10	628,082.10
19	0	0	391,559.60	391,559.60	425,608.27	425,608.27	0	646,924.56	646,924.56	646,924.56	646,924.56
20	0	0	403,306.39	403,306.39	438,376.51	438,376.51	0	797,845.25	499,749.23	797,845.25	797,845.25

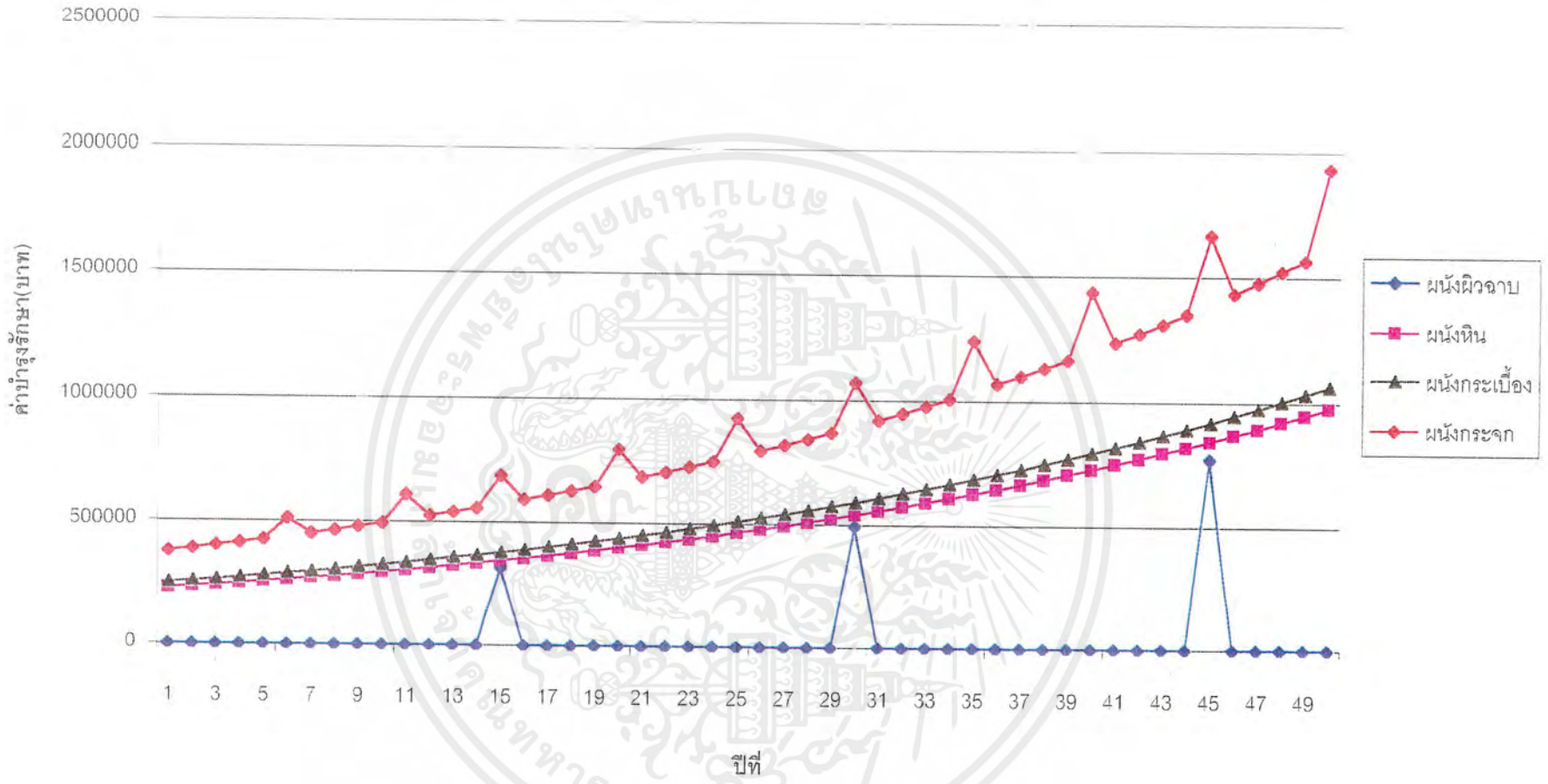
ตารางที่ 5.4 (ต่อ) แสดงราคาค่าบำรุงรักษาแต่ละปีของผนังอาคารตัวอย่าง

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
21	0	0	415,405.58	415,405.58	451,527.81	451,527.81	0	686,322.27	686,322.27	686,322.27	686,322.27
22	0	0	427,867.75	427,867.75	465,073.64	465,073.64	0	706,911.94	706,911.94	706,911.94	706,911.94
23	0	0	440,703.78	440,703.78	479,025.85	479,025.85	0	728,119.30	728,119.30	728,119.30	728,119.30
24	0	0	453,924.90	453,924.90	493,396.63	493,396.63	0	749,962.87	749,962.87	749,962.87	749,962.87
25	0	0	467,542.64	467,542.64	508,198.53	508,198.53	0	772,461.76	924,921.32	924,921.32	924,921.32
26	0	0	481,568.92	481,568.92	523,444.48	523,444.48	0	795,635.61	795,635.61	795,635.61	795,635.61
27	0	0	496,015.99	496,015.99	539,147.82	539,147.82	0	819,504.68	819,504.68	819,504.68	819,504.68
28	0	0	510,896.47	510,896.47	555,322.25	555,322.25	0	844,089.82	844,089.82	844,089.82	844,089.82
29	0	0	526,223.37	526,223.37	571,981.92	571,981.92	0	869,412.52	869,412.52	869,412.52	869,412.52
30	494,878.76	494,878.76	542,010.07	542,010.07	589,141.38	589,141.38	494,878.76	895,494.89	1,072,237.31	1,072,237.31	1,072,237.31
31	0	0	558,270.37	558,270.37	606,815.62	606,815.62	0	922,359.74	922,359.74	922,359.74	922,359.74
32	0	0	575,018.48	575,018.48	625,020.09	625,020.09	0	950,030.53	950,030.53	950,030.53	950,030.53
33	0	0	592,269.03	592,269.03	643,770.69	643,770.69	0	978,531.45	978,531.45	978,531.45	978,531.45
34	0	0	610,037.10	610,037.10	663,083.81	663,083.81	0	1,007,887.39	1,007,887.39	1,007,887.39	1,007,887.39
35	0	0	628,338.22	628,338.22	682,976.32	682,976.32	0	1,038,124.01	1,243,016.91	1,243,016.91	1,243,016.91
36	0	0	647,188.36	647,188.36	703,465.61	703,465.61	0	1,069,267.73	1,069,267.73	1,069,267.73	1,069,267.73
37	0	0	666,604.02	666,604.02	724,569.58	724,569.58	0	1,101,345.76	1,101,345.76	1,101,345.76	1,101,345.76
38	0	0	686,602.14	686,602.14	746,306.67	746,306.67	0	1,134,386.14	1,134,386.14	1,134,386.14	1,134,386.14
39	0	0	707,200.20	707,200.20	768,695.87	768,695.87	0	1,168,417.72	1,168,417.72	1,168,417.72	1,168,417.72
40	0	0	728,416.21	728,416.21	791,756.75	791,756.75	0	1,203,470.25	1,440,997.28	1,440,997.28	1,440,997.28

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) แสดงราคาค่าบำรุงรักษาแต่ละปีของผนังอาคารตัวอย่าง

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
41	0	0	750,268.69	750,268.69	815,509.45	815,509.45	0	1,239,574.36	1,239,574.36	1,239,574.36	1,239,574.36
42	0	0	772,776.75	772,776.75	839,974.73	839,974.73	0	1,276,761.59	1,276,761.59	1,276,761.59	1,276,761.59
43	0	0	795,960.06	795,960.06	865,173.97	865,173.97	0	1,315,064.44	1,315,064.44	1,315,064.44	1,315,064.44
44	0	0	819,838.86	819,838.86	891,129.19	891,129.19	0	1,354,516.37	1,354,516.37	1,354,516.37	1,354,516.37
45	771,004.98	771,004.98	844,434.02	844,434.02	917,863.07	917,863.07	771,004.98	1,395,151.86	1,670,510.78	1,670,510.78	1,670,510.78
46	0	0	869,767.04	869,767.04	945,398.96	945,398.96	0	1,437,006.42	1,437,006.42	1,437,006.42	1,437,006.42
47	0	0	895,860.05	895,860.05	973,760.93	973,760.93	0	1,480,116.61	1,480,116.61	1,480,116.61	1,480,116.61
48	0	0	922,735.86	922,735.86	1,002,973.76	1,002,973.76	0	1,524,520.11	1,524,520.11	1,524,520.11	1,524,520.11
49	0	0	950,417.93	950,417.93	1,033,062.97	1,033,062.97	0	1,570,255.71	1,570,255.71	1,570,255.71	1,570,255.71
50	0	0	978,930.47	978,930.47	1,064,054.86	1,064,054.86	0	1,617,363.39	1,936,579.84	1,936,579.84	1,936,579.84

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 6. = ผนัง PRECAST
ผนัง 7. = ผนัง EIFS
ผนัง 8. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 9. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 10. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 11. = กระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าบำรุงรักษาผนังอาคารตัวอย่าง

5.5 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่มีกิจกรรมและรูปแบบของอาคารตามที่กำหนดไว้นั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม OTTVEE version 1.0a พบว่าค่าไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับ ภาระของการปรับอากาศเป็นสำคัญ ซึ่งจะพบว่าผนังกระจกจะมีค่าไฟฟ้าที่สูงกว่า ผนังทึบมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8

5.6 ค่าใช้จ่ายประจำปี

ค่าใช้จ่ายประจำปีจะประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปี จากการศึกษาพบว่า ถ้าผนังโปร่งแสงจะให้ค่าใช้จ่ายประจำปีที่สูงกว่าผนังทึบแสง โดยที่ค่าใช้จ่ายประจำปีของผนังอาคารแต่ละชนิดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าไฟฟ้าต่อปีเป็นสำคัญ ทำให้ผนังอาคารทีเป็นฉนวนจะมีค่าใช้จ่ายประจำปีที่ถูกกว่า และอันดับค่าใช้จ่ายประจำปีของผนังแต่ละชนิดจะไม่มีการเปลี่ยนอันดับกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10

5.7 ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

จากการศึกษาพบว่า ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของอาคารนั้น จะมีการเปลี่ยนอันดับกันมาก พบว่าผนังบางชนิด เช่นผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น ที่ค่าเริ่มต้นตอนแรกสูงกว่าผนังกระจกชนิดอื่นมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึงปีที่ 50 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังกระจก 2 ชั้นกลับต่ำสุดในบรรดาผนังกระจกทุกชนิด โดยที่ผนังกระจก 2 ชั้นมีค่าใช้จ่ายรวมใกล้เคียงกับผนังกระจกโฟลตใส 10 มม. และผนังกระจกติดฟิล์ม ในปีที่ 18 และใกล้เคียงกับกระจกสะท้อนแสง ในปีที่ 21 และผนังกระจก 2 ชั้น จะให้ค่าใช้จ่ายที่ทั้งหมดที่ถูกกว่าผนังกระจกโฟลตใส 10 มม. และผนังกระจกติดฟิล์มในปีที่ 19 และน้อยกว่าผนังกระจกสะท้อนแสงในปีที่ 22

สำหรับผนังทึบนั้น พบว่าผนังฉนวน EIFS จะมีค่าใช้จ่ายรวมใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ในปีที่ 6 เท่านั้น และหลังจากปีที่ 10 ผนังฉนวน EIFS จะให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ถูกกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือสำหรับผนังกระเบื้องและผนัง PRECAST พบว่าค่าใช้จ่ายรวมจะใกล้เคียงกันในปีที่ 31 และหลังจากปีที่ 41 ผนังกระเบื้องจะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ถูกกว่า ดังแสดงในรูปที่ 5.11 – 5.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
1	1,953,899.00	1,862,082.00	1,972,149.00	1,988,825.00	1,963,024.00	1,979,740.00	1,692,743.48	2,941,064.61	2,549,618.58	2,466,201.10	2,094,406.73
2	2,012,515.97	1,917,944.46	2,031,313.47	2,048,489.75	2,021,914.72	2,039,132.20	1,743,525.78	3,029,296.55	2,626,107.14	2,540,187.13	2,157,238.93
3	2,072,891.45	1,975,482.79	2,092,252.87	2,109,944.44	2,082,572.16	2,100,306.17	1,795,831.56	3,120,175.44	2,704,890.35	2,616,392.75	2,221,956.10
4	2,135,078.19	2,034,747.28	2,155,020.46	2,173,242.78	2,145,049.33	2,163,315.35	1,849,706.50	3,213,780.71	2,786,037.06	2,694,884.53	2,288,614.78
5	2,199,130.54	2,095,789.70	2,219,671.07	2,238,440.06	2,209,400.81	2,228,214.81	1,905,197.70	3,310,194.13	2,869,618.17	2,775,731.07	2,357,273.23
6	2,265,104.45	2,158,663.39	2,286,261.21	2,305,593.26	2,275,682.83	2,295,061.26	1,962,353.63	3,409,499.95	2,955,706.72	2,859,003.00	2,427,991.42
7	2,333,057.59	2,223,423.29	2,354,849.04	2,374,761.06	2,343,953.32	2,363,913.09	2,021,224.24	3,511,784.95	3,044,377.92	2,944,773.09	2,500,831.17
8	2,403,049.32	2,290,125.99	2,425,494.51	2,446,003.89	2,414,271.91	2,434,830.49	2,081,860.97	3,617,138.50	3,135,709.26	3,033,116.28	2,575,856.10
9	2,475,140.80	2,358,829.77	2,498,259.35	2,519,384.01	2,486,700.07	2,507,875.40	2,144,316.80	3,725,652.66	3,229,780.54	3,124,109.77	2,653,131.78
10	2,549,395.02	2,429,594.66	2,573,207.13	2,594,965.53	2,561,301.07	2,583,111.66	2,208,646.30	3,837,422.24	3,326,673.95	3,217,833.06	2,732,725.74
11	2,625,876.87	2,502,482.50	2,650,403.34	2,672,814.49	2,638,140.11	2,660,605.01	2,274,905.69	3,952,544.90	3,426,474.17	3,314,368.05	2,814,707.51
12	2,704,653.18	2,577,556.97	2,729,915.44	2,752,998.93	2,717,284.31	2,740,423.16	2,343,152.86	4,071,121.25	3,529,268.40	3,413,799.09	2,899,148.73
13	2,785,792.77	2,654,883.68	2,811,812.91	2,835,588.90	2,798,802.84	2,822,635.86	2,413,447.45	4,193,254.89	3,635,146.45	3,516,213.07	2,986,123.20
14	2,869,366.55	2,734,530.19	2,896,167.29	2,920,656.56	2,882,766.92	2,907,314.93	2,485,850.87	4,319,052.53	3,744,200.84	3,621,699.46	3,075,706.89
15	2,955,447.55	2,816,566.10	2,983,052.31	3,008,276.26	2,969,249.93	2,994,534.38	2,560,426.39	4,448,624.11	3,856,526.87	3,730,350.44	3,167,978.10
16	3,044,110.98	2,901,063.08	3,072,543.88	3,098,524.55	3,058,327.43	3,084,370.41	2,637,239.19	4,582,082.83	3,972,222.67	3,842,260.96	3,263,017.44
17	3,135,434.31	2,988,094.98	3,164,720.20	3,191,480.28	3,150,077.25	3,176,901.53	2,716,356.36	4,719,545.32	4,091,389.35	3,957,528.79	3,360,907.97
18	3,229,497.34	3,077,737.82	3,259,661.81	3,287,224.69	3,244,579.57	3,272,208.57	2,797,847.05	4,861,131.68	4,214,131.03	4,076,254.65	3,461,735.20
19	3,326,382.26	3,170,069.96	3,357,451.66	3,385,841.43	3,341,916.96	3,370,374.83	2,881,782.46	5,006,965.63	4,340,554.96	4,198,542.29	3,565,587.26
20	3,426,173.72	3,265,172.06	3,458,175.21	3,487,416.68	3,442,174.47	3,471,486.07	2,968,235.94	5,157,174.60	4,470,771.61	4,324,498.56	3,672,554.88

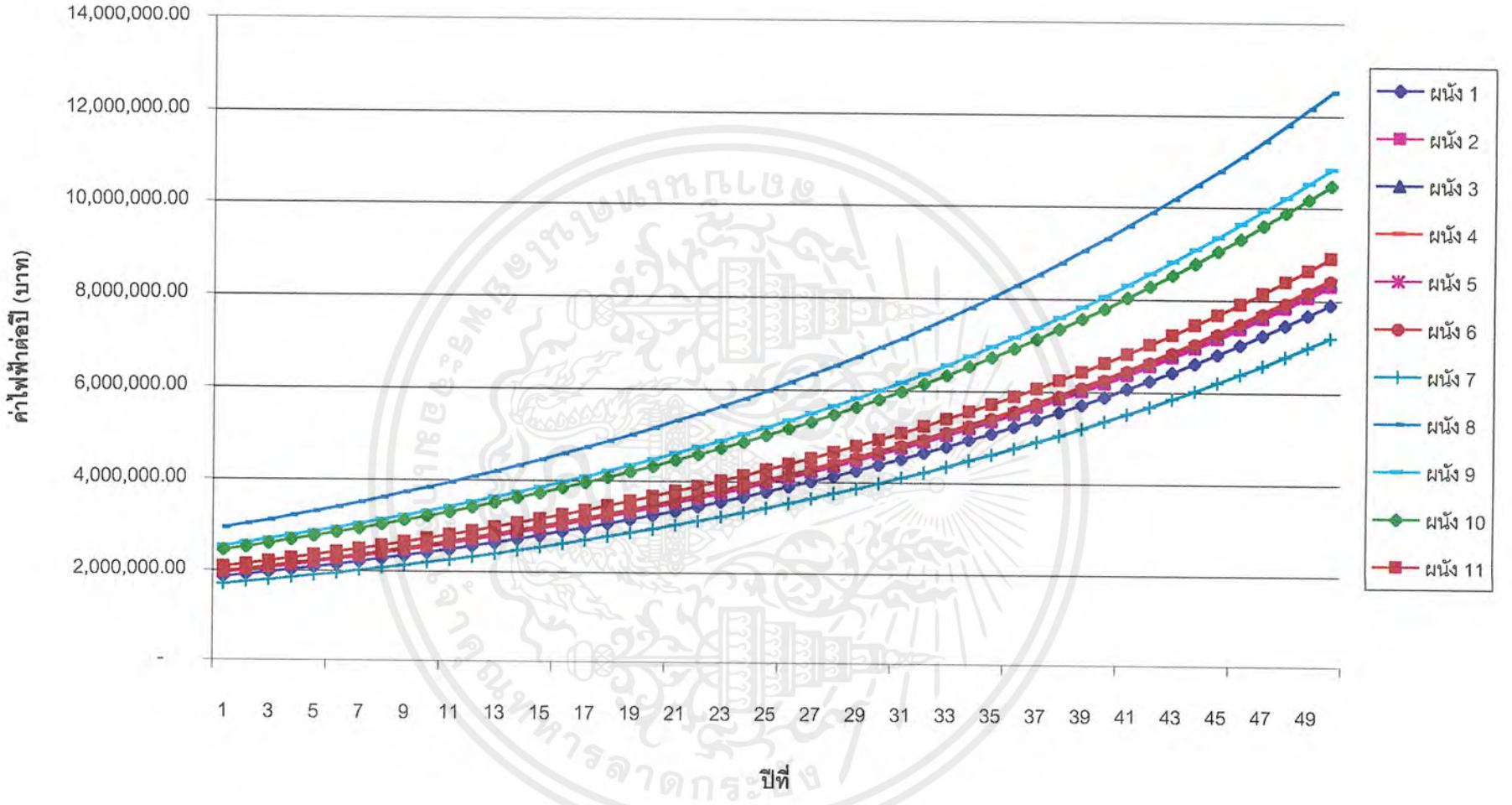
ตารางที่ 5.5 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
21	3,528,958.94	3,363,127.22	3,561,920.47	3,592,039.18	3,545,439.70	3,575,630.66	3,057,283.02	5,311,889.83	4,604,894.76	4,454,233.51	3,782,731.53
22	3,634,827.70	3,464,021.04	3,668,778.08	3,699,800.35	3,651,802.89	3,682,899.58	3,149,001.51	5,471,246.53	4,743,041.60	4,587,860.52	3,896,213.47
23	3,743,872.53	3,567,941.67	3,778,841.42	3,810,794.36	3,761,356.98	3,793,386.56	3,243,471.55	5,635,383.92	4,885,332.85	4,725,496.33	4,013,099.87
24	3,856,188.71	3,674,979.92	3,892,206.66	3,925,118.19	3,874,197.69	3,907,188.16	3,340,775.70	5,804,445.44	5,031,892.84	4,867,261.22	4,133,492.87
25	3,971,874.37	3,785,229.32	4,008,972.86	4,042,871.74	3,990,423.62	4,024,403.80	3,440,998.97	5,978,578.81	5,182,849.62	5,013,279.06	4,257,497.66
26	4,091,030.60	3,898,786.19	4,129,242.05	4,164,157.89	4,110,136.33	4,145,135.92	3,544,228.94	6,157,936.17	5,338,335.11	5,163,677.43	4,385,222.59
27	4,213,761.52	4,015,749.78	4,253,119.31	4,289,082.63	4,233,440.42	4,269,490.00	3,650,555.81	6,342,674.26	5,498,485.17	5,318,587.76	4,516,779.26
28	4,340,174.37	4,136,222.27	4,380,712.89	4,417,755.11	4,360,443.63	4,397,574.70	3,760,072.48	6,532,954.48	5,663,439.72	5,478,145.39	4,652,282.64
29	4,470,379.60	4,260,308.94	4,512,134.28	4,550,287.76	4,491,256.94	4,529,501.94	3,872,874.66	6,728,943.12	5,833,342.91	5,642,489.75	4,791,851.12
30	4,604,490.99	4,388,118.21	4,647,498.31	4,686,796.39	4,625,994.65	4,665,386.99	3,989,060.90	6,930,811.41	6,008,343.20	5,811,764.44	4,935,606.66
31	4,742,625.72	4,519,761.76	4,786,923.26	4,827,400.28	4,764,774.49	4,805,348.60	4,108,732.72	7,138,735.75	6,188,593.50	5,986,117.38	5,083,674.86
32	4,884,904.49	4,655,354.61	4,930,530.95	4,972,222.29	4,907,717.72	4,949,509.06	4,231,994.70	7,352,897.83	6,374,251.30	6,165,700.90	5,236,185.10
33	5,031,451.62	4,795,015.25	5,078,446.88	5,121,388.96	5,054,949.25	5,097,994.33	4,358,954.55	7,573,484.76	6,565,478.84	6,350,671.92	5,393,270.65
34	5,182,395.17	4,938,865.71	5,230,800.29	5,275,030.63	5,206,597.73	5,250,934.16	4,489,723.18	7,800,689.30	6,762,443.20	6,541,192.08	5,555,068.77
35	5,337,867.02	5,087,031.68	5,387,724.30	5,433,281.55	5,362,795.66	5,408,462.19	4,624,414.88	8,034,709.98	6,965,316.50	6,737,427.84	5,721,720.84
36	5,498,003.04	5,239,642.63	5,549,356.03	5,596,280.00	5,523,679.53	5,570,716.06	4,763,147.32	8,275,751.28	7,174,276.00	6,939,550.68	5,893,372.46
37	5,662,943.13	5,396,831.91	5,715,836.71	5,764,168.40	5,689,389.92	5,737,837.54	4,906,041.74	8,524,023.82	7,389,504.28	7,147,737.20	6,070,173.64
38	5,832,831.42	5,558,736.86	5,887,311.81	5,937,093.45	5,860,071.61	5,909,972.66	5,053,223.00	8,779,744.54	7,611,189.40	7,362,169.32	6,252,278.84
39	6,007,816.36	5,725,498.97	6,063,931.16	6,115,206.25	6,035,873.76	6,087,271.84	5,204,819.69	9,043,136.87	7,839,525.09	7,583,034.40	6,439,847.21
40	6,188,050.85	5,897,263.94	6,245,849.10	6,298,662.44	6,216,949.98	6,269,890.00	5,360,964.28	9,314,430.98	8,074,710.84	7,810,525.43	6,633,042.63

ตารางที่ 5.5 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
41	6,373,692.38	6,074,181.86	6,433,224.57	6,487,622.31	6,403,458.47	6,457,986.70	5,521,793.20	9,593,863.91	8,316,952.16	8,044,841.19	6,832,033.91
42	6,564,903.15	6,256,407.31	6,626,221.31	6,682,250.98	6,595,562.23	6,651,726.30	5,687,447.00	9,881,679.82	8,566,460.73	8,286,186.43	7,036,994.92
43	6,761,850.25	6,444,099.53	6,825,007.95	6,882,718.51	6,793,429.10	6,851,278.09	5,858,070.41	10,178,130.22	8,823,454.55	8,534,772.02	7,248,104.77
44	6,964,705.75	6,637,422.52	7,029,758.18	7,089,200.07	6,997,231.97	7,056,816.43	6,033,812.52	10,483,474.12	9,088,158.19	8,790,815.18	7,465,547.91
45	7,173,646.93	6,836,545.19	7,240,650.93	7,301,876.07	7,207,148.93	7,268,520.92	6,214,826.90	10,797,978.35	9,360,802.93	9,054,539.64	7,689,514.35
46	7,388,856.33	7,041,641.55	7,457,870.46	7,520,932.35	7,423,363.40	7,486,576.55	6,401,271.70	11,121,917.70	9,641,627.02	9,326,175.82	7,920,199.78
47	7,610,522.02	7,252,890.79	7,681,606.57	7,746,560.32	7,646,064.30	7,711,173.85	6,593,309.86	11,455,575.23	9,930,875.83	9,605,961.10	8,157,805.77
48	7,838,837.68	7,470,477.52	7,912,054.77	7,978,957.13	7,875,446.23	7,942,509.06	6,791,109.15	11,799,242.49	10,228,802.11	9,894,139.93	8,402,539.95
49	8,074,002.81	7,694,591.84	8,149,416.41	8,218,325.84	8,111,709.61	8,180,784.34	6,994,842.43	12,153,219.76	10,535,666.17	10,190,964.13	8,654,616.15
50	8,316,222.90	7,925,429.60	8,393,898.90	8,464,875.62	8,355,060.90	8,426,207.87	7,204,687.70	12,517,816.35	10,851,736.15	10,496,693.05	8,914,254.63

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 6. = ผนัง PRECAST
ผนัง 7. = ผนัง EIFS
ผนัง 8. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 9. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 10. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 11. = กระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.7 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าต่อปีของกรอบอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ตารางที่ 5.6 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
1	1,928,543.60	1,836,617.70	1,946,793.40	1,963,457.73	1,937,668.60	1,951,662.16	1,664,335.94	2,903,620.70	2,511,513.64	2,428,427.26	2,056,493.99
2	1,986,399.91	1,891,716.23	2,005,197.20	2,022,361.46	1,995,798.66	2,010,212.02	1,714,266.02	2,990,729.32	2,586,859.05	2,501,280.08	2,118,188.81
3	2,045,991.91	1,948,467.72	2,065,353.12	2,083,032.31	2,055,672.62	2,070,518.39	1,765,694.00	3,080,451.20	2,664,464.82	2,576,318.48	2,181,734.47
4	2,107,371.66	2,006,921.75	2,127,313.71	2,145,523.27	2,117,342.80	2,132,633.94	1,818,664.82	3,172,864.74	2,744,398.77	2,653,608.03	2,247,186.51
5	2,170,592.81	2,067,129.40	2,191,133.12	2,209,888.97	2,180,863.08	2,196,612.96	1,873,224.76	3,268,050.68	2,826,730.73	2,733,216.28	2,314,602.10
6	2,235,710.60	2,129,143.28	2,256,867.12	2,276,185.64	2,246,288.97	2,262,511.34	1,929,421.51	3,366,092.20	2,911,532.65	2,815,212.76	2,384,040.17
7	2,302,781.91	2,193,017.58	2,324,573.13	2,344,471.21	2,313,677.64	2,330,386.68	1,987,304.15	3,467,074.97	2,998,878.63	2,899,669.15	2,455,561.37
8	2,371,865.37	2,258,808.11	2,394,310.32	2,414,805.35	2,383,087.97	2,400,298.28	2,046,923.28	3,571,087.21	3,088,844.99	2,986,659.22	2,529,228.21
9	2,443,021.33	2,326,572.35	2,466,139.63	2,487,249.51	2,454,580.61	2,472,307.23	2,108,330.97	3,678,219.83	3,181,510.34	3,076,259.00	2,605,105.06
10	2,516,311.97	2,396,369.52	2,540,123.82	2,561,866.99	2,528,218.03	2,546,476.45	2,171,580.90	3,788,566.43	3,276,955.65	3,168,546.77	2,683,258.21
11	2,591,801.33	2,468,260.61	2,616,327.54	2,638,723.00	2,604,064.57	2,622,870.74	2,236,728.33	3,902,223.42	3,375,264.32	3,263,603.17	2,763,755.96
12	2,669,555.37	2,542,308.43	2,694,817.36	2,717,884.69	2,682,186.51	2,701,556.87	2,303,830.18	4,019,290.12	3,476,522.25	3,361,511.27	2,846,668.64
13	2,749,642.03	2,618,577.68	2,775,661.88	2,799,421.23	2,762,652.10	2,782,603.57	2,372,945.09	4,139,868.82	3,580,817.91	3,462,356.60	2,932,068.69
14	2,832,131.29	2,697,135.01	2,858,931.74	2,883,403.87	2,845,531.66	2,866,081.68	2,444,133.44	4,264,064.89	3,688,242.45	3,566,227.30	3,020,030.76
15	2,917,095.23	2,778,049.06	2,944,699.69	2,969,905.99	2,930,897.61	2,952,064.13	2,517,457.44	4,391,986.84	3,798,889.73	3,673,214.12	3,110,631.68
16	3,004,608.09	2,861,390.53	3,033,040.68	3,059,003.17	3,018,824.54	3,040,626.05	2,592,981.16	4,523,746.44	3,912,856.42	3,783,410.54	3,203,950.63
17	3,094,746.33	2,947,232.25	3,124,031.90	3,150,773.26	3,109,389.28	3,131,844.84	2,670,770.60	4,659,458.83	4,030,242.11	3,896,912.86	3,300,069.15
18	3,187,588.72	3,035,649.22	3,217,752.86	3,245,296.46	3,202,670.96	3,225,800.18	2,750,893.72	4,799,242.60	4,151,149.37	4,013,820.25	3,399,071.22
19	3,283,216.38	3,126,718.69	3,314,285.45	3,342,655.35	3,298,751.09	3,322,574.19	2,833,420.53	4,943,219.88	4,275,683.85	4,134,234.85	3,501,043.36
20	3,381,712.88	3,220,520.25	3,413,714.01	3,442,935.01	3,397,713.62	3,422,251.41	2,918,423.15	5,091,516.47	4,403,954.37	4,258,261.90	3,606,074.66

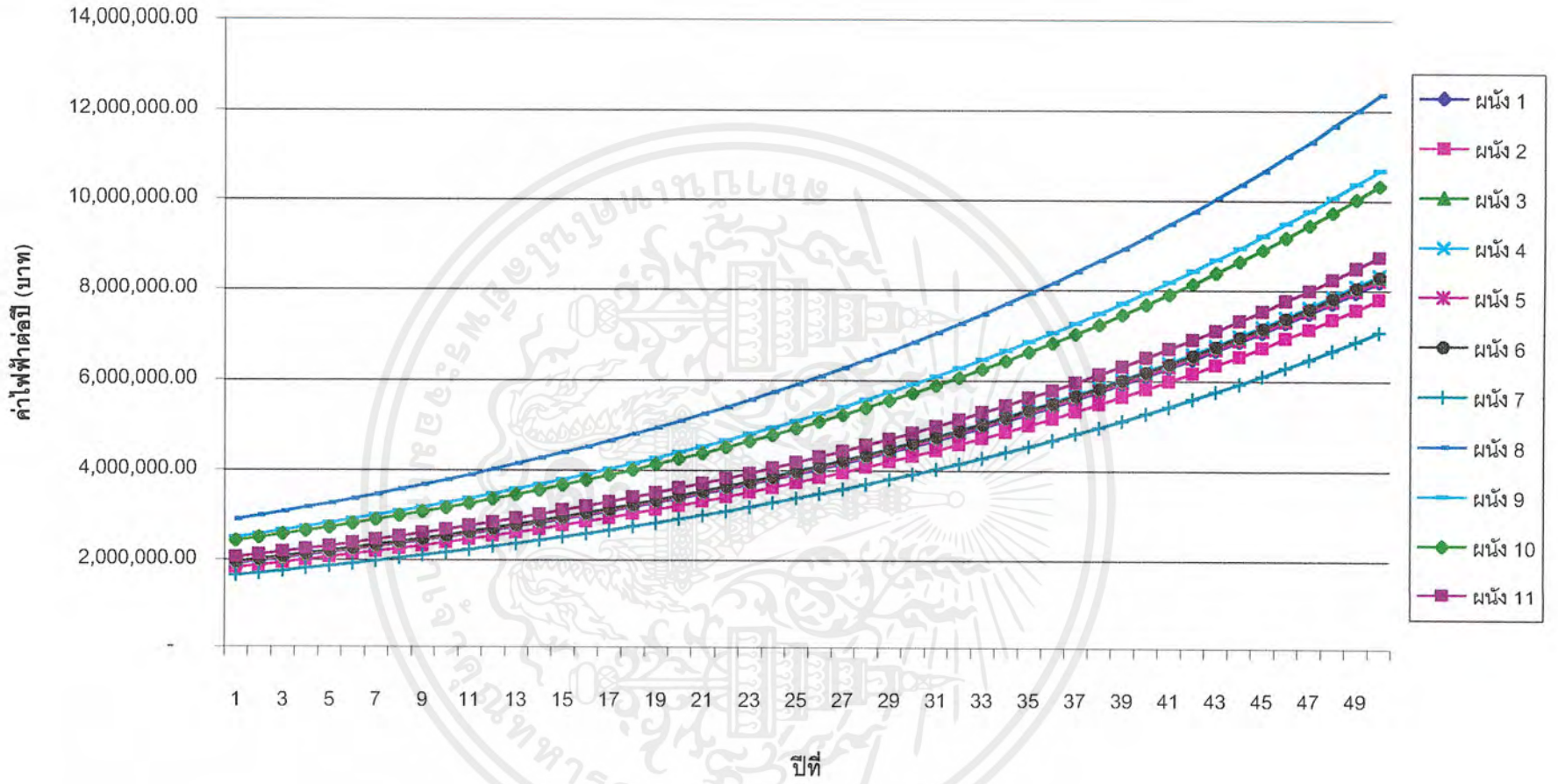
ตารางที่ 5.6 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
21	3,483,164.26	3,317,135.86	3,516,125.43	3,546,223.06	3,499,645.03	3,524,918.95	3,005,975.84	5,244,261.97	4,536,073.00	4,386,009.76	3,714,256.90
22	3,587,659.19	3,416,649.94	3,621,609.19	3,652,609.76	3,604,634.38	3,630,666.52	3,096,155.11	5,401,589.83	4,672,155.19	4,517,590.05	3,825,684.61
23	3,695,288.97	3,519,149.44	3,730,257.47	3,762,188.05	3,712,773.41	3,739,586.52	3,189,039.77	5,563,637.52	4,812,319.85	4,653,117.75	3,940,455.14
24	3,806,147.64	3,624,723.92	3,842,165.19	3,875,053.69	3,824,156.61	3,851,774.11	3,284,710.96	5,730,546.65	4,956,689.44	4,792,711.28	4,058,668.80
25	3,920,332.06	3,733,465.64	3,957,430.15	3,991,305.30	3,938,881.31	3,967,327.34	3,383,252.29	5,902,463.05	5,105,390.13	4,936,492.62	4,180,428.86
26	4,037,942.03	3,845,469.61	4,076,153.05	4,111,044.46	4,057,047.75	4,086,347.16	3,484,749.86	6,079,536.94	5,258,551.83	5,084,587.40	4,305,841.73
27	4,159,080.29	3,960,833.69	4,198,437.65	4,234,375.79	4,178,759.18	4,208,937.57	3,589,292.35	6,261,923.05	5,416,308.38	5,237,125.02	4,435,016.98
28	4,283,852.70	4,079,658.70	4,324,390.78	4,361,407.07	4,304,121.96	4,335,205.70	3,696,971.13	6,449,780.74	5,578,797.64	5,394,238.77	4,568,067.49
29	4,412,368.28	4,202,048.47	4,454,122.50	4,492,249.28	4,433,245.62	4,465,261.87	3,807,880.26	6,643,274.16	5,746,161.56	5,556,065.94	4,705,109.51
30	4,544,739.32	4,328,109.92	4,587,746.17	4,627,016.76	4,566,242.98	4,599,219.73	3,922,116.67	6,842,572.38	5,918,546.41	5,722,747.91	4,846,262.80
31	4,681,081.50	4,457,953.22	4,725,378.56	4,765,827.26	4,703,230.27	4,737,196.32	4,039,780.17	7,047,849.56	6,096,102.80	5,894,430.35	4,991,650.68
32	4,821,513.95	4,591,691.81	4,867,139.92	4,908,802.08	4,844,327.18	4,879,312.21	4,160,973.57	7,259,285.04	6,278,985.89	6,071,263.26	5,141,400.20
33	4,966,159.37	4,729,442.57	5,013,154.11	5,056,066.14	4,989,657.00	5,025,691.57	4,285,802.78	7,477,063.59	6,467,355.47	6,253,401.16	5,295,642.21
34	5,115,144.15	4,871,325.85	5,163,548.74	5,207,748.13	5,139,346.71	5,176,462.32	4,414,376.86	7,701,375.50	6,661,376.13	6,441,003.20	5,454,511.48
35	5,268,598.47	5,017,465.62	5,318,455.20	5,363,980.57	5,293,527.11	5,331,756.19	4,546,808.17	7,932,416.77	6,861,217.41	6,634,233.29	5,618,146.82
36	5,426,656.43	5,167,989.59	5,478,008.85	5,524,899.99	5,452,332.92	5,491,708.88	4,683,212.41	8,170,389.27	7,067,053.94	6,833,260.29	5,786,691.23
37	5,589,456.12	5,323,029.28	5,642,349.12	5,690,646.99	5,615,902.91	5,656,460.14	4,823,708.79	8,415,500.95	7,279,065.55	7,038,258.10	5,960,291.96
38	5,757,139.80	5,482,720.16	5,811,619.59	5,861,366.40	5,784,380.00	5,826,153.95	4,968,420.05	8,667,965.98	7,497,437.52	7,249,405.84	6,139,100.72
39	5,929,854.00	5,647,201.76	5,985,968.18	6,037,207.39	5,957,911.40	6,000,938.56	5,117,472.65	8,928,004.96	7,722,360.65	7,466,888.02	6,323,273.74
40	6,107,749.62	5,816,617.81	6,165,547.23	6,218,323.61	6,136,648.74	6,180,966.72	5,270,996.83	9,195,845.10	7,954,031.46	7,690,894.66	6,512,971.96

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าของกรอบอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
41	6,290,982.11	5,991,116.35	6,350,513.64	6,404,873.32	6,320,748.20	6,366,395.72	5,429,126.73	9,471,720.46	8,192,652.41	7,921,621.50	6,708,361.11
42	6,479,711.57	6,170,849.84	6,541,029.05	6,597,019.52	6,510,370.65	6,557,387.59	5,592,000.54	9,755,872.07	8,438,431.98	8,159,270.14	6,909,611.95
43	6,674,102.92	6,355,975.33	6,737,259.92	6,794,930.10	6,705,681.77	6,754,109.22	5,759,760.55	10,048,548.23	8,691,584.94	8,404,048.25	7,116,900.31
44	6,874,326.00	6,546,654.59	6,939,377.72	6,998,778.01	6,906,852.22	6,956,732.50	5,932,553.37	10,350,004.68	8,952,332.49	8,656,169.69	7,330,407.32
45	7,080,555.78	6,743,054.23	7,147,559.05	7,208,741.35	7,114,057.79	7,165,434.47	6,110,529.97	10,660,504.82	9,220,902.46	8,915,854.78	7,550,319.53
46	7,292,972.46	6,945,345.86	7,361,985.83	7,425,003.59	7,327,479.52	7,380,397.51	6,293,845.87	10,980,319.96	9,497,529.54	9,183,330.43	7,776,829.12
47	7,511,761.63	7,153,706.23	7,582,845.40	7,647,753.69	7,547,303.91	7,601,809.43	6,482,661.25	11,309,729.56	9,782,455.42	9,458,830.34	8,010,133.99
48	7,737,114.48	7,368,317.42	7,810,330.76	7,877,186.31	7,773,723.02	7,829,863.72	6,677,141.08	11,649,021.45	10,075,929.09	9,742,595.25	8,250,438.01
49	7,969,227.92	7,589,366.94	8,044,640.69	8,113,501.89	8,006,934.71	8,064,759.63	6,877,455.32	11,998,492.09	10,378,206.96	10,034,873.11	8,497,951.15
50	8,208,304.75	7,817,047.95	8,285,979.91	8,356,906.95	8,247,142.76	8,306,702.42	7,083,778.98	12,358,446.86	10,689,553.17	10,335,919.30	8,752,889.69

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 6. = ผนัง PRECAST
ผนัง 7. = ผนัง EIFS
ผนัง 8. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 9. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 10. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 11. = กระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.8 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าต่อปีของกรอบอาคารตัวอย่างที่ ความชื้น 50%

ตารางที่ 5.7 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
1	1,953,899.00	1,862,082.00	2,202,149.00	2,218,825.00	2,213,024.00	2,229,740.00	1,692,743.48	2,941,064.61	2,929,618.58	2,846,201.10	2,474,406.73
2	2,012,515.97	1,917,944.46	2,268,213.47	2,285,389.75	2,279,414.72	2,296,632.20	1,743,525.78	3,029,296.55	3,017,507.14	2,931,587.13	2,548,638.93
3	2,072,891.45	1,975,482.79	2,336,259.87	2,353,951.44	2,347,797.16	2,365,531.17	1,795,831.56	3,120,175.44	3,108,032.35	3,019,534.75	2,625,098.10
4	2,135,078.19	2,034,747.28	2,406,347.67	2,424,569.99	2,418,231.08	2,436,497.10	1,849,706.50	3,213,780.71	3,201,273.32	3,110,120.79	2,703,851.04
5	2,199,130.54	2,095,789.70	2,478,538.10	2,497,307.09	2,490,778.01	2,509,592.01	1,905,197.70	3,310,194.13	3,297,311.52	3,203,424.41	2,784,966.57
6	2,265,104.45	2,158,663.39	2,552,894.24	2,572,226.30	2,565,501.35	2,584,879.77	1,962,353.63	3,409,499.95	3,467,813.23	3,371,109.51	2,940,097.93
7	2,333,057.59	2,223,423.29	2,629,481.07	2,649,393.09	2,642,466.39	2,662,426.17	2,021,224.24	3,511,784.95	3,498,117.79	3,398,512.96	2,954,571.04
8	2,403,049.32	2,290,125.99	2,708,365.50	2,728,874.88	2,721,740.38	2,742,298.95	2,081,860.97	3,617,138.50	3,603,061.33	3,500,468.35	3,043,208.17
9	2,475,140.80	2,358,829.77	2,789,616.47	2,810,741.13	2,803,392.59	2,824,567.92	2,144,316.80	3,725,652.66	3,711,153.17	3,605,482.40	3,134,504.41
10	2,549,395.02	2,429,594.66	2,873,304.96	2,895,063.36	2,887,494.37	2,909,304.96	2,208,646.30	3,837,422.24	3,822,487.76	3,713,646.87	3,228,539.55
11	2,625,876.87	2,502,482.50	2,959,504.11	2,981,915.26	2,974,119.20	2,996,584.11	2,274,905.69	3,952,544.90	4,037,956.12	3,925,850.00	3,426,189.46
12	2,704,653.18	2,577,556.97	3,048,289.23	3,071,372.72	3,063,342.78	3,086,481.63	2,343,152.86	4,071,121.25	4,055,277.27	3,939,807.97	3,425,157.61
13	2,785,792.77	2,654,883.68	3,139,737.91	3,163,513.90	3,155,243.06	3,179,076.08	2,413,447.45	4,193,254.89	4,176,935.58	4,058,002.20	3,527,912.33
14	2,869,366.55	2,734,530.19	3,233,930.05	3,258,419.32	3,249,900.35	3,274,448.36	2,485,850.87	4,319,052.53	4,302,243.65	4,179,742.27	3,633,749.70
15	3,273,091.39	3,134,209.94	3,330,947.95	3,356,171.90	3,347,397.36	3,372,681.81	2,878,070.23	4,766,267.95	4,544,755.20	4,418,578.77	3,856,206.43
16	3,044,110.98	2,901,063.08	3,430,876.39	3,456,857.05	3,447,819.28	3,473,862.27	2,637,239.19	4,582,082.83	4,564,250.29	4,434,288.57	3,855,045.06
17	3,135,434.31	2,988,094.98	3,533,802.68	3,560,562.76	3,551,253.86	3,578,078.14	2,716,356.36	4,719,545.32	4,701,177.80	4,567,317.23	3,970,696.41
18	3,229,497.34	3,077,737.82	3,639,816.76	3,667,379.65	3,657,791.48	3,685,420.48	2,797,847.05	4,861,131.68	4,842,213.13	4,704,336.75	4,089,817.30
19	3,326,382.26	3,170,069.96	3,749,011.26	3,777,401.04	3,767,525.22	3,795,983.09	2,881,782.46	5,006,965.63	4,987,479.53	4,845,466.85	4,212,511.82
20	3,426,173.72	3,265,172.06	3,861,481.60	3,890,723.07	3,880,550.98	3,909,862.59	2,968,235.94	5,157,174.60	5,268,616.87	5,122,343.81	4,470,400.13

ตารางที่ 5.7 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
21	3,528,958.94	3,363,127.22	3,977,326.05	4,007,444.76	3,996,967.51	4,027,158.46	3,057,283.02	5,311,889.83	5,291,217.03	5,140,555.78	4,469,053.79
22	3,634,827.70	3,464,021.04	4,096,645.83	4,127,668.10	4,116,876.53	4,147,973.22	3,149,001.51	5,471,246.53	5,449,953.54	5,294,772.46	4,603,125.41
23	3,743,872.53	3,567,941.67	4,219,545.21	4,251,498.15	4,240,382.83	4,272,412.41	3,243,471.55	5,635,383.92	5,613,452.15	5,453,615.63	4,741,219.17
24	3,856,188.71	3,674,979.92	4,346,131.56	4,379,043.09	4,367,594.32	4,400,584.79	3,340,775.70	5,804,445.44	5,781,855.71	5,617,224.10	4,883,455.75
25	3,971,874.37	3,785,229.32	4,476,515.51	4,510,414.38	4,498,622.14	4,532,602.33	3,440,998.97	5,978,578.81	6,107,770.94	5,938,200.38	5,182,418.98
26	4,091,030.60	3,898,786.19	4,610,810.97	4,645,726.81	4,633,580.81	4,668,580.40	3,544,228.94	6,157,936.17	6,133,970.73	5,959,313.05	5,180,858.20
27	4,213,761.52	4,015,749.78	4,749,135.30	4,785,098.62	4,772,588.23	4,808,637.81	3,650,555.81	6,342,674.26	6,317,989.85	6,138,092.44	5,336,283.95
28	4,340,174.37	4,136,222.27	4,891,609.36	4,928,651.58	4,915,765.88	4,952,896.95	3,760,072.48	6,532,954.48	6,507,529.54	6,322,235.21	5,496,372.46
29	4,470,379.60	4,260,308.94	5,038,357.64	5,076,511.13	5,063,238.86	5,101,483.86	3,872,874.66	6,728,943.12	6,702,755.43	6,511,902.27	5,661,263.64
30	5,099,369.74	4,882,996.97	5,189,508.37	5,228,806.46	5,215,136.02	5,254,528.37	4,483,939.65	7,425,690.17	7,080,580.50	6,884,001.75	6,007,843.96
31	4,742,625.72	4,519,761.76	5,345,193.62	5,385,670.65	5,371,590.10	5,412,164.22	4,108,732.72	7,138,735.75	7,110,953.23	6,908,477.12	6,006,034.59
32	4,884,904.49	4,655,354.61	5,505,549.43	5,547,240.77	5,532,737.81	5,574,529.15	4,231,994.70	7,352,897.83	7,324,281.83	7,115,731.43	6,186,215.63
33	5,031,451.62	4,795,015.25	5,670,715.92	5,713,658.00	5,698,719.94	5,741,765.02	4,358,954.55	7,573,484.76	7,544,010.29	7,329,203.37	6,371,802.10
34	5,182,395.17	4,938,865.71	5,840,837.39	5,885,067.74	5,869,681.54	5,914,017.97	4,489,723.18	7,800,689.30	7,770,330.59	7,549,079.47	6,562,956.16
35	5,337,867.02	5,087,031.68	6,016,062.51	6,061,619.77	6,045,771.98	6,091,438.51	4,624,414.88	8,034,709.98	8,208,333.41	7,980,444.75	6,964,737.75
36	5,498,003.04	5,239,642.63	6,196,544.39	6,243,468.36	6,227,145.14	6,274,181.67	4,763,147.32	8,275,751.28	8,243,543.73	8,008,818.41	6,962,640.19
37	5,662,943.13	5,396,831.91	6,382,440.72	6,430,772.41	6,413,959.50	6,462,407.12	4,906,041.74	8,524,023.82	8,490,850.04	8,249,082.97	7,171,519.40
38	5,832,831.42	5,558,736.86	6,573,913.94	6,623,695.58	6,606,378.28	6,656,279.33	5,053,223.00	8,779,744.54	8,745,575.54	8,496,555.45	7,386,664.98
39	6,007,816.36	5,725,498.97	6,771,131.36	6,822,406.45	6,804,569.63	6,855,967.71	5,204,819.69	9,043,136.87	9,007,942.81	8,751,452.12	7,608,264.93
40	6,188,050.85	5,897,263.94	6,974,265.30	7,027,078.64	7,008,706.72	7,061,646.74	5,360,964.28	9,314,430.98	9,515,708.12	9,251,522.71	8,074,039.90

ตารางที่ 5.7 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
41	6,373,692.38	6,074,181.86	7,183,493.26	7,237,891.00	7,218,967.92	7,273,496.15	5,521,793.20	9,593,863.91	9,556,526.52	9,284,415.55	8,071,608.27
42	6,564,903.15	6,256,407.31	7,398,998.06	7,455,027.73	7,435,536.96	7,491,701.03	5,687,447.00	9,881,679.82	9,843,222.32	9,562,948.02	8,313,756.51
43	6,761,850.25	6,444,099.53	7,620,968.00	7,678,678.57	7,658,603.07	7,716,452.06	5,858,070.41	10,178,130.22	10,138,518.99	9,849,836.46	8,563,169.21
44	6,964,705.75	6,637,422.52	7,849,597.04	7,909,038.92	7,888,361.16	7,947,945.62	6,033,812.52	10,483,474.12	10,442,674.56	10,145,331.55	8,820,064.29
45	7,944,651.90	7,607,550.17	8,085,084.95	8,146,310.09	8,125,012.00	8,186,383.99	6,985,831.88	11,568,983.33	11,031,313.72	10,725,050.42	9,360,025.13
46	7,388,856.33	7,041,641.55	8,327,637.50	8,390,699.39	8,368,762.36	8,431,975.51	6,401,271.70	11,121,917.70	11,078,633.44	10,763,182.24	9,357,206.20
47	7,610,522.02	7,252,890.79	8,577,466.63	8,642,420.38	8,619,825.23	8,684,934.78	6,593,309.86	11,455,575.23	11,410,992.44	11,086,077.71	9,637,922.39
48	7,838,837.68	7,470,477.52	8,834,790.62	8,901,692.99	8,878,419.98	8,945,482.82	6,791,109.15	11,799,242.49	11,753,322.22	11,418,660.04	9,927,060.06
49	8,074,002.81	7,694,591.84	9,099,834.34	9,168,743.78	9,144,772.58	9,213,847.31	6,994,842.43	12,153,219.76	12,105,921.88	11,761,219.84	10,224,871.86
50	8,316,222.90	7,925,429.60	9,372,829.37	9,443,806.09	9,419,115.76	9,490,262.72	7,204,687.70	12,517,816.35	12,788,316.00	12,433,272.90	10,850,834.47

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น

ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น

ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน

ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต

ผนัง 5. = ผนังกระเบื้อง

ผนัง 6. = ผนัง PRECAST

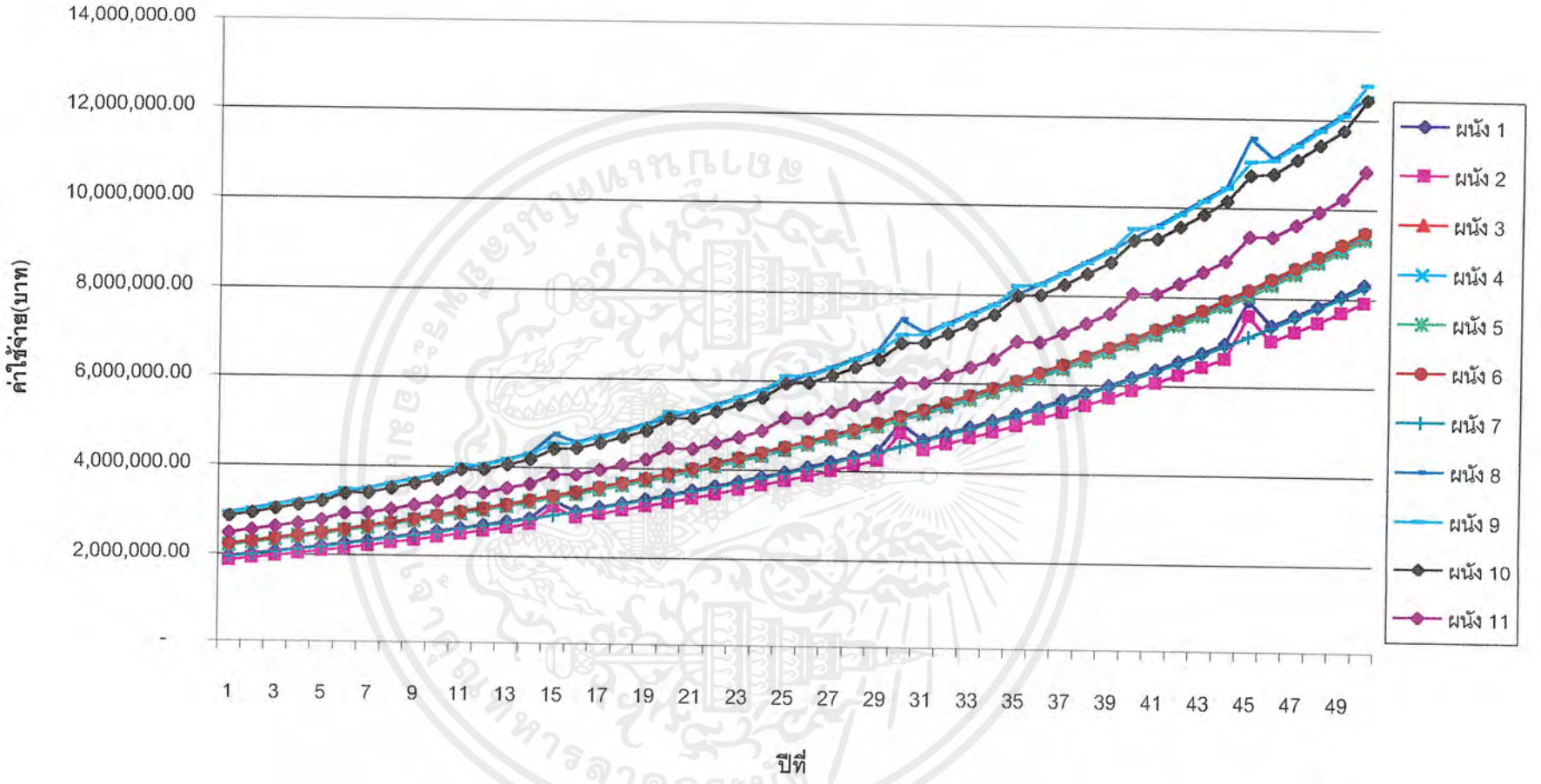
ผนัง 7. = ผนัง EIFS

ผนัง 8. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.

ผนัง 9. = ผนังกระจกติดฟิล์ม

ผนัง 10. = ผนังกระจกสะท้อนแสง

ผนัง 11. = กระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.9 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาผนังอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้น 40%

ตารางที่ 5.8 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
1	1,928,543.60	1,836,617.70	2,176,793.40	2,193,457.73	2,187,668.60	2,201,662.16	1,664,335.94	2,903,620.70	2,891,513.64	2,808,427.26	2,436,493.99
2	1,986,399.91	1,891,716.23	2,242,097.20	2,259,261.46	2,253,298.66	2,267,712.02	1,714,266.02	2,990,729.32	2,978,259.05	2,892,680.08	2,509,588.81
3	2,045,991.91	1,948,467.72	2,309,360.12	2,327,039.31	2,320,897.62	2,335,743.39	1,765,694.00	3,080,451.20	3,067,606.82	2,979,460.48	2,584,876.47
4	2,107,371.66	2,006,921.75	2,378,640.92	2,396,850.48	2,390,524.55	2,405,815.69	1,818,664.82	3,172,864.74	3,159,635.03	3,068,844.29	2,662,422.77
5	2,170,592.81	2,067,129.40	2,450,000.15	2,468,756.00	2,462,240.28	2,477,990.16	1,873,224.76	3,268,050.68	3,254,424.08	3,160,909.62	2,742,295.45
6	2,235,710.60	2,129,143.28	2,523,500.15	2,542,818.68	2,536,107.49	2,552,329.86	1,929,421.51	3,366,092.20	3,423,639.16	3,327,319.27	2,896,146.68
7	2,302,781.91	2,193,017.58	2,599,205.16	2,619,103.24	2,612,190.72	2,628,899.76	1,987,304.15	3,467,074.97	3,452,618.50	3,353,409.02	2,909,301.24
8	2,371,865.37	2,258,808.11	2,677,181.31	2,697,676.34	2,690,556.44	2,707,766.75	2,046,923.28	3,571,087.21	3,556,197.06	3,454,011.29	2,996,580.28
9	2,443,021.33	2,326,572.35	2,757,496.75	2,778,606.63	2,771,273.13	2,788,999.75	2,108,330.97	3,678,219.83	3,662,882.97	3,557,631.63	3,086,477.69
10	2,516,311.97	2,396,369.52	2,840,221.66	2,861,964.83	2,854,411.32	2,872,669.75	2,171,580.90	3,788,566.43	3,772,769.46	3,664,360.58	3,179,072.02
11	2,591,801.33	2,468,260.61	2,925,428.30	2,947,823.77	2,940,043.66	2,958,849.84	2,236,728.33	3,902,223.42	3,986,746.27	3,875,085.12	3,375,237.91
12	2,669,555.37	2,542,308.43	3,013,191.15	3,036,258.48	3,028,244.97	3,047,615.33	2,303,830.18	4,019,290.12	4,002,531.12	3,887,520.14	3,372,677.51
13	2,749,642.03	2,618,577.68	3,103,586.89	3,127,346.24	3,119,092.32	3,139,043.79	2,372,945.09	4,139,868.82	4,122,607.05	4,004,145.74	3,473,857.83
14	2,832,131.29	2,697,135.01	3,196,694.50	3,221,166.63	3,212,665.09	3,233,215.11	2,444,133.44	4,264,064.89	4,246,285.26	4,124,270.11	3,578,073.57
15	3,234,739.07	3,095,692.90	3,292,595.33	3,317,801.62	3,309,045.05	3,330,211.56	2,835,101.28	4,709,630.68	4,487,118.06	4,361,442.45	3,798,860.01
16	3,004,608.09	2,861,390.53	3,391,373.19	3,417,335.67	3,408,316.40	3,430,117.91	2,592,981.16	4,523,746.44	4,504,884.04	4,375,438.16	3,795,978.25
17	3,094,746.33	2,947,232.25	3,493,114.39	3,519,855.74	3,510,565.89	3,533,021.44	2,670,770.60	4,659,458.83	4,640,030.56	4,506,701.31	3,909,857.59
18	3,187,588.72	3,035,649.22	3,597,907.82	3,625,451.42	3,615,882.87	3,639,012.09	2,750,893.72	4,799,242.60	4,779,231.47	4,641,902.35	4,027,153.32
19	3,283,216.38	3,126,718.69	3,705,845.05	3,734,214.96	3,724,359.35	3,748,182.45	2,833,420.53	4,943,219.88	4,922,608.42	4,781,159.42	4,147,967.92
20	3,381,712.88	3,220,520.25	3,817,020.40	3,846,241.41	3,836,090.13	3,860,627.92	2,918,423.15	5,091,516.47	5,201,799.62	5,056,107.15	4,403,919.91

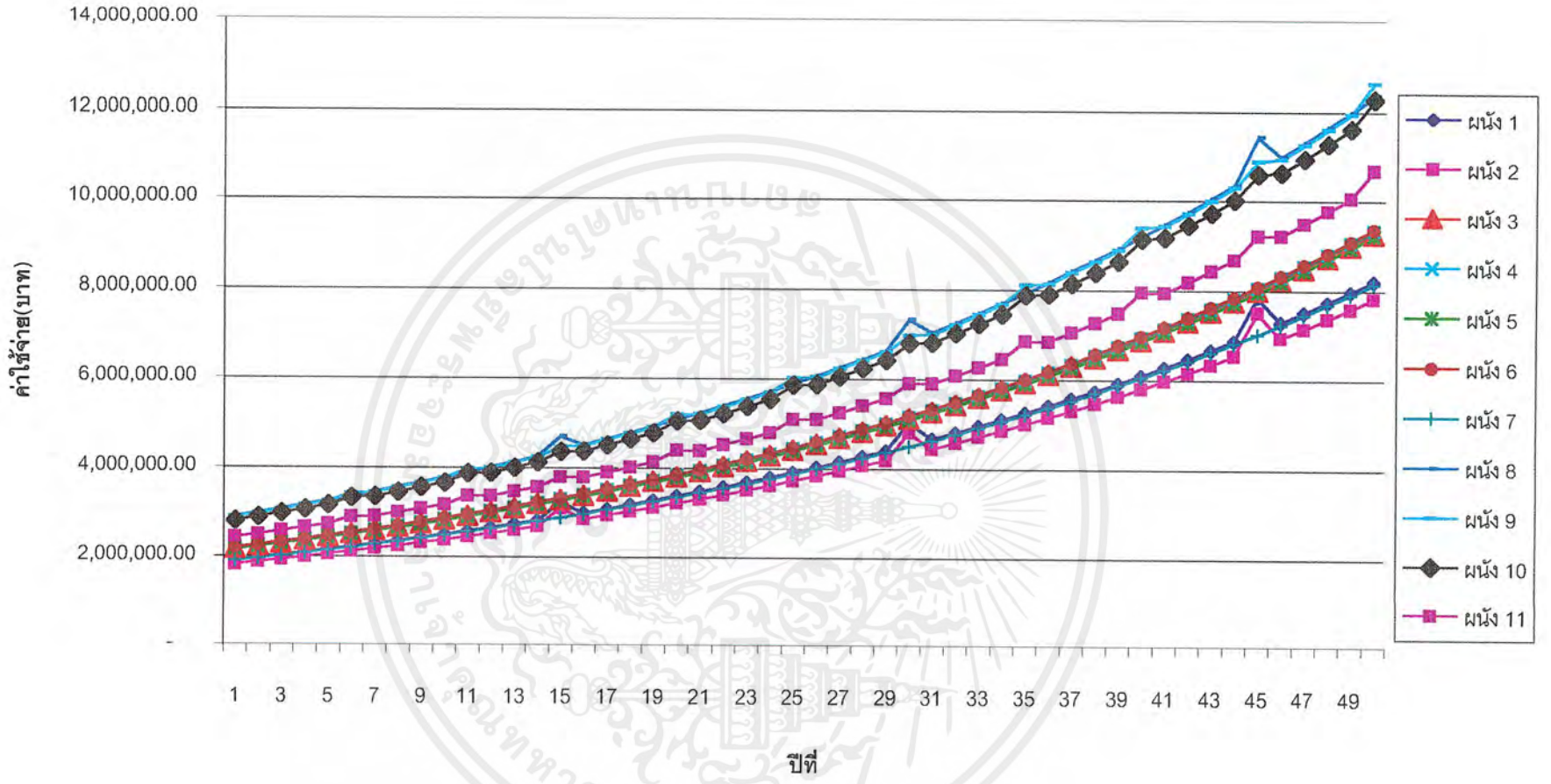
ตารางที่ 5.8 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
21	3,483,164.26	3,317,135.86	3,931,531.02	3,961,628.65	3,951,172.84	3,976,446.76	3,005,975.84	5,244,261.97	5,222,395.27	5,072,332.03	4,400,579.17
22	3,587,659.19	3,416,649.94	4,049,476.95	4,080,477.51	4,069,708.02	4,095,740.16	3,096,155.11	5,401,589.83	5,379,067.13	5,224,501.99	4,532,596.54
23	3,695,288.97	3,519,149.44	4,170,961.25	4,202,891.83	4,191,799.26	4,218,612.37	3,189,039.77	5,563,637.52	5,540,439.14	5,381,237.05	4,668,574.44
24	3,806,147.64	3,624,723.92	4,296,090.09	4,328,978.59	4,317,553.24	4,345,170.74	3,284,710.96	5,730,546.65	5,706,652.32	5,542,674.16	4,808,631.67
25	3,920,332.06	3,733,465.64	4,424,972.79	4,458,847.95	4,447,079.84	4,475,525.86	3,383,252.29	5,902,463.05	6,030,311.44	5,861,413.94	5,105,350.18
26	4,037,942.03	3,845,469.61	4,557,721.98	4,592,613.38	4,580,492.23	4,609,791.64	3,484,749.86	6,079,536.94	6,054,187.44	5,880,223.01	5,101,477.34
27	4,159,080.29	3,960,833.69	4,694,453.64	4,730,391.79	4,717,907.00	4,748,085.39	3,589,292.35	6,261,923.05	6,235,813.07	6,056,629.70	5,254,521.66
28	4,283,852.70	4,079,658.70	4,835,287.25	4,872,303.54	4,859,444.21	4,890,527.95	3,696,971.13	6,449,780.74	6,422,887.46	6,238,328.60	5,412,157.31
29	4,412,368.28	4,202,048.47	4,980,345.86	5,018,472.65	5,005,227.54	5,037,243.79	3,807,880.26	6,643,274.16	6,615,574.08	6,425,478.45	5,574,522.03
30	5,039,618.08	4,822,988.68	5,129,756.24	5,169,026.83	5,155,384.36	5,188,361.10	4,416,995.42	7,337,451.14	6,990,783.72	6,794,985.22	5,918,500.11
31	4,681,081.50	4,457,953.22	5,283,648.93	5,324,097.63	5,310,045.89	5,344,011.94	4,039,780.17	7,047,849.56	7,018,462.54	6,816,790.09	5,914,010.42
32	4,821,513.95	4,591,691.81	5,442,158.40	5,483,820.56	5,469,347.27	5,504,332.29	4,160,973.57	7,259,285.04	7,229,016.42	7,021,293.79	6,091,430.74
33	4,966,159.37	4,729,442.57	5,605,423.15	5,648,335.18	5,633,427.69	5,669,462.26	4,285,802.78	7,477,063.59	7,445,886.91	7,231,932.61	6,274,173.66
34	5,115,144.15	4,871,325.85	5,773,585.84	5,817,785.23	5,802,430.52	5,839,546.13	4,414,376.86	7,701,375.50	7,669,263.52	7,448,890.59	6,462,398.87
35	5,268,598.47	5,017,465.62	5,946,793.42	5,992,318.79	5,976,503.43	6,014,732.51	4,546,808.17	7,932,416.77	8,104,234.32	7,877,250.20	6,861,163.73
36	5,426,656.43	5,167,989.59	6,125,197.22	6,172,088.35	6,155,798.54	6,195,174.49	4,683,212.41	8,170,389.27	8,136,321.67	7,902,528.02	6,855,958.96
37	5,589,456.12	5,323,029.28	6,308,953.14	6,357,251.00	6,340,472.49	6,381,029.72	4,823,708.79	8,415,500.95	8,380,411.32	8,139,603.86	7,061,637.73
38	5,757,139.80	5,482,720.16	6,498,221.73	6,547,968.53	6,530,686.67	6,572,460.62	4,968,420.05	8,667,965.98	8,631,823.66	8,383,791.98	7,273,486.86
39	5,929,854.00	5,647,201.76	6,693,168.38	6,744,407.59	6,726,607.27	6,769,634.43	5,117,472.65	8,928,004.96	8,890,778.37	8,635,305.74	7,491,691.47
40	6,107,749.62	5,816,617.81	6,893,963.43	6,946,739.82	6,928,405.49	6,972,723.47	5,270,996.83	9,195,845.10	9,395,028.74	9,131,891.93	7,953,969.23

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปีของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.
41	6,290,982.11	5,991,116.35	7,100,782.34	7,155,142.01	7,136,257.65	7,181,905.17	5,429,126.73	9,471,720.46	9,432,226.77	9,161,195.86	7,947,935.48
42	6,479,711.57	6,170,849.84	7,313,805.81	7,369,796.27	7,350,345.38	7,397,362.33	5,592,000.54	9,755,872.07	9,715,193.57	9,436,031.73	8,186,373.54
43	6,674,102.92	6,355,975.33	7,533,219.98	7,590,890.16	7,570,855.74	7,619,283.20	5,759,760.55	10,048,548.23	10,006,649.38	9,719,112.69	8,431,964.75
44	6,874,326.00	6,546,654.59	7,759,216.58	7,818,616.86	7,797,981.41	7,847,861.69	5,932,553.37	10,350,004.68	10,306,848.86	10,010,686.07	8,684,923.69
45	7,851,560.76	7,514,059.21	7,991,993.08	8,053,175.37	8,031,920.86	8,083,297.54	6,881,534.95	11,431,509.80	10,891,413.25	10,586,365.57	9,220,830.32
46	7,292,972.46	6,945,345.86	8,231,752.87	8,294,770.63	8,272,878.48	8,325,796.47	6,293,845.87	10,980,319.96	10,934,535.96	10,620,336.85	9,213,835.54
47	7,511,761.63	7,153,706.23	8,478,705.46	8,543,613.75	8,521,064.84	8,575,570.36	6,482,661.25	11,309,729.56	11,262,572.04	10,938,946.95	9,490,250.61
48	7,737,114.48	7,368,317.42	8,733,066.62	8,799,922.16	8,776,696.78	8,832,837.47	6,677,141.08	11,649,021.45	11,600,449.20	11,267,115.36	9,774,958.13
49	7,969,227.92	7,589,366.94	8,995,058.62	9,063,919.83	9,039,997.68	9,097,822.60	6,877,455.32	11,998,492.09	11,948,462.67	11,605,128.82	10,068,206.87
50	8,208,304.75	7,817,047.95	9,264,910.38	9,335,837.42	9,311,197.61	9,370,757.28	7,083,778.98	12,358,446.86	12,626,133.01	12,272,499.15	10,689,469.53

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 6. = ผนัง PRECAST
ผนัง 7. = ผนัง EIFS
ผนัง 8. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 9. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 10. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 11. = กระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.10 แสดงการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาต่อปี ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ตารางที่ 5.9 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
เริ่มต้น	6,110,916.59	6,067,066.19	8,458,184.69	9,935,452.59	12,035,452.57	7,744,550.61	6,769,375.69	7,461,569.61	18,515,748.48	18,419,791.79	18,849,455.49	29,484,498.92
1	8,064,815.59	7,929,148.19	10,660,333.69	12,154,277.59	14,254,277.57	9,957,574.61	8,999,115.69	9,154,313.09	21,456,813.09	21,349,410.37	21,695,656.59	31,958,905.65
2	10,077,331.56	9,847,092.65	12,928,547.16	14,439,667.34	16,539,667.32	12,236,989.33	11,295,747.89	10,897,838.87	24,486,109.64	24,366,917.51	24,627,243.72	34,507,544.58
3	12,150,223.01	11,822,575.44	15,264,807.03	16,793,618.78	18,893,618.76	14,584,786.49	13,661,279.06	12,693,670.43	27,606,285.08	27,474,949.86	27,646,778.47	37,132,642.68
4	14,285,301.20	13,857,322.72	17,671,154.70	19,218,188.77	21,318,188.75	17,003,017.57	16,097,776.16	14,543,376.94	30,820,065.79	30,676,223.18	30,756,899.26	39,836,493.72
5	16,484,431.74	15,953,112.42	20,149,692.80	21,715,495.85	23,815,495.83	19,493,795.58	18,607,368.17	16,448,574.64	34,130,259.92	33,973,534.70	33,960,323.67	42,621,460.30
6	18,749,536.19	18,111,775.80	22,702,587.05	24,287,722.15	26,387,722.13	22,059,296.93	21,192,247.95	18,410,928.27	37,539,759.87	37,441,347.93	37,331,433.18	45,561,558.23
7	21,082,593.78	20,335,199.09	25,332,068.12	26,937,115.24	29,037,115.22	24,701,763.32	23,854,674.11	20,432,152.51	41,051,544.83	40,939,465.73	40,729,946.14	48,516,129.27
8	23,485,643.10	22,625,325.08	28,040,433.62	29,665,990.11	31,765,990.10	27,423,503.70	26,596,973.07	22,514,013.47	44,668,683.33	44,542,527.05	44,230,414.49	51,559,337.44
9	25,960,783.89	24,984,154.85	30,830,050.09	32,476,731.24	34,576,731.22	30,226,896.29	29,421,540.99	24,658,330.27	48,394,335.98	48,253,680.22	47,835,896.89	54,693,841.85
10	28,510,178.91	27,413,749.51	33,703,355.05	35,371,794.60	37,471,794.58	33,114,390.66	32,330,845.95	26,866,976.57	52,231,758.22	52,076,167.98	51,549,543.76	57,922,381.40
11	31,136,055.78	29,916,232.01	36,662,859.16	38,353,709.86	40,453,709.84	36,088,509.86	35,327,430.05	29,141,882.26	56,184,303.12	56,114,124.10	55,475,393.76	61,348,570.86
12	33,840,708.96	32,493,788.98	39,711,148.40	41,425,082.58	43,525,082.56	39,151,852.64	38,413,911.68	31,485,035.12	60,255,424.37	60,169,401.37	59,415,201.73	64,773,728.47
13	36,626,501.73	35,148,672.66	42,850,886.31	44,588,596.48	46,688,596.46	42,307,095.70	41,592,987.76	33,898,482.56	64,448,679.25	64,346,336.95	63,473,203.93	68,301,640.80
14	39,495,868.28	37,883,202.86	46,084,816.36	47,847,015.80	49,947,015.78	45,556,996.05	44,867,436.13	36,384,333.43	68,767,731.79	68,648,580.61	67,652,946.20	71,935,390.50
15	42,768,959.67	41,017,412.80	49,415,764.31	51,203,187.69	53,303,187.67	48,904,393.42	48,240,117.94	39,262,403.67	73,533,999.74	73,193,335.80	72,071,524.98	75,791,596.93
16	45,813,070.65	43,918,475.88	52,846,640.70	54,660,044.74	56,760,044.73	52,352,212.70	51,713,980.21	41,899,642.85	78,116,082.57	77,757,586.09	76,505,813.55	79,646,641.99
17	48,948,504.96	46,906,570.86	56,380,443.38	58,220,607.51	60,320,607.49	55,903,466.56	55,292,058.34	44,615,999.22	82,835,627.89	82,458,763.89	81,073,130.78	83,617,338.41
18	52,178,002.29	49,984,308.68	60,020,260.14	61,887,987.16	63,987,987.14	59,561,258.04	58,977,478.82	47,413,846.27	87,696,759.56	87,300,977.03	85,777,467.53	87,707,155.71
19	55,504,384.55	53,154,378.64	63,769,271.40	65,665,388.19	67,765,388.18	63,328,783.26	62,773,461.92	50,295,628.73	92,703,725.19	92,288,456.55	90,622,934.38	91,919,667.54
20	58,930,558.27	56,419,550.70	67,630,753.00	69,556,111.26	71,656,111.25	67,209,334.24	66,683,324.50	53,263,864.67	97,860,899.79	97,557,073.42	95,745,278.19	96,390,067.67

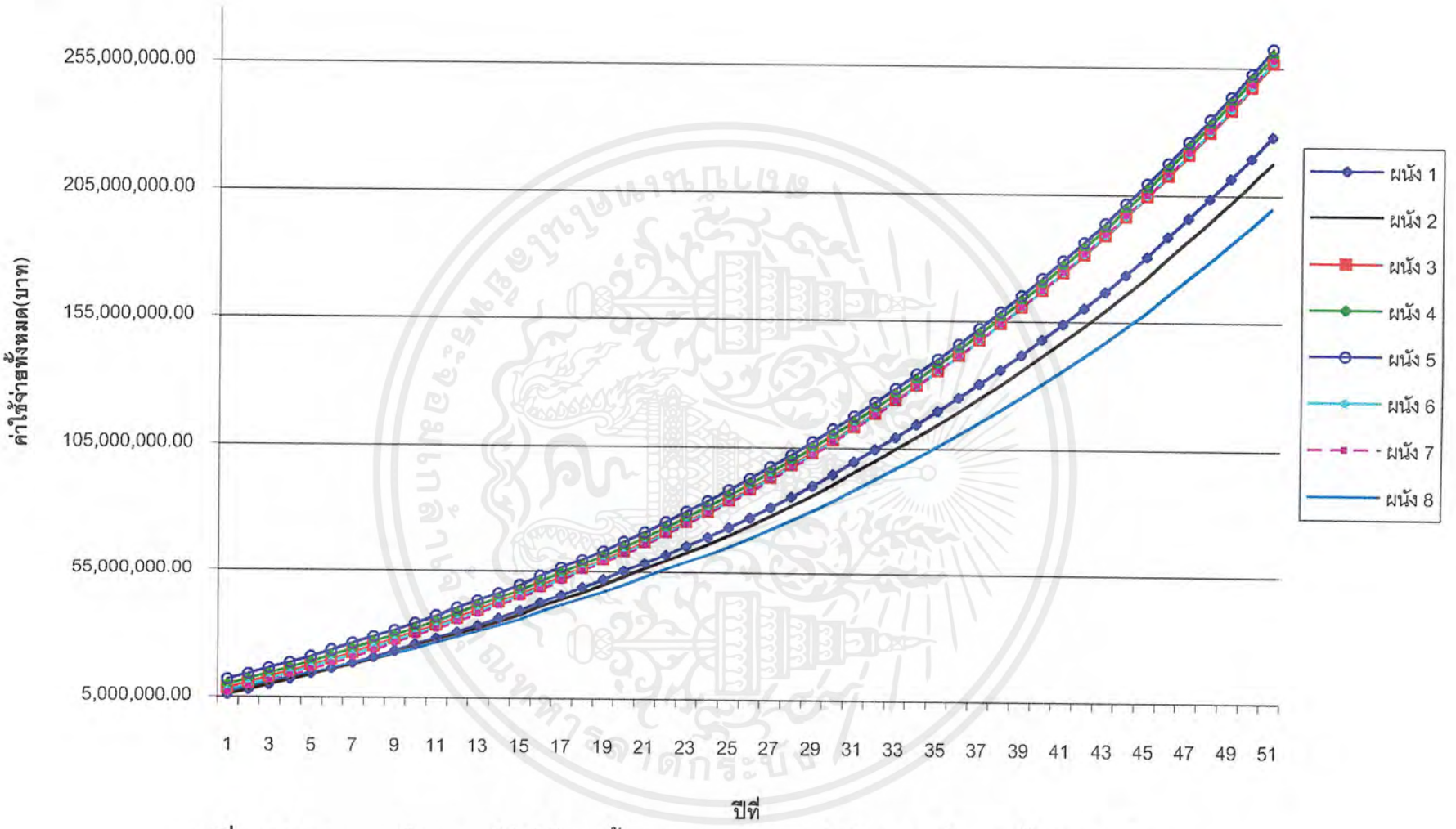
ตารางที่ 5.9 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
21	62,459,517.21	59,782,677.92	71,608,079.05	73,563,556.02	75,663,556.01	71,206,301.75	70,710,482.97	56,321,147.69	103,172,789.62	102,848,290.45	100,885,833.98	100,859,121.46
22	66,094,344.91	63,246,698.96	75,704,724.88	77,691,224.13	79,791,224.11	75,323,178.29	74,858,456.19	59,470,149.20	108,644,036.15	108,298,243.99	106,180,606.43	105,462,246.87
23	69,838,217.45	66,814,640.62	79,924,270.09	81,942,722.27	84,042,722.26	79,563,561.12	79,130,868.60	62,713,620.75	114,279,420.07	113,911,696.14	111,634,222.06	110,203,466.04
24	73,694,406.16	70,489,620.54	84,270,401.65	86,321,765.36	88,421,765.35	83,931,155.43	83,531,453.39	66,054,396.45	120,083,865.52	119,693,551.85	117,251,446.16	115,086,921.79
25	77,666,280.53	74,274,849.86	88,746,917.16	90,832,179.75	92,932,179.73	88,429,777.58	88,064,055.72	69,495,395.42	126,062,444.32	125,801,322.79	123,189,646.54	120,269,340.76
26	81,757,311.13	78,173,636.05	93,357,728.13	95,477,906.56	97,577,906.54	93,063,358.39	92,732,636.12	73,039,624.36	132,220,380.49	131,935,293.52	129,148,959.59	125,450,198.96
27	85,971,072.65	82,189,385.83	98,106,863.43	100,263,005.18	102,363,005.16	97,835,946.62	97,541,273.93	76,690,180.16	138,563,054.75	138,253,283.37	135,287,052.03	130,786,482.91
28	90,311,247.02	86,325,608.11	102,998,472.80	105,191,656.76	107,291,656.74	102,751,712.50	102,494,170.88	80,450,252.64	145,096,009.23	144,760,812.91	141,609,287.24	136,282,855.37
29	94,781,626.62	90,585,917.05	108,036,830.44	110,268,167.88	112,368,167.87	107,814,951.36	107,595,654.74	84,323,127.30	151,824,952.35	151,463,568.34	148,121,189.51	141,944,119.01
30	99,880,996.36	95,468,914.02	113,226,338.81	115,496,974.34	117,596,974.32	113,030,087.38	112,850,183.11	88,807,066.95	159,250,642.52	158,544,148.84	155,005,191.25	147,951,962.97
31	104,623,622.07	99,988,675.77	118,571,532.44	120,882,644.99	122,982,644.98	118,401,677.48	118,262,347.33	92,915,799.67	166,389,378.27	165,655,102.08	161,913,668.37	153,957,997.57
32	109,508,526.56	104,644,030.38	124,077,081.87	126,429,885.77	128,529,885.75	123,934,415.29	123,836,876.48	97,147,794.38	173,742,276.10	172,979,383.91	169,029,399.80	160,144,213.20
33	114,539,978.18	109,439,045.63	129,747,797.78	132,143,543.76	134,243,543.74	129,633,135.23	129,578,641.50	101,506,748.92	181,315,760.86	180,523,394.19	176,358,603.17	166,516,015.30
34	119,722,373.35	114,377,911.34	135,588,635.18	138,028,611.50	140,128,611.48	135,502,816.77	135,492,659.48	105,996,472.10	189,116,450.16	188,293,724.79	183,907,682.64	173,078,971.46
35	125,060,240.38	119,464,943.01	141,604,697.69	144,090,231.26	146,190,231.25	141,548,588.75	141,584,097.99	110,620,886.98	197,151,160.14	196,502,058.20	191,888,127.40	180,043,709.21
36	130,558,243.41	124,704,585.64	147,801,242.08	150,333,699.62	152,433,699.61	147,775,733.89	147,858,279.66	115,384,034.30	205,426,911.42	204,745,601.93	199,896,945.81	187,006,349.41
37	136,221,186.54	130,101,417.54	154,183,682.80	156,764,472.04	158,864,472.02	154,189,693.39	154,320,686.78	120,290,076.05	213,950,935.24	213,236,451.96	208,146,028.78	194,177,868.81
38	142,054,017.96	135,660,154.41	160,757,596.75	163,388,167.62	165,488,167.60	160,796,071.68	160,976,966.11	125,343,299.04	222,730,679.78	221,982,027.51	216,642,584.23	201,564,533.79
39	148,061,834.32	141,385,653.38	167,528,728.11	170,210,574.07	172,310,574.05	167,600,641.31	167,832,933.82	130,548,118.73	231,773,816.65	230,989,970.31	225,394,036.35	209,172,798.72
40	154,249,885.18	147,282,917.31	174,502,993.41	177,237,652.71	179,337,652.70	174,609,348.03	174,894,580.57	135,909,083.00	241,088,247.63	240,505,678.43	234,645,559.05	217,246,838.62

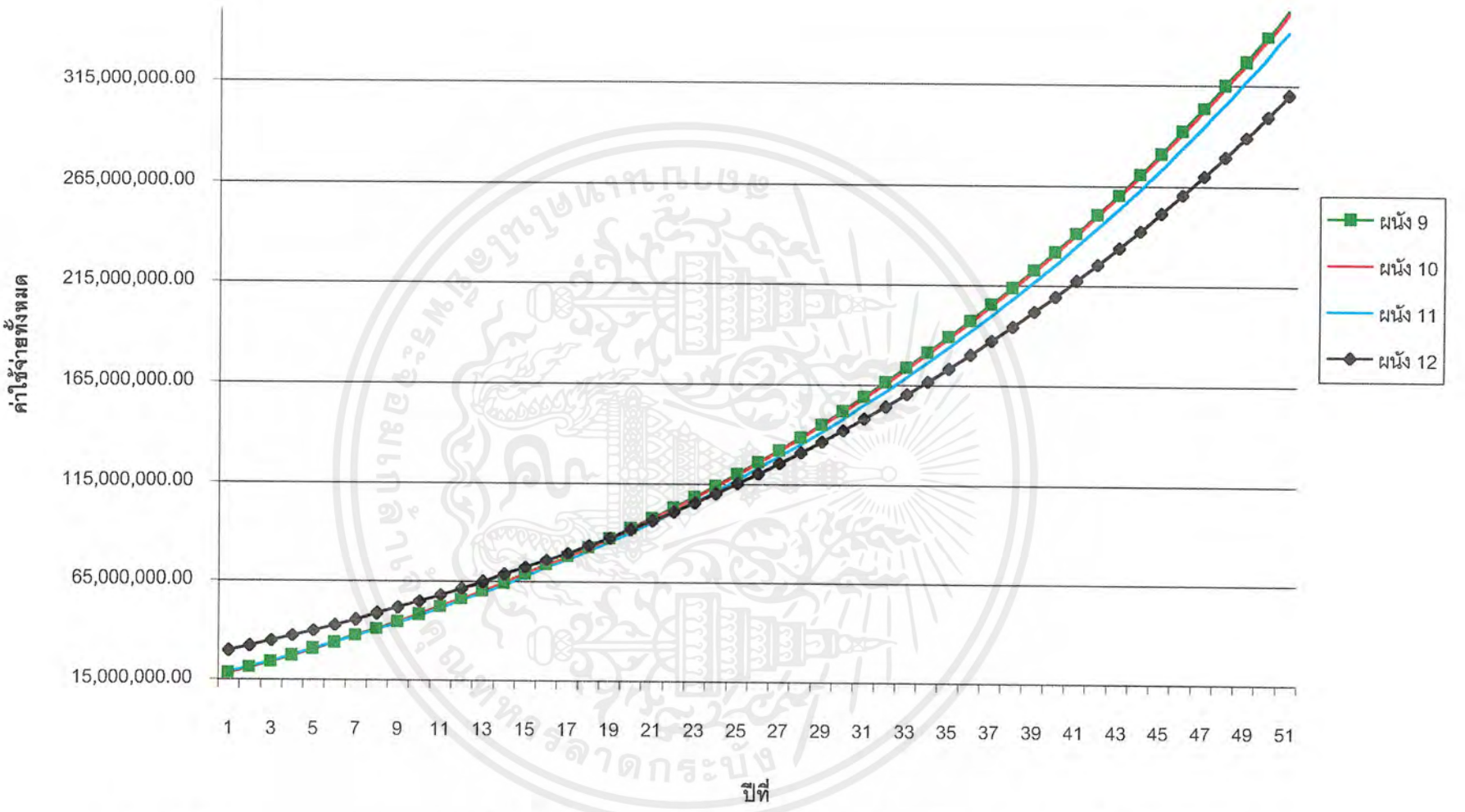
ตารางที่ 5.9 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
41	160,623,577.56	153,357,099.17	181,686,486.67	184,475,543.72	186,575,543.70	181,828,315.95	182,168,076.71	141,430,876.21	250,682,111.53	250,062,204.95	243,929,974.60	225,318,446.89
42	167,188,480.71	159,613,506.48	189,085,484.73	191,930,571.45	194,030,571.44	189,263,852.91	189,659,777.74	147,118,323.21	260,563,791.36	259,905,427.27	253,492,922.62	233,632,203.40
43	173,950,330.95	166,057,606.01	196,706,452.73	199,609,250.02	201,709,250.00	196,922,455.98	197,376,229.81	152,976,393.62	270,741,921.58	270,043,946.26	263,342,759.08	242,195,372.61
44	180,915,036.71	172,695,028.53	204,556,049.77	207,518,288.94	209,618,288.92	204,810,817.14	205,324,175.43	159,010,206.14	281,225,395.70	280,486,620.82	273,488,090.63	251,015,436.90
45	188,859,688.61	180,302,578.70	212,641,134.73	215,664,599.03	217,764,599.02	212,935,829.14	213,510,559.42	165,996,038.02	292,794,379.03	291,517,934.54	284,213,141.05	260,375,462.03
46	196,248,544.94	187,344,220.25	220,968,772.23	224,055,298.43	226,155,298.41	221,304,591.50	221,942,534.93	172,397,309.72	303,916,296.73	302,596,567.98	294,976,323.30	269,732,668.23
47	203,859,066.97	194,597,111.04	229,546,238.85	232,697,718.80	234,797,718.78	229,924,416.72	230,627,469.71	178,990,619.58	315,371,871.96	314,007,560.42	306,062,401.01	279,370,590.62
48	211,697,904.65	202,067,588.56	238,381,029.48	241,599,411.79	243,699,411.77	238,802,836.70	239,572,952.53	185,781,728.73	327,171,114.44	325,760,882.64	317,481,061.05	289,297,650.68
49	219,771,907.47	209,762,180.40	247,480,863.82	250,768,155.56	252,868,155.55	247,947,609.29	248,786,799.84	192,776,571.15	339,324,334.21	337,866,804.52	329,242,280.90	299,522,522.54
50	228,088,130.37	217,687,610.00	256,853,693.20	260,211,961.65	262,311,961.64	257,366,725.05	258,277,062.56	199,981,258.85	351,842,150.56	350,655,120.52	341,675,553.79	310,373,357.01

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังหินแกรนิตสีเข้ม
ผนัง 6. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 7. = ผนัง PRECAST
ผนัง 8. = ผนังEIFS
ผนัง 9. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 10. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 11. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 12. = ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.11 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของอาคารผนังทึบแสง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%



รูปที่ 5.12 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังโปร่งแสงของอาคารตัวอย่าง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ตารางที่ 5.10 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
เริ่มต้น	5,991,590.59	5,940,621.77	8,338,858.63	9,816,127.67	11,916,127.67	7,625,224.61	6,657,168.10	7,287,020.37	18,285,917.57	18,213,172.66	18,642,836.36	29,277,879.79
1	7,920,134.19	7,777,239.47	10,515,652.03	12,009,585.40	14,109,585.40	9,812,893.21	8,858,830.26	8,951,356.31	21,189,538.27	21,104,686.30	21,451,263.62	31,714,373.78
2	9,906,534.10	9,668,955.70	12,757,749.23	14,268,846.86	16,368,846.86	12,066,191.87	11,126,542.28	10,665,622.33	24,180,267.59	24,082,945.35	24,343,943.70	34,223,962.59
3	11,952,526.00	11,617,423.42	15,067,109.35	16,595,886.17	18,695,886.17	14,387,089.49	13,462,285.67	12,431,316.33	27,260,718.79	27,150,552.17	27,323,404.18	36,808,839.06
4	14,059,897.67	13,624,345.17	17,445,750.27	18,992,736.65	21,092,736.65	16,777,614.03	15,868,101.36	14,249,981.15	30,433,583.53	30,310,187.20	30,392,248.47	39,471,261.83
5	16,230,490.48	15,691,474.57	19,895,750.42	21,461,492.65	23,561,492.65	19,239,854.31	18,346,091.52	16,123,205.91	33,701,634.21	33,564,611.27	33,553,158.10	42,213,557.28
6	18,466,201.07	17,820,617.85	22,419,250.57	24,004,311.33	26,104,311.33	21,775,961.81	20,898,421.38	18,052,627.42	37,067,726.41	36,988,250.43	36,880,477.37	45,109,703.96
7	20,768,982.99	20,013,635.44	25,018,455.73	26,623,414.57	28,723,414.57	24,388,152.52	23,527,321.14	20,039,931.57	40,534,801.37	40,440,868.93	40,233,886.39	48,019,005.20
8	23,140,848.36	22,272,443.55	27,695,637.05	29,321,090.91	31,421,090.91	27,078,708.96	26,235,087.89	22,086,854.84	44,105,888.59	43,997,065.99	43,687,897.68	51,015,585.49
9	25,583,869.69	24,599,015.90	30,453,133.80	32,099,697.54	34,199,697.54	29,849,982.09	29,024,087.64	24,195,185.82	47,784,108.42	47,659,948.96	47,245,529.31	54,102,063.18
10	28,100,181.67	26,995,385.42	33,293,355.45	34,961,662.36	37,061,662.36	32,704,393.41	31,896,757.39	26,366,766.72	51,572,674.84	51,432,718.42	50,909,889.89	57,281,135.20
11	30,691,983.00	29,463,646.03	36,218,783.76	37,909,486.13	40,009,486.13	35,644,437.08	34,855,607.23	28,603,495.05	55,474,898.26	55,419,464.69	54,784,975.01	60,656,373.10
12	33,361,538.37	32,005,954.46	39,231,974.91	40,945,744.62	43,045,744.62	38,672,682.05	37,903,222.56	30,907,325.23	59,494,188.38	59,421,995.80	58,672,495.14	64,029,050.61
13	36,111,180.41	34,624,532.14	42,335,561.80	44,073,090.85	46,173,090.85	41,791,774.38	41,042,266.35	33,280,270.32	63,634,057.20	63,544,602.86	62,676,640.88	67,502,908.44
14	38,943,311.70	37,321,667.15	45,532,256.30	47,294,257.48	49,394,257.48	45,004,439.47	44,275,481.46	35,724,403.76	67,898,122.09	67,790,888.12	66,800,911.00	71,080,982.01
15	42,178,050.77	40,417,360.06	48,824,851.63	50,612,059.10	52,712,059.10	48,313,484.51	47,605,693.02	38,559,505.04	72,607,752.77	72,278,006.17	71,162,353.45	74,879,842.02
16	45,182,658.86	43,278,750.59	52,216,224.82	54,029,394.78	56,129,394.78	51,721,800.91	51,035,810.93	41,152,486.20	77,131,499.21	76,782,890.21	75,537,791.61	78,675,820.26
17	48,277,405.20	46,225,982.84	55,709,339.20	57,549,250.52	59,649,250.52	55,232,366.80	54,568,832.37	43,823,256.80	81,790,958.04	81,422,920.77	80,044,492.92	82,585,677.86
18	51,464,993.92	49,261,632.05	59,307,247.02	61,174,701.94	63,274,701.94	58,848,249.67	58,207,844.46	46,574,150.52	86,590,200.64	86,202,152.24	84,686,395.27	86,612,831.18
19	54,748,210.30	52,388,350.75	63,013,092.07	64,908,916.89	67,008,916.89	62,572,609.02	61,956,026.91	49,407,571.05	91,533,420.52	91,124,760.66	89,467,554.68	90,760,799.10
20	58,129,923.18	55,608,871.00	66,830,112.47	68,755,158.30	70,855,158.30	66,408,699.15	65,816,654.84	52,325,994.19	96,624,936.99	96,326,560.28	94,523,661.84	95,164,719.02

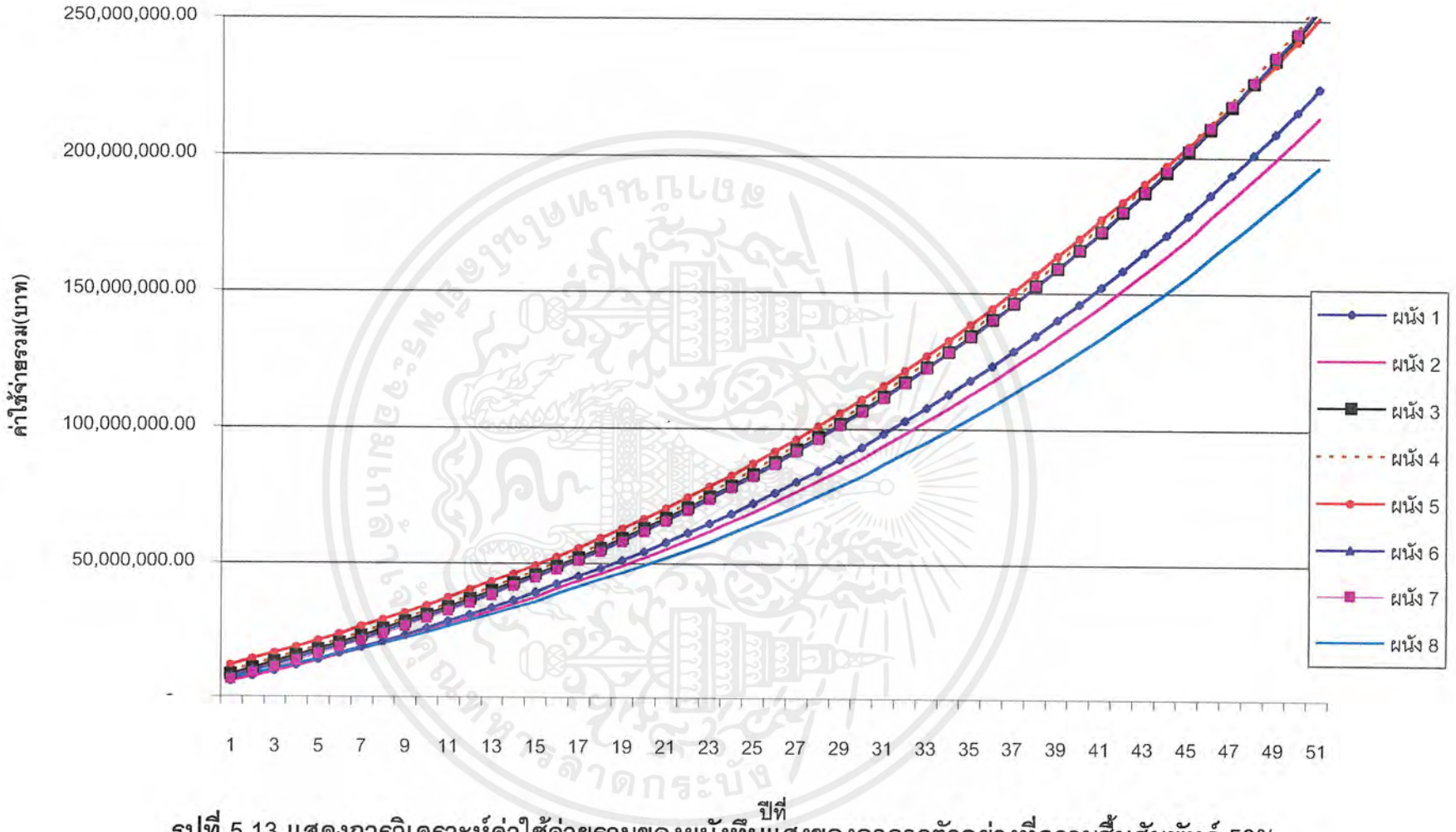
ตารางที่ 5.10 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
21	61,613,087.44	58,926,006.86	70,761,643.49	72,716,786.95	74,816,786.95	70,359,871.99	69,793,101.60	55,331,970.03	101,869,198.96	101,548,955.55	99,595,993.86	99,565,298.19
22	65,200,746.63	62,342,656.80	74,811,120.43	76,797,264.46	78,897,264.46	74,429,580.01	73,888,841.76	58,428,125.15	107,270,788.79	106,928,022.68	104,820,495.85	104,097,894.73
23	68,896,035.60	65,861,806.24	78,982,081.69	81,000,156.29	83,100,156.29	78,621,379.27	78,107,454.13	61,617,164.92	112,834,426.31	112,468,461.82	110,201,732.90	108,766,469.17
24	72,702,183.23	69,486,530.16	83,278,171.78	85,329,134.88	87,429,134.88	82,938,932.51	82,452,624.88	64,901,875.88	118,564,972.96	118,175,114.14	115,744,407.05	113,575,100.84
25	76,622,515.30	73,219,995.79	87,703,144.57	89,787,982.83	91,887,982.83	87,386,012.35	86,928,150.74	68,285,128.17	124,467,436.00	124,205,425.59	121,605,821.00	118,680,451.02
26	80,660,457.32	77,065,465.40	92,260,866.55	94,380,596.21	96,480,596.21	91,966,504.58	91,537,942.38	71,769,878.03	130,546,972.94	130,259,613.03	127,486,044.01	123,781,928.37
27	84,819,537.61	81,026,299.09	96,955,320.19	99,110,988.00	101,210,988.00	96,684,411.58	96,286,027.77	75,359,170.38	136,808,895.99	136,495,426.09	133,542,673.71	129,036,450.03
28	89,103,390.31	85,105,957.80	101,790,607.44	103,983,291.54	106,083,291.54	101,543,855.79	101,176,555.72	79,056,141.51	143,258,676.72	142,918,313.55	139,781,002.31	134,448,607.34
29	93,515,758.58	89,308,006.26	106,770,953.30	109,001,764.18	111,101,764.18	106,549,083.32	106,213,799.50	82,864,021.76	149,901,950.88	149,533,887.63	146,206,480.76	140,023,129.37
30	98,555,376.66	94,130,994.94	111,900,709.54	114,170,791.01	116,270,791.01	111,704,467.68	111,402,160.61	87,281,017.19	157,239,402.02	156,524,671.35	153,001,465.98	145,941,629.48
31	103,236,458.17	98,588,948.15	117,184,358.47	119,494,888.64	121,594,888.64	117,014,513.57	116,746,172.54	91,320,797.35	164,287,251.58	163,543,133.89	159,818,256.07	151,855,639.90
32	108,057,972.12	103,180,639.97	122,626,516.86	124,978,709.20	127,078,709.20	122,483,860.84	122,250,504.84	95,481,770.92	171,546,536.62	170,772,150.31	166,839,549.87	157,947,070.64
33	113,024,131.49	107,910,082.54	128,231,940.01	130,627,044.37	132,727,044.37	128,117,288.53	127,919,967.10	99,767,573.70	179,023,600.21	178,218,037.23	174,071,482.48	164,221,244.29
34	118,139,275.63	112,781,408.38	134,005,525.85	136,444,829.61	138,544,829.61	133,919,719.05	133,759,513.23	104,181,950.57	186,724,975.72	185,887,300.75	181,520,373.06	170,683,643.16
35	123,407,874.11	117,798,874.00	139,952,319.27	142,437,148.39	144,537,148.39	139,896,222.48	139,774,245.74	108,728,758.73	194,657,392.48	193,991,535.07	189,397,623.26	177,544,806.89
36	128,834,530.54	122,966,863.59	146,077,516.49	148,609,236.74	150,709,236.74	146,052,021.02	145,969,420.23	113,411,971.15	202,827,781.75	202,127,856.74	197,300,151.29	184,400,765.85
37	134,423,986.66	128,289,892.87	152,386,469.62	154,966,487.75	157,066,487.75	152,392,493.51	152,350,449.95	118,235,679.93	211,243,282.70	210,508,268.05	205,439,755.15	191,462,403.58
38	140,181,126.46	133,772,613.02	158,884,691.35	161,514,456.28	163,614,456.28	158,923,180.18	158,922,910.57	123,204,099.98	219,911,248.67	219,140,091.71	213,823,547.13	198,735,890.44
39	146,110,980.46	139,419,814.78	165,577,859.74	168,258,863.87	170,358,863.87	165,649,787.44	165,692,545.00	128,321,572.63	228,839,253.63	228,030,870.08	222,458,852.87	206,227,581.90
40	152,218,730.08	145,236,432.59	172,471,823.17	175,205,603.68	177,305,603.68	172,578,192.93	172,665,268.47	133,592,569.46	238,035,098.73	237,425,898.82	231,590,744.80	214,181,551.14

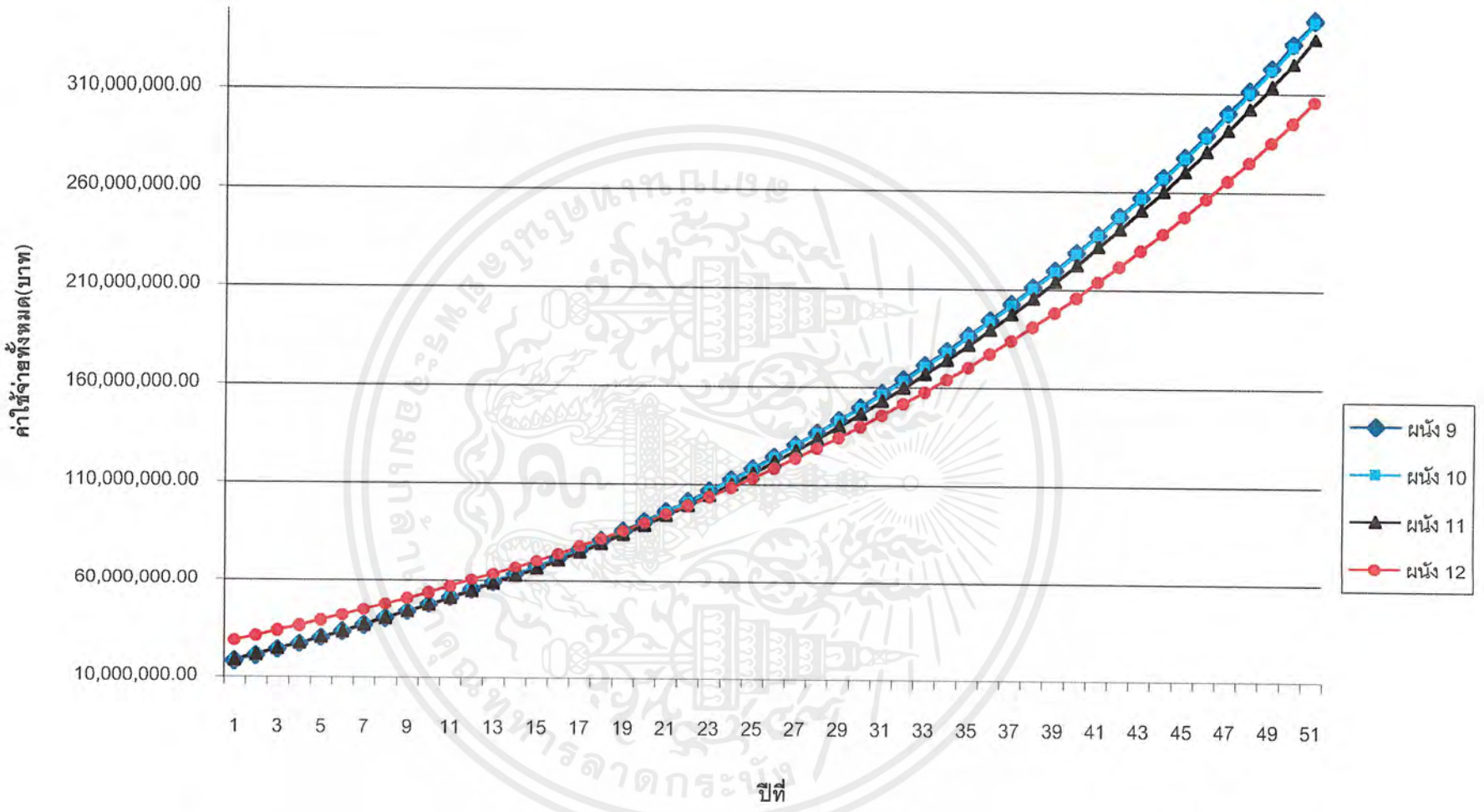
ตารางที่ 5.10 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังอาคารตัวอย่าง โดยใช้ระบบปรับอากาศเป็นแบบ Split type เบอร์ 5 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ปีที่	ผนัง 1.	ผนัง 2.	ผนัง 3.	ผนัง 4.	ผนัง 5.	ผนัง 6.	ผนัง 7.	ผนัง 8.	ผนัง 9.	ผนัง 10.	ผนัง 11.	ผนัง 12.
41	158,509,712.18	151,227,548.94	179,572,605.51	182,360,745.69	183,902,623.20	179,714,450.58	179,847,173.64	139,021,696.20	247,506,819.19	246,858,125.59	240,751,940.66	222,129,486.61
42	164,989,423.75	157,398,398.78	186,886,411.31	189,730,541.96	190,499,642.72	187,064,795.96	187,244,535.97	144,613,696.73	257,262,691.26	256,573,319.16	250,187,972.39	230,315,860.15
43	171,663,526.67	163,754,374.11	194,419,631.29	197,321,432.12	197,294,572.82	194,635,651.70	194,863,819.16	150,373,457.29	267,311,239.49	266,579,968.54	259,907,085.08	238,747,824.90
44	178,537,852.68	170,301,028.70	202,178,847.87	205,140,048.99	204,293,350.83	202,433,633.11	202,711,680.86	156,306,010.66	277,661,244.17	276,886,817.40	269,917,771.15	247,432,748.59
45	186,389,413.44	177,815,087.91	210,170,840.95	213,193,224.36	211,502,092.18	210,465,553.97	210,794,978.40	163,187,545.60	289,092,753.97	287,778,230.65	280,504,136.71	256,653,578.90
46	193,682,385.90	184,760,433.77	218,402,593.82	221,487,994.99	218,927,095.76	218,738,432.45	219,120,774.87	169,481,391.47	300,073,073.94	298,712,766.61	291,124,473.56	265,867,414.45
47	201,194,147.53	191,914,140.00	226,881,299.27	230,031,608.74	226,574,849.46	227,259,497.28	227,696,345.23	175,964,052.72	311,382,803.50	309,975,338.64	302,063,420.52	275,357,665.05
48	208,931,262.01	199,282,457.42	235,614,365.89	238,831,530.90	234,452,035.76	236,036,194.06	236,529,182.71	182,641,193.80	323,031,824.95	321,575,787.84	313,330,535.88	285,132,623.18
49	216,900,489.92	206,871,824.36	244,609,424.51	247,895,450.73	242,565,537.66	245,076,191.75	245,627,005.30	189,518,649.12	335,030,317.05	333,524,250.51	324,935,664.70	295,200,830.05
50	225,108,794.68	214,688,872.31	253,874,334.89	257,231,288.15	250,922,444.61	254,387,389.36	254,997,762.58	196,602,428.09	347,388,763.90	346,150,383.53	337,208,163.85	305,890,299.58

หมายเหตุ ผนัง 1. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น
ผนัง 2. = ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น
ผนัง 3. = ผนังหินอ่อน
ผนัง 4. = ผนังหินแกรนิต
ผนัง 5. = ผนังหินแกรนิตสีเข้ม
ผนัง 6. = ผนังกระเบื้อง
ผนัง 7. = ผนัง PRECAST
ผนัง 8. = ผนังEIFS
ผนัง 9. = ผนังกระจกโฟลตใส 10 มม.
ผนัง 10. = ผนังกระจกติดฟิล์ม
ผนัง 11. = ผนังกระจกสะท้อนแสง
ผนัง 12. = ผนังกระจกฉนวน 2 ชั้น



รูปที่ 5.13 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรวมของผนังทึบแสงของอาคารตัวอย่างที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%



รูปที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของผนังโปร่งแสงของอาคารตัวอย่างที่ ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

5.7 ปัญหาที่มักจะพบในผนังชนิดต่าง ๆ

จากการสอบถามเจ้าของและผู้ใช้อาคาร พบว่า ปัญหาที่มักจะพบของผนังก็จะแตกต่างกันไป

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสี

จะพบปัญหาของการแตกลายงามาก ซึ่งก็จะทำให้อาคารแลดูขาดความสวยงาม ดูเสื่อมสภาพ ทำให้เสียภาพพจน์ของผู้อยู่อาศัย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาช่างที่มีฝีมือมาทำการก่อสร้างตั้งแต่ต้น

2. ผนังปูหินและผนังปูกระเบื้อง

มักจะไม่ค่อยพบปัญหาอะไรมากนัก โดยมากจะเป็นที่การบำรุงรักษา ที่พบว่า ผนังปูหินและผนังปูกระเบื้องจะหมอง เนื่องจากมลภาวะ หรือ คราบฝุ่นที่จับตัวเป็นเวลานาน ซึ่งจะทำความสะอาดได้ยาก ทำให้กระเบื้องหรือหินหมอง แลดูเก่า โดยเฉพาะผนังปูกระเบื้อง

3. ผนังกระจก

จะพบว่ามีปัญหาบริเวณที่ยาแนวซิลิโคน ซึ่งน้ำจะรั่วซึมบ่อย ต้องเปลี่ยนทุกครั้งเมื่อซิลิโคนเสื่อมสภาพ โดยมากซิลิโคนมีอายุโดยเฉลี่ย 3-5 ปี ซึ่งเคยเกิดเหตุซิลิโคนเสื่อมสภาพเป็นผลทำให้กระจกหลุดออกมาบ่อยครั้ง รวมทั้งผนังกระจกต้องการการบำรุงรักษาที่บ่อยครั้งกว่าผนังชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- เกษมกิจคอนสตรัคชั่น, บริษัทจำกัด. คู่มือการติดตั้งผนังคอนกรีตสำเร็จ(เอกสารภายในบริษัท)
- กระจกไทย-อาซาฮี, บริษัทจำกัด. ข้อมูลทางเทคนิคความรู้พื้นฐานเรื่องกระจก(เอกสารภายในบริษัท)
- Quality Team Consultant, บริษัทจำกัด. เอกสารประกอบการประมูล
- Down Conning, บริษัทจำกัด. เอกสารอบรมพนักงานเรื่องซิลิโคน(เอกสารภายในบริษัท)
- พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม, พฤศจิกายน 2542. คู่มือการใช้โปรแกรม OTTVEE version 1.0a . กรุงเทพ : ส่วนวิชาการ
- พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม, ม.ป.ป. พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. 3500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พาณิชย์, กระทรวง. รายการราคาวัสดุ. <http://www.dedp.go.th>
- พิภพ สุนทรสมัย, 2539.วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- สิทธิชัย วุฒิวรวงศ์, 2539. การปรับปรุงอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุนทร บุญญาธิการ, 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. 3000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Building Control, division, n.d. Handbook on Energy Conservation in Buildings and Building Service: n.p.
- Architect, department, 1995. Code of Practice Overall Thermal Transfer Value in Building. The University of Hongkong. <http://arch.hku.hk/BEER/hkottv.htm#table4>
- Carrow, R. 1999. Energy Systems. Complete Construction. New York :McGraw-Hill

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชกฤษฎีกา
กำหนดอาคารควบคุม
พ.ศ.2538

ภูมิพลอดุลยเดช ปร.
ให้ไว้ ณ วันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ.2538
เป็นปีที่ 50 ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดอาคารบางประเภทให้เป็นอาคารควบคุม เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 175 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 5) พุทธศักราช 2538 และมาตรา 18 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชกฤษฎีกาขึ้นไว้ ดังต่อไปนี้

มาตรา 1 พระราชกฤษฎีกานี้เรียกว่า "พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538"

มาตรา 2 พระราชกฤษฎีกานี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกาเป็นต้นไป

มาตรา 3 ให้อาคารที่มิใช่อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง อาคารที่ทำการสถานทูตหรือสถานกงสุลต่างประเทศ อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศหรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ โบราณสถาน วัดวาอารามหรืออาคารต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้วโดยเฉพาะ ที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้เป็นอาคารควบคุม

(1) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่หนึ่งพันกิโลวัตต์ หรือหนึ่งพันหนึ่งร้อยเจ็ดสิบห้ากิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลขึ้นไป

มาตรา 4 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตามมาตรา 3 (2) ให้คำนวณเป็นหน่วยเมกะจูลตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

(1) กรณีไฟฟ้า ให้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมงแล้วคูณด้วย 3.60

(2) กรณีความร้อนจากไอน้ำ ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากไอนำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_s = (h_s - h_w) \times S \times e_{ff} \qquad (ผ.1)$$

โดย E_s หมายถึง ปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าหน่วยเป็น เมกะจูล/ปี

h_s หมายถึง ค่าเอนทาลปี้ ของไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น เมกะจูล/ตัน จากตารางไอน้ำทั่วไป

h_w หมายถึง ค่าเอนทาลปี้ของน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสและความดันหนึ่งบรรยากาศ ในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 113 เมกะจูล/ตัน

S หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น ตัน/ปี ดูจากเครื่องวัดปริมาณไอน้ำของอาคาร

e_{ff} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

(3) กรณีพลังงานสิ้นเปลืองอื่น ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_f = F \times HHV \times e_{ff} \qquad (ผ.2)$$

โดยE_f หมายถึง ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น เมกะจูล/ปี

F หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หน่วยเป็น หน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรต่อปี

HFF หมายถึง ค่าความร้อนสูง(higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้ หน่วยเป็นเมกะจูล/หน่วยน้ำหนักหรือปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e_{tr} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

ในกรณีไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จำหน่าย ให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกำหนด

มาตรา 5 ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รักษาการตามพระราชกฤษฎีกานี้

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ

ชวน หลีกภัย

นายกรัฐมนตรี

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 112 ตอนที่ 33 ก ลงวันที่ 14 สิงหาคม 2538

หมายเหตุ:- เหตุผลในการประกาศใช้พระราชกฤษฎีกาฉบับนี้คือ โดยที่เป็นการสมควรกำหนดอาคารที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันขนาดตั้งแต่หนึ่งพันกิโลวัตต์ หรือหนึ่งพันหนึ่งร้อยเจ็ดสิบห้ากิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไป หรืออาคารที่มีการใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่าย หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายหรือของตนเอง อย่างหนึ่งอย่างใด หรือรวมกันในรอบปีปฏิทินที่ผ่านมามีปริมาณพลังงาน ตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลขึ้นไป ให้เป็นอาคารควบคุม และโดยที่มาตรา 18 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 255 บัญญัติว่า การกำหนดอาคารประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน และวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นอาคารควบคุม ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา จึงจำเป็นต้องตราพระราชกฤษฎีกานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวง

(พ.ศ. 2538)

ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 และมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

หมวด 1
ขอบเขตการบังคับใช้

ข้อ 1 กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับกับอาคารควบคุมตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

ข้อ 2 ในกฎกระทรวงนี้

"อาคารเก่า" หมายความว่า อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้างหรือยังไม่ได้ก่อสร้างแต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุมตามมาตรา 18 มีผลใช้บังคับ

"อาคารใหม่" หมายความว่า อาคารที่ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุมตามมาตรา 18 มีผลบังคับใช้

หมวด 2
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

ข้อ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

(1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่าจะต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศจะต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับอาคารใหม่ ไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

(ข) สำหรับอาคารเก่า ไม่เกินกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

(3) การคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกัน หรือส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันของส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

หมวด 3
การใช้พลังงานในอาคาร

ข้อ 4 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ

(1) ในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าในอาคาร จะต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอตามหลักและวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม

(2) อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอมรถ จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังตารางที่ ผ.1 ต่อไปนี้

ตาราง ผ.1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทอาคาร (1)	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	16
(ข) ร้านขายของ ซูปเปอร์มาเก็ต หรือศูนย์การค้า (2)	23

(1) อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

(2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

ข้อ 5 มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัด หรือที่ภาระใช้งานจริง ไม่เกินกว่าค่าตามตาราง ผ.2 และ ผ.3 ดังต่อไปนี้

ตาราง ผ.2 แสดงมาตรฐานเครื่องปรับอากาศสำหรับเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาดเกินกว่า 250 ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ		
ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด	0.88	1.06
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู	0.70	0.84

ตาราง ผ. 3 แสดงมาตรฐานเครื่องปรับอากาศสำหรับเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	1.20	1.38
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด	1.37	1.57
ง. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน	1.40	1.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด 4

การประเมินหาค่าการถ่ายเทความร้อน ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร
และค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ปรับอากาศ

ข้อ 6 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(1) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่จะใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาความนำความร้อนของวัสดุใด ๆ ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

(2) ความนำความร้อน (C)

ค่าความนำความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ ผ.4 ดังต่อไปนี้

$$C = \frac{k}{\Delta x} \qquad \text{(ผ.3)}$$

Δx คือ ความหนาของวัสดุ โดยมีหน่วยเป็นเมตร

C คือ ค่าความนำความร้อน โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

(3) ความต้านทานความร้อน(R)

ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อนซึ่งคำนวณได้ดังสมการ ผ.4 ดังต่อไปนี้

$$R = \frac{1}{C} = \frac{\Delta x}{k} \qquad \text{(ผ.4)}$$

Δx คือ ความหนาของวัสดุ โดยมีหน่วยเป็นเมตร

R คือ ค่าความต้านทานความร้อน โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์

(4) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (air film)

ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร(R_0)

(ข) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร(R_i)

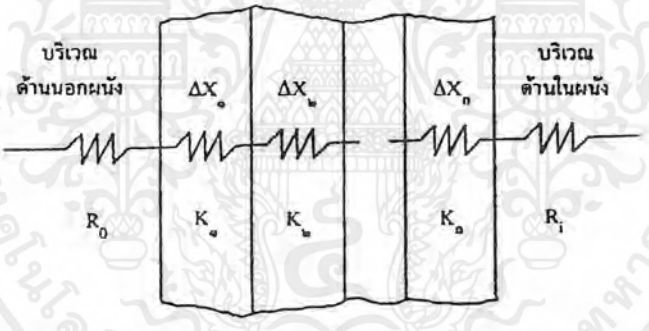
(ค) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนังหลังคาและเพดาน(R_a)

สำหรับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่จะใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนัง หรือหลังคา ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

(5) ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง หลังคาและเพดาน(R_T) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด สามารถคำนวณโดยวิธีการดังต่อไปนี้

(ก) ในกรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด



รูปที่ 1 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารที่ประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด

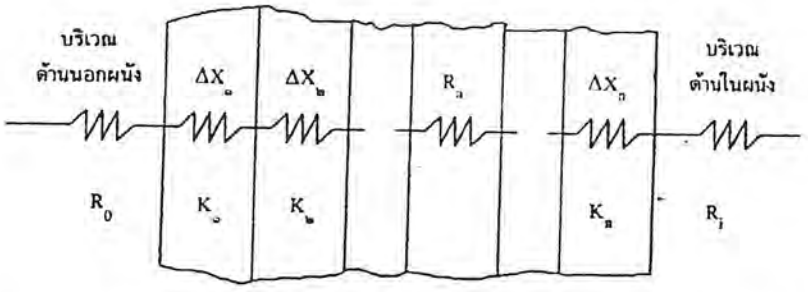
$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \ldots\ldots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (ผ.5)$$

$\Delta x_1, \Delta x_2, \ldots\ldots, \Delta x_n$ คือ ความหนาของวัสดุที่อาคารประกอบขึ้นเป็นผนัง ชนิดที่ 1,2,...,n ตามลำดับ

$k_1, k_2, \ldots\ldots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1,2,.....,n ตามลำดับ

R_0, R_i คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกและด้านในของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารวัสดุ n ชนิด และมีช่องว่างภายใน

(ข) ในกรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังหลังคาและเพดาน(R_T) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด และผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ สามารถคำนวณโดยสมการ ผ.6 ดังต่อไปนี้

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + ... + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad \text{(ผ.6)}$$

R_a คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง

(6) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม สามารถคำนวณด้วยสมการ ผ.7 ได้ดังนี้

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad \text{(ผ.7)}$$

ข้อ 7 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการ ผ.8 ดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \qquad \text{(ผ.8)}$$

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ โดยมีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงและหรือขอบผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลังเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (solar factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงและหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ให้คำนวณจากสมการ ผ.9 ดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{01})(OTTV_1)+(A_{02})(OTTV_2)+.....+(A_{0i})(OTTV_i)}{A_{01}+A_{02}+A_{0i}} \qquad (ผ.9)$$

A_{0i} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่าง หรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 7(1)

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ให้คำนวณจากสมการ ผ.10 ดังต่อไปนี้

$$RTTV = (U_r)(1-RSR)(TD_{eq})+(U_{rf})(RSR)(\Delta T)+(SC)(RSR)(SF) \qquad (ผ.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

RSR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของส่วนโปร่งแสงช่องรับแสงบริเวณหลังคาต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์(solar factor) ที่ผ่านมาส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

ข้อ 8 การประเมินค่าการใช้ไฟฟ้าในอาคาร

(1) การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ ให้คำนวณจากสมการ ผ.11 ดังต่อไปนี้

$$PD = \frac{LW + BW}{GR} \qquad \text{(ผ.11)}$$

PD คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

LW คือ ผลรวมค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดส่องสว่างทั้งหมดในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นวัตต์

BW คือ ผลรวมค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของแบลลาสต์ทั้งหมดในอาคารโดยมีหน่วยเป็นวัตต์

GR คือ พื้นที่ใช้งานรวมในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

(ก) สำหรับอาคารใหม่

เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ และชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ให้คำนวณค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นที่ติดตั้งในอาคาร โดยสมการ ผ.12 ดังต่อไปนี้

(ก.1) ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) หรือส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller)

$$ChP = \frac{KW}{TON} \qquad \text{(ผ.12)}$$

ChP คือ ค่าสมรรถนะของส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

KW คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความเย็น ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

(ก.2) เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) หรือเครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/split type) แสดงในสมการ ผ.12

$$ChP = \frac{KW}{TON} \qquad \text{(ผ.12)}$$

ChP คือ ค่าสมรรถนะของส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

KW คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความเย็น ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) สำหรับอาคารเก่า

สำหรับอาคารเก่าให้ใช้หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการประเมินหาค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ปรับอากาศของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำและชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศเหมือนกับอาคารใหม่ เว้นแต่เมื่อไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดและความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ ให้ใช้วิธีการคำนวณโดยวิธีดังต่อไปนี้

(ข.1) ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) หรือส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller) ให้คำนวณค่าสมรรถนะของส่วนทำน้ำเย็นที่ติดตั้งในอาคาร โดยสมการ ผ.13 ดังต่อไปนี้

$$ChP = \frac{KW}{TON} \qquad \text{(ผ.13)}$$

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความเย็น ซึ่งหาได้จาก $TON = (F \times \Delta T)/50.40$

F คือ ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที ให้ใช้ค่าที่อ่านจากมาตรวัดปริมาณการไหลของน้ำเย็นที่ติดตั้งไว้ในระบบทำน้ำเย็น

ΔT คือ อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้า และไหลออกจากส่วนทำน้ำเย็นโดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

KW คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ให้ใช้ค่าที่อ่านจากเครื่องวัดพลังงาน

(ข.2) เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) และเครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่างหรือแบบแยกส่วน (window/split type) ให้คำนวณค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นที่ติดตั้งในอาคาร โดยสมการ ผ.14 ดังต่อไปนี้

$$ChP = \frac{KW}{TON} \qquad \text{(ผ.14)}$$

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความเย็น ซึ่งหาได้จาก $5.707 \times 10^{-3} CMM \times \Delta H$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMM คือ ปริมาณลมเย็นที่ไหลผ่านชุดจ่ายลมเย็น โดยมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อนาที ให้ใช้ค่าจากการวัดความเร็วลมเฉลี่ยของชุดจ่ายลมเย็น คูณด้วยพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย

ΔH คือ ค่าแตกต่างของ Enthalpy ของอากาศที่ไหลออกจากชุดจ่ายลมเย็นและชุดลมกลับ โดยมีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

KW คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำความเย็นทั้งระบบ โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ให้ใช้ค่าที่อ่านจากเครื่องวัดพลังไฟฟ้า

ให้ไว้ ณ วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 112 ตอน 46 ก ลงวันที่ 15 พฤศจิกายน 2538

หมายเหตุ :- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้คือ โดยที่เจ้าของอาคารควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารของตน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงตามความในมาตรา 21 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง และค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 6 (1) (4) และข้อ 7 (1) (3) แห่งกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จึงออกประกาศดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของวัสดุต่าง ๆ ที่จะใช้ประกอบการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตาราง ผ.4 ดังต่อไปนี้

ตาราง ผ.4 แสดงค่าสำประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ค่า K วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสทอส	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสทอส	0.108
3	วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลต์	1.226
4	บิทูเมน (bitumen)	1.298
5	อิฐ	
	(ก) แห้งและฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสก	0.807
	(ข) ความชื้น 6%	1.221
	(ค) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)	1.154
6	คอนกรีต	1.442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	วัสดุ	ค่า K วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส
7	คอนกรีตชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่าง ๆ	
	ความหนาแน่น 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	0.303
	ความหนาแน่น 1120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	0.346
	ความหนาแน่น 1280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	0.476
8	แผ่นไม้ก๊อก	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	0.052
10	ไฟเบอร์กลาส (ใยแก้ว)	
	(ก) แบบม้วน (blanket)	0.038
	(ข) แบบแผ่น (rigid board)	0.033
	(ค) แบบท่อสำเร็จ (rigid pipe sections)	0.038
11	แผ่นกระจก	1.053
12	ใยแก้วสานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	0.035
13	แผ่นยิบซั่ม	0.191
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด	
	(ก) มาตรฐาน	0.216
	(ข) ปานกลาง	0.123
15	โลหะ	
	(ก) โลหะผสมของอะลูมิเนียมแบบธรรมดา	211
	(ข) ทองแดงที่มีขายเชิงพาณิชย์	385
	(ค) เหล็กกล้า	47.6
16	ใยแร่อัดแน่นเป็นแผ่น	ให้ใช้ค่าจริงจากผู้ผลิต
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว	
	(ก) ยิบซั่ม	0.191
	(ข) ปูนฉาบน้ำหนักเบา	0.063
	น้ำหนักขนาดกลาง	0.274
	(ค) เพอร์ไลต์	0.115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	วัสดุ	ค่า K วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส
	(ง) ปูนผสมทราย	0.533
	(จ) เวอร์มิคิวไลต์	ให้ใช้ค่าจริงจากผู้ผลิต
18	โพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว	0.035
19	โพลียูรีเทน โฟม	0.024
20	วัสดุทำพื้น PVC	0.713
21	ดินอัดหลวม (ร่วมซุย) ความชื้น 14%	0.375
22	หิน	
	หินทราย	1.298
	แกรนิต	2.927
	หินอ่อน	1.298
23	กระเบื้องหลังคา	0.836
24	ไม้	
	ไม้เนื้ออ่อน	0.125
	ไม้เนื้อแข็ง	0.138
	ไม้อัด	0.138
25	เวอร์มิคิวไลต์แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	0.065
26	ไม้อัดชิปบอร์ด	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	0.086
28	หินล้าง , กรวดล้าง	0.115

ข้อ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (air film) สำหรับวัสดุใด ๆ จะแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีที่ผิวของวัสดุนั้น วัสดุที่มีผิวด้านและไม่สะท้อนแสงจะถือว่าเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง วัสดุที่มีผิวมันและมีผิวสะท้อนแสงจะถือว่าเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาสที่จะใช้ประกอบการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง หลังคาและเพดาน ได้กำหนดไว้ในตาราง ผ. 5-9 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.5 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมสำหรับผนังอาคารทึบ

ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส / วัตต์)	
	ที่ผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)
ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044
ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-

ตาราง ผ.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนสำหรับผนังสองชั้นที่มีช่องว่างอากาศอยู่กลาง

ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านในตามความกว้างของช่องว่างอากาศ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส / วัตต์)		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606

กรณีช่องว่างอากาศในผนัง ที่ความกว้างอยู่ระหว่าง 5 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร ให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (linear interpolation) หาความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่วงความกว้างดังกล่าว ในกรณีที่ช่องว่างอากาศมีความกว้างมากกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ความกว้าง 100 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.7 แสดงค่าความต้านทานความร้อนสำหรับหลังคาอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส / วัตต์)			
	ที่ผิวด้านในของหลังคา (R_i) ตามมุมเอียงต่าง ๆ จากแนวระดับ			ที่ผิวด้านนอกของหลังคา (R_o) ทุกมุมเอียงทั่วไป
	0 องศา	22.5 องศา	45 องศา	
ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.162	0.148	0.133	0.055
ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.801	0.595	0.391	-

ตาราง ผ.8 แสดงค่าความต้านทานความร้อนสำหรับหลังคาที่มีช่องว่างอากาศอยู่กลาง

ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา และมุมเอียงของหลังคา	ค่าความต้านความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหลังคาด้านในตามความกว้างของช่องว่างอากาศ (ตารางเมตร – องศาเซลเซียส / วัตต์)		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
1. ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง			
1.1 หลังคาเอียงทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.174
1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศา กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.165
1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.158
2. ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ			
2.1 หลังคาเอียงทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ	0.250	0.572	1.423
2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศา กับแนวระดับ	0.250	0.571	1.095
2.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ	0.250	0.570	0.768

ในกรณีหลังคาที่มีมุมเอียงอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 22.5 องศาและระหว่าง 22.5 องศา ถึง 45 องศา ให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (linear interpolation) เพื่อหาความต้านทานความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนของฟิล์มอากาศในช่วงมุมเอียงดังกล่าว ในกรณีหลังคาที่มีมุมเอียงมากกว่า 45 องศา ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่มุมเอียง 45 องศา

ในกรณีช่องว่างอากาศในหลังคา ที่ความกว้างในช่วง 5 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร ให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (linear interpolation) เพื่อหาความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่วงความกว้างดังกล่าว ในกรณีที่ช่องว่างอากาศในหลังคามี ความกว้างมากกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ความกว้าง 100 มิลลิเมตร

ในช่องว่างที่อยู่ระหว่างหลังคากับเพดานของอาคารจะมีความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของเพดานด้านใต้หลังคา

ตาราง ผ.9 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของเพดานชนิดต่างๆ

ชนิดของผิววัสดุที่ทำเพดานด้านใต้หลังคา	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวเพดานด้านใต้หลังคา (ตารางเมตร – องศาเซลเซียส / วัตต์)
ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.458
ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	1.356

ข้อ 3 การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร

(3.1) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับผนังขึ้นอยู่กับมวลของวัสดุและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุที่ทำผนัง มวลของวัสดุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของวัสดุ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ขึ้นอยู่กับผิววัสดุชนิดของวัสดุและสีที่ใช้ทาวัสดุ

(3.1.1) มวลของวัสดุที่ทำผนัง (มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร) ได้มาจากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุนั้น ๆ (มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) กับความหนาของวัสดุนั้น (มีหน่วยเป็นเมตร) ความหนาแน่นของวัสดุที่ทำผนังให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้น ๆ ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตาราง ผ.10 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.10 แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสทอส	1,860
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสทอส	720
3	วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลต์	2,240
4	บิทูเมน (bitumen)	0
5	อิฐ	
	(ก) แห้งและฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสก	1,760
	(ข) ความชื้น 6%	1,872
	(ค) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)	
6	คอนกรีต	2,400
7	คอนกรีตชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่าง ๆ	960
		1,120
		1,280
8	แผ่นไม้ก๊อก	144
9	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	264
10	ไฟเบอร์กลาส (ใยแก้ว)	
	(ก) แบบม้วน (blanket)	ให้ใช้ค่า
	(ข) แบบแผ่น (rigid board)	จริงจาก
	(ค) แบบท่อสำเร็จ (rigid pipe sections)	ผู้ผลิต
11	แผ่นกระจก	2,512
12	ใยแก้วสานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32
13	แผ่นยิบซั่ม	880
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด	
	(ก) มาตรฐาน	1,024
	(ข) ปานกลาง	640
15	โลหะ	
	(ก) โลหะผสมของอะลูมิเนียมแบบธรรมดา	2,672

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร
	(ข) ทองแดงที่มีขายเชิงพาณิชย์	8,784
	(ค) เหล็กกล้า	7,840
16	ใยแร่อัดแน่นเป็นแผ่น	ให้ใช้ค่าจริง จากผู้ผลิต
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว	
	(ก) ยิบซั่ม	880
	(ข) ปูนฉาบน้ำหนักเบา	377
	น้ำหนักขนาดกลาง	1,104
	(ค) เพอร์ไลต์	616
	(ง) ปูนผสมทราย	1,568
	(จ) เวอร์มิคิวไลต์	ให้ใช้ค่าจริง จากผู้ผลิต
18	โพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว	16
19	โพลียูรีเทน โฟม	24
20	วัสดุทำพื้น PVC	1,360
21	ดินอัดหลวม (ร่วมซุย) ความชื้น 14%	1,200
22	หิน	2,000
	หินทราย	2,640
	แกรนิต	2,640
	หินอ่อน	2,640
23	กระเบื้องหลังคา	1,890
24	ไม้	
	ไม้เนื้ออ่อน	608
	ไม้เนื้อแข็ง	702
	ไม้อัด	528
25	เวอร์มิคิวไลต์แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	ให้ใช้ค่าจริง จากผู้ผลิต
26	ไม้อัดชิปบอร์ด	800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400
28	หินล้าง , กรวดล้าง	2,245

(3.1.2) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังอาทิตย์ของวัสดุที่ใช้ทำผนังและสีที่ใช้ทาภายนอกของผนังชนิดต่าง ๆ ที่จะใช้ประกอบการหาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ปรากฏในตาราง ผ.11 ดังต่อไปนี้

ตาราง ผ.11 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังอาทิตย์ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก	ระดับค่า สัมประสิทธิ์การดูด กลืนรังสีอาทิตย์	หมายเหตุ
ผิววัสดุที่ฉาบด้วยดีบุก แผ่นอลูมิเนียม แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอลูมิเนียม แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียมขัดมัน	สีสะท้อนแสง	น้อยกว่า 0.2	วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง
อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว	แล็กเกอร์สีขาว สีเงิน สีขาวเป็นเงา	มากกว่า 0.2 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.4	วัสดุที่มีผิวอ่อน
วัสดุที่ทาสีอลูมิเนียม หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว อิฐสีเหลืองอ่อน หินอ่อนสีขาว กรวดล้างสีขาว	สีเขียวอ่อน สีน้ำเงินปานกลาง สีเหลืองปานกลาง สีส้มปานกลาง สีเขียวปานกลาง	มากกว่า 0.4 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.6	วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์	หมายเหตุ
คอนกรีตไม่ทาสี ไม้ผิวเรียบ แผ่นซีเมนต์แอสเบสทอส หินล้างสีเทา	สีแดง สีน้ำเงิน สีเทาอ่อน สีสนิมแก่ปานกลาง	มากกว่า 0.6 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.8	วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม
วัสดุที่ลาดผิวด้วยแอสฟัลต์ คอนกรีตสีน้ำตาล วัสดุมุงหลังคาสีเขียว หินชนวนสีเทาแกมน้ำเงิน อิฐสีแดง อิฐแสตฟฟอร์ดสีน้ำเงิน คอนกรีตสีดำ	สีน้ำเงินหรือเขียวแก่ สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม สีน้ำตาลแก่ สีโอลีฟเข้ม สีดำ แล็กเกอร์สีน้ำเงินแก่ สีเทาแก่ แล็กเกอร์สีดำ สีดำธรรมดา สีดำเรียบมาก	มากกว่า 0.8 น้อยกว่า 1.0	วัสดุที่มีผิวสีเข้ม

จากค่ามวลของวัสดุที่ทำผนังซึ่งคำนวณได้จากค่าความหนาแน่นของวัสดุในตาราง ข้อ 3.1.1 และระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุในตาราง ข้อ 3.1.2 สามารถนำมาหาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ตามมวลของวัสดุที่ทำผนังและตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้ตามตาราง ผ.12 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.12 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของมวลวัสดุขนาดต่าง ๆ

มวลของวัสดุที่ทำผนัง (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (องศาเซลเซียส) ที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (แอลฟา) ต่าง ๆ				
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (แอลฟา)				
	0.1 0 ถึง 0.2	0.3 มากกว่า 0.2 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.4	0.5 มากกว่า 0.4 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.6	0.7 มากกว่า 0.6 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.8	0.9 มากกว่า 0.8 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 1.0
0 – 125	14	15	16	17	18
126 – 195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

(3.2) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร กำหนดให้ใช้ 5 องศาเซลเซียส ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

(3.3) สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง (SC) ระบบหน้าต่างที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การบังแดดประกอบด้วยอุปกรณ์บังแดดของกระจกหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารซึ่งอาจจะเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวระดับเหนือกระจกหน้าต่างหรืออุปกรณ์บังแดดแนวตั้งข้างหน้าต่างหรืออุปกรณ์บังแดดชนิดรวมก็ได้ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างจึงขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC1) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC2)

(3.3.1) สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC1) กำหนดให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกซึ่งได้จากผลการทดสอบหรือได้รับการรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือ

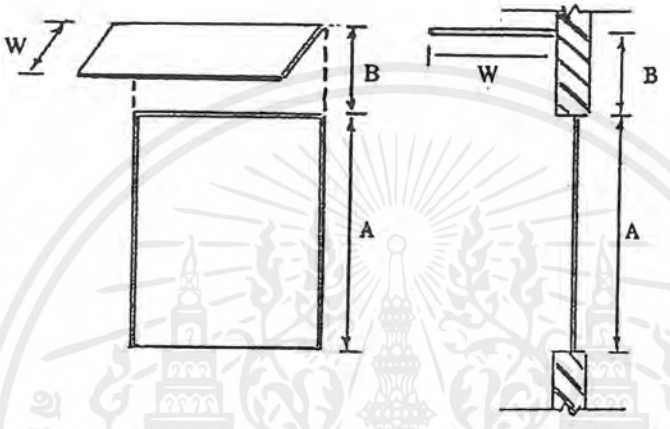
(3.3.2) สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC2) อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารได้กำหนดไว้เป็น 3 ประเภทและค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดดังกล่าวที่กำหนดไว้ในข้อ 3.3.2.1 , 3.3.2.2 และ 3.3.2.3 ให้ใช้ประกอบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีไม่มีค่าตรงตามในตารางให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (linear interpolation) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

(3.3.2.1) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือหน้าต่าง

รูปที่ 3 แสดงค่าตัวแปรของสัมประสิทธิ์การบังแดด

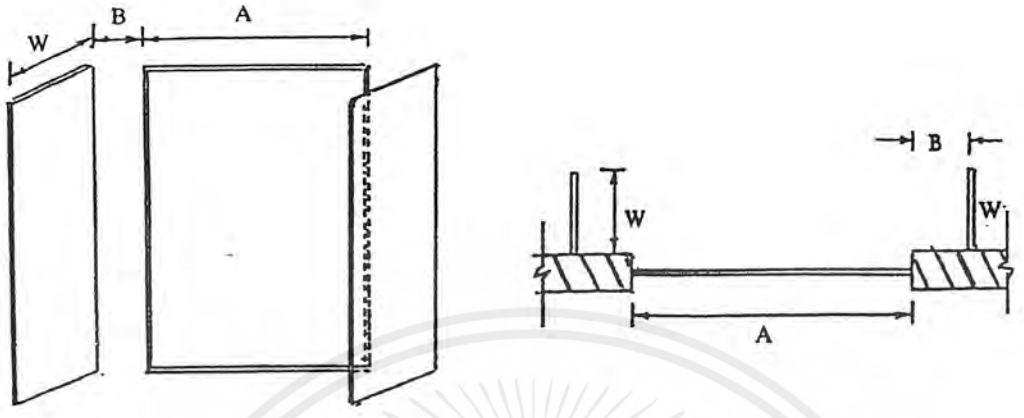


ตารางที่ ผ.13 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆของอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือหน้าต่าง

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน B / A									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.91	0.95	0.91	0.97	0.89	0.97	0.87	0.97	0.81	0.94
0.4	0.89	0.81	0.85	0.82	0.81	0.92	0.77	0.90	0.72	0.82
0.6	0.88	0.89	0.81	0.88	0.75	0.86	0.70	0.82	0.65	0.76
0.8	0.88	0.89	0.79	0.84	0.71	0.81	0.66	0.76	0.59	0.70
1.0	0.88	0.88	0.77	0.82	0.68	0.77	0.63	0.72	0.58	0.64
1.2	0.88	0.88	0.76	0.80	0.65	0.74	0.60	0.68	0.57	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.3.2.2) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งของหน้าต่าง



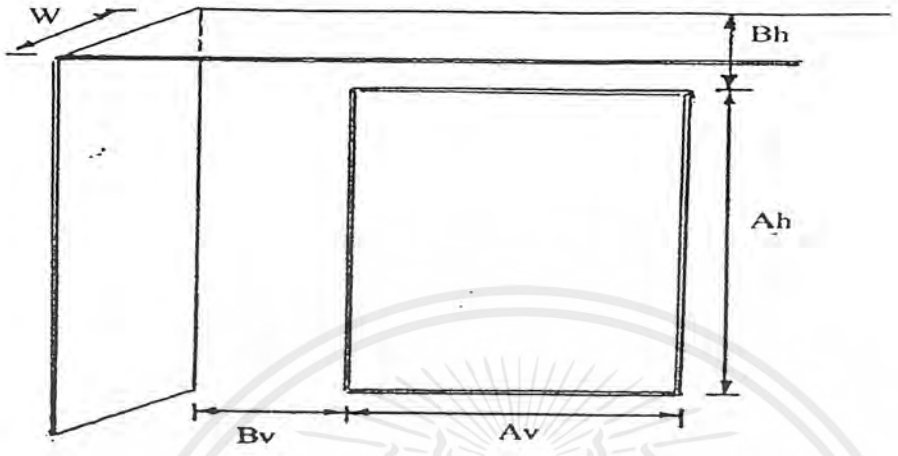
รูปที่ 4 แสดงตัวแปรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งของหน้าต่าง

ตารางที่ ผ.14 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งของหน้าต่าง

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน B / A									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.95	0.99	0.92	0.98	0.95	0.99	0.93	0.99	0.88	0.97
0.4	0.90	0.94	0.87	0.94	0.90	0.98	0.88	0.97	0.80	0.91
0.6	0.89	0.91	0.83	0.90	0.86	0.96	0.84	0.94	0.74	0.85
0.8	0.89	0.90	0.80	0.87	0.82	0.94	0.80	0.91	0.70	0.80
1.0	0.89	0.90	0.79	0.84	0.79	0.91	0.77	0.88	0.67	0.76
1.2	0.88	0.89	0.78	0.82	0.77	0.88	0.74	0.86	0.65	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.3.2.3) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม



(1) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.2 และ Bh/Ah = 0.0 แสดงดังตาราง ผ.15

ตาราง ผ.15 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่างๆของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.89	0.91	0.86	0.90	0.86	0.89	0.83	0.87	0.76	0.81
0.4	0.88	0.89	0.83	0.88	0.83	0.88	0.79	0.86	0.71	0.78
0.6	0.88	0.88	0.83	0.85	0.80	0.87	0.76	0.84	0.67	0.74
0.8	0.88	0.88	0.78	0.83	0.78	0.86	0.74	0.82	0.64	0.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ในกรณีสัดส่วน W/Ah = 0.2 และ Bh/Ah = 0.4 ดังแสดงในตาราง ผ.16

ตารางที่ ผ.16 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่างๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.92	0.95	0.91	0.96	0.93	0.97	0.92	0.97	0.85	0.91
0.4	0.89	0.91	0.86	0.93	0.89	0.96	0.87	0.95	0.78	0.87
0.6	0.88	0.89	0.82	0.89	0.86	0.95	0.83	0.93	0.72	0.82
0.8	0.88	0.88	0.80	0.86	0.82	0.93	0.79	0.90	0.69	0.78

(3) ในกรณีที่มีสัดส่วน W/Ah = 0.4 และ Bh/Ah = 0.0 ดังแสดงในตาราง ผ.17

ตาราง ผ.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่างๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.88	0.89	0.82	0.84	0.79	0.81	0.75	0.77	0.68	0.71
0.4	0.88	0.88	0.79	0.83	0.77	0.81	0.72	0.76	0.65	0.70
0.6	0.88	0.88	0.77	0.81	0.75	0.80	0.70	0.76	0.63	0.68
0.8	0.88	0.88	0.76	0.80	0.73	0.79	0.68	0.74	0.61	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.4 และ Bh/Ah = 0.4 ดังแสดงในตาราง ผ.18

ตาราง ผ.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.89	0.90	0.87	0.92	0.89	0.92	0.86	0.90	0.77	0.82
0.4	0.88	0.89	0.84	0.89	0.86	0.92	0.82	0.89	0.73	0.80
0.6	0.88	0.88	0.80	0.86	0.80	0.91	0.79	0.87	0.68	0.77
0.8	0.88	0.88	0.78	0.84	0.80	0.89	0.76	0.85	0.66	0.73

(5) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.6 และ Bh/Ah = 0.0 ดังแสดงในตาราง ผ.19

ตาราง ผ.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.88	0.88	0.79	0.81	0.74	0.75	0.69	0.70	0.63	0.65
0.4	0.88	0.88	0.77	0.80	0.72	0.75	0.67	0.70	0.61	0.64
0.6	0.88	0.88	0.76	0.79	0.71	0.75	0.66	0.69	0.59	0.62
0.8	0.88	0.88	0.75	0.78	0.70	0.75	0.64	0.68	0.58	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.6 และ Bh/Ah = 0.4ดังแสดงในตาราง ผ.20

ตาราง ผ.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.89	0.89	0.84	0.87	0.84	0.86	0.80	0.82	0.72	0.76
0.4	0.88	0.88	0.81	0.86	0.82	0.86	0.77	0.82	0.68	0.75
0.6	0.88	0.88	0.79	0.83	0.79	0.86	0.74	0.81	0.65	0.71
0.8	0.88	0.88	0.77	0.81	0.77	0.84	0.72	0.79	0.63	0.68

(7) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.8 และ Bh/Ah = 0.0ดังแสดงในตาราง ผ.21

ตาราง ผ.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.88	0.88	0.77	0.78	0.70	0.71	0.64	0.66	0.58	0.59
0.4	0.88	0.88	0.76	0.78	0.69	0.71	0.63	0.65	0.57	0.58
0.6	0.88	0.88	0.75	0.77	0.68	0.70	0.62	0.65	0.56	0.57
0.8	0.88	0.88	0.74	0.76	0.67	0.70	0.61	0.64	0.55	0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) ในกรณีที่สัดส่วน W/Ah = 0.8 และ Bh/Ah = 0.4ดังแสดงในตาราง ผ.22

ตาราง ผ.22 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในทิศทางต่าง ๆ ของอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่									
	ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ		ทิศตะวันออกและตะวันตก		ทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้		ทิศใต้	
	อัตราส่วน Bv / Av									
	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4
0.2	0.88	0.88	0.82	0.84	0.80	0.81	0.74	0.76	0.67	0.70
0.4	0.88	0.88	0.79	0.83	0.78	0.81	0.73	0.76	0.64	0.69
0.6	0.88	0.88	0.77	0.81	0.76	0.81	0.70	0.75	0.61	0.66
0.8	0.88	0.88	0.76	0.80	0.74	0.80	0.68	0.74	0.60	0.63

จากค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกตามข้อ 3.3.1 และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารตามข้อ 3.3.2 สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างได้ตามสมการ ผ.15 ดังนี้

$$SC = (SC_1) \times (SC_2) \qquad \text{(ผ.15)}$$

(3.4) ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF) สำหรับผนังที่รับแสงในแนวตั้งจะขึ้นอยู่กับมุมเอียงของผนังในทิศต่าง ๆ และในการคำนวณหาค่า SF จึงต้องอาศัยค่าตัวประกอบปรับแก้ (CF) (correction factor) ตามตาราง ผ.23 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.23 แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ

ทิศ มุม เอียงองศา	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	ตะวันออก เฉียงใต้	ใต้	ตะวันตก เฉียงใต้	ตะวันตก	ตะวันตก เฉียงเหนือ
70	1.06	1.24	1.52	1.63	1.63	1.60	1.48	1.22
75	0.96	1.14	1.42	1.52	1.50	1.48	1.38	1.12
80	0.87	1.05	1.33	1.40	1.37	1.37	1.28	1.02
85	0.78	0.96	1.22	1.29	1.24	1.25	1.17	0.93
90	0.70	0.87	1.12	1.17	1.11	1.13	1.03	0.84

จากนั้นจึงมาคำนวณหา SF จากสูตร $SF = 160 \times CF$ วัตต์ต่อตารางเมตร

ข้อ 4 การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

(4.1) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับหลังคาขึ้นอยู่กับมวลของวัสดุและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุที่ทำหลังคา มวลของวัสดุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของวัสดุ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ขึ้นอยู่กับผิววัสดุ ชนิดของวัสดุและสีที่ใช้ทาวัสดุ

(4.1.1) มวลของวัสดุที่ทำหลังคา (มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร) ได้มาจากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุนั้น ๆ(มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) กับความหนาของวัสดุนั้น (มีหน่วยเป็นเมตร) ความหนาแน่นของวัสดุที่ทำหลังคาให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้น ๆ ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตารางข้อ 3.1.1 โดยอนุโลม

(4.1.2) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุที่ใช้ทำหลังคาและสีที่ใช้ทาภายนอกของหลังคาชนิดต่าง ๆ ที่จะใช้ประกอบการหาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตารางข้อ 3.1.2 โดยอนุโลม

จากค่ามวลของวัสดุที่ทำหลังคาซึ่งคำนวณได้จากค่าความหนาแน่นของวัสดุในตาราง ข้อ 4.1.1 และระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุในตาราง ข้อ 4.1.2 สามารถนำมาหาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ตามมวลของวัสดุที่ทำหลังคาและตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้ตามตาราง ผ.24 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.24 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าตามมวลของวัสดุและสัมประสิทธิ์การดูดกลืน

มวลของวัสดุที่ทำหลังคา (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (องศาเซลเซียส) ที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (แอลฟา) ต่าง ๆ			
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (แอลฟา)			
	0.1 0 ถึง 0.2	0.3 มากกว่า 0.2 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.4	0.5 มากกว่า 0.4 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.6	0.6 มากกว่า 0.6 น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 1.0
0 - 50	20	24	28	32
50 - 200	16	20	24	28
เกินกว่า 200	12	16	20	24

สำหรับในกรณีหลังคาที่มีอุปกรณ์บังแดดและมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น กรณีหลังคาสองชั้นยกระดับจากกันให้ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าที่มีค่าแอลฟา = 0.1 คูณด้วย 0.8

(4.2) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร กำหนดให้ใช้ 5 องศาเซลเซียส ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา

(4.3) ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF) สำหรับหลังคาที่รับแสงในแนวระดับจะขึ้นอยู่กับมุมเอียงของหลังคาในทิศต่าง ๆ และในการคำนวณหาค่า SF จึงต้องอาศัยค่าตัวประกอบปรับแก้ CF (correction factor) ตามตาราง ผ.25 ดังต่อไปนี้

ตาราง ผ.25 แสดงค่าตัวประกอบปรับแก้ตามมุมเอียงและทิศทางต่าง ๆ

ทิศ มุมเอียง องศา	เหนือ	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออกและตะวันตก	ตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้	ใต้
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.98	0.99	0.99	1.01	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศ มุมเอียง องศา	เหนือ	ตะวันออก และ ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก และ ตะวันตก	ตะวันออก และ ตะวันตก เฉียงใต้	ใต้
10	0.96	0.97	0.99	1.01	1.02
15	0.93	0.95	0.98	1.01	1.02
20	0.90	0.93	0.97	1.00	1.02
25	0.87	0.90	0.95	0.99	1.01
30	0.83	0.86	0.93	0.98	0.99
35	0.78	0.83	0.90	0.96	0.97
40	0.74	0.79	0.87	0.93	0.95
45	0.69	0.75	0.84	0.90	0.92
50	0.64	0.71	0.81	0.87	0.88
55	0.59	0.66	0.77	0.83	0.84
60	0.54	0.62	0.73	0.79	0.80
65	0.50	0.58	0.69	0.75	0.75

จากนั้นจึงนำมาคำนวณหา SF จากสูตร SF = 370 x CF วัตต์ต่อตารางเมตร

ประกาศ ณ วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2539

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 113 ตอนพิเศษ 21 ง ลงวันที่ 17 กรกฎาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวง

ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2538)

ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 วรรคสอง มาตรา 11(4) และ (5) และมาตรา 22 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในกฎกระทรวงนี้

"อาคารควบคุม" หมายความถึง อาคารที่มีพระราชกฤษฎีกากำหนดให้เป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

"เจ้าของอาคารควบคุม" หมายความรวมถึง บุคคลอื่นซึ่งครอบครองอาคารควบคุมด้วย

หมวด 1

การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ข้อ 2 เจ้าของอาคารควบคุมต้องดำเนินการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามแผนและเป้าหมายเพื่อให้บรรลุสู่มาตรฐานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ข้อ 3 ในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามข้อ 2 เจ้าของอาคารควบคุมต้องดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อใช้ประกอบในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานโดยให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นตารายละเอียดในภาคผนวก 1 และจัดทำรายการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นตามแบบที่กระทรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนดเพื่อจัดส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทุกสามปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ

ในกรณีที่เป็นอาคารควบคุมก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมมีผลใช้บังคับ ให้ดำเนินการและจัดส่งรายงานครั้งแรกภายในหกเดือนนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ

(2) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดตามรายละเอียดในภาคผนวก 2 และจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดตามแบบที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนดเพื่อจัดส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทุกสามปีโดยครั้งแรกให้ดำเนินการและจัดส่งภายในหกเดือนหลังจากจัดส่งรายงานตาม (1)

(3) นำผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ตาม (1) และ (2) มาจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำรายงานตามรายละเอียดในภาคผนวก 3 ส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้ความเห็นชอบทุกสามปี โดยครั้งแรกให้จัดส่งรายงานภายในหกเดือนหลังจากการจัดส่งรายงานตาม (2)

ข้อ 4 ในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน เจ้าของอาคารควบคุมต้องมอบหมายให้ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานเป็นผู้ช่วยดำเนินการให้

ข้อ 5 ในการดำเนินการตามข้อ 3(2) หากมีความจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานโดยละเอียด เจ้าของอาคารควบคุมอาจยื่นขอขยายเวลาในการดำเนินการและจัดส่งรายงานออกไปได้เป็นระยะเวลาไม่เกินหนึ่งเดือน ทั้งนี้เพื่อติดตั้งเครื่องมือวัดดังกล่าว

ข้อ 6 ในกรณีที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของอาคารควบคุมจำเป็นต้องหยุดทำงานชั่วคราวในช่วงที่ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานจะต้องทำการตรวจสอบ เจ้าของอาคารควบคุมอาจขอขยายระยะเวลาการดำเนินการหรืออุปกรณ์นั้นต่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้

การยื่นคำขอตามวรรคหนึ่งต้องยื่นล่วงหน้าไม่น้อยกว่าสามเดือนก่อนครบกำหนดระยะเวลาตามข้อ 3(1) หรือ(2) แล้วแต่กรณี การอนุมัติให้ขยายระยะเวลาให้เป็นอำนาจของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานหรือผู้ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมอบหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้งดการตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานหรือผู้ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมอบหมายสั่งได้ในกรณีที่เห็นว่าจะไม่กระทบต่อการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์ะลังงานและจะกำหนดเงื่อนไขให้มีการตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นในระยะเวลาอื่นก็ได้

หมวด 2

การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ข้อ 7 ให้เจ้าของอาคารควบคุมทำการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้ความเห็นชอบแล้ว และจัดทำรายงานตามรายละเอียดในภาคผนวก 4 ทุกหนึ่งปี โดยครั้งแรกให้ดำเนินการจัดส่งรายงานภายในหกเดือนหลังจากแผนอนุรักษ์พลังงานได้รับความเห็นชอบ

ให้เจ้าของอาคารควบคุมให้ความร่วมมือแก่เจ้าหน้าที่ที่กรมพัฒนาแลส่งเสริมพลังงานจัดส่งไปทำการตรวจสอบความก้าวหน้าในการลงทุนดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานตามสมควร

ข้อ 8 ในการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์ลังงานให้เจ้าของอาคารควบคุมดำเนินการให้ถูกต้องตามระบบและวิธีการที่ยอมรับตามมาตราฐานสากล และให้นำความในข้อ 4 มาใช้บังคับโดยอนุโลม

ข้อ 9 เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้เฉพาะในเวลาฉุกเฉิน หรือที่ใช้สำหรับการวิจัยพัฒนาโดยเฉพาะให้ได้รับยกเว้นจากการตรวจสอบ แต่ให้ระบุลักษณะการใช้พลังงานไว้ในรายงานการตรวจสอบด้วย

ให้ไว้ ณ วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ:- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้คือ โดยที่บทบัญญัติในมาตรา 11(4) และ (5) ประกอบกับมาตร 22 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดให้เจ้าของอาคารควบคุมมีหน้าที่กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุมและส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง และจะต้องทำการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

การตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนระบบต่าง ๆ ในอาคารควบคุมอย่างน้อยให้ดำเนินงานดังต่อไปนี้

(1) ตรวจสองข้อมูลเกี่ยวกับระบบการใช้พลังงาน ระบบการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ของระบบต่าง ๆ ในอาคาร ตลอดจนตรวจสอบรายละเอียดของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบผลิตและใช้ความร้อน และรูปร่างลักษณะอาคาร

(2) ตรวจวัดข้อมูลรายละเอียดสภาพการทำงาน การใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบต่าง ๆ ในอาคาร ทั้งด้านพลังงานความร้อนและไฟฟ้า การวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานให้วิเคราะห์ดังต่อไปนี้

(ก) การสูญเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิง

(ข) การสูญเสียพลังงานจากผิวผนังเตา หม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ความร้อนอื่น ๆ รวมทั้งการสูญเสียความร้อนจากท่อไอน้ำและท่อส่งความร้อนอื่น ๆ

(ค) การสูญเสียไฟฟ้าเนื่องจากระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ตลอดจนจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้า รวมถึงการมีตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor)

(ง) การสูญเสียอื่น

(3) การตรวจวัดการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานอย่างน้อยต้องปฏิบัติดังนี้

(ก) สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานความร้อนเทียบเท่าเฉลี่ยระหว่าง 175-350 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง 20-50 กิโลวัตต์ ให้ดำเนินการตรวจวัดข้อมูลเฉพาะสภาพการทำงานและลักษณะของการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานที่สำคัญในระดับเบื้องต้น

(ข) สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีขนาดพิกัดการใช้พลังงานความร้อนต่อเนื่องน้อยกว่า 175 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า 20 กิโลวัตต์ การหาข้อมูลรายละเอียดการใช้พลังงานให้ใช้วิธีสังเกตจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) สำรวจหาข้อมูลเบื้องต้นในการหาศักยภาพในการใช้พลังงานรูปอื่น

(5) ประเมินศักยภาพในเบื้องต้นของการอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิคและการลงทุนของเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ในเรื่องดังต่อไปนี้

(ก) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

(ข) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

(ค) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน

(ง) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

(จ) การใช้และติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

(ฉ) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

(ช) การอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยวิธีอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงและการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน เป็นต้น

(6) ตรวจสอบการกรอกข้อมูลในแบบส่งข้อมูลฯ (บพอ.1) และแบบบันทึกข้อมูลฯ (บพอ.2) ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ของอาคารควบคุม

(7) ประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานและผลการลงทุน ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา

(8) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงานโดยพิจารณาจากการจัดองค์กรกิจกรรม ขีดความสามารถของบุคลากรและทัศนคติของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

(9) ในการดำเนินการต้องใช้เครื่องมืออย่างน้อยดังนี้

(ก) ด้านความร้อน

(1) เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้

(2) เครื่องวัดอุณหภูมิผิว โดยมีหัววัดทั้งแบบ Contact และแบบ Immersion (pocket thermometer)

(3) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี (radiation thermometer)

(4) เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดหรือด่าง (pH. Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เครื่องวัดสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำ (conductivity meter)

(6) เครื่องวัดความเร็วแก๊ส (gas velocity meter)

(7) เครื่องมือตรวจสอบกับดักไอน้ำ

(8) เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (thermometer & hygrometer)

(9) เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำในท่อ (flowmeter)

(ข) ด้านไฟฟ้า

(1) เครื่องบันทึกพลังไฟฟ้า (kW recorder meter)

(2) เครื่องวัดพลังไฟฟ้า , แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า (kW,volt,amp. Meter)

(3) เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor meter)

(4) เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor meter)

(5) เครื่องวัดความเข้มของแสง (lux meter)

(6) เครื่องวัดและบันทึกกระแสไฟฟ้า

(7) เครื่องวัดความเร็วรอบ

(8) เครื่องวัดความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

การตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานโดยละเอียดในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนระบบต่าง ๆ ในอาคารควบคุมอย่างน้อยให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับระบบการใช้พลังงาน ระบบการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ของระบบต่าง ๆ ในอาคารโดยละเอียด ตลอดจนตรวจสอบรายละเอียดของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบผลิตและใช้ความร้อน และรูปร่างลักษณะอาคาร เพื่อให้ทราบระดับการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับระดับที่กฎกระทรวงกำหนด

(2) ตรวจวัดข้อมูลรายละเอียดสภาพการทำงานและการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบต่าง ๆ ในอาคารทั้งด้านพลังงานความร้อนและไฟฟ้า โดยทำการตรวจวัดและบันทึกอย่างต่อเนื่องหรือเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์ เพื่อให้ทราบถึงสภาพการทำงานและวิเคราะห์การสูญเสียพลังงาน โดยจัดทำสมดุลพลังงานความร้อนของอุปกรณ์หลักและสมดุลพลังงานของอาคารทั้งหมด การวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานให้วิเคราะห์ดังต่อไปนี้

(ก) การสูญเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิง

(ข) การสูญเสียพลังงานจากผิวผนังของเตา หม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ความร้อนอื่น ๆ รวมทั้งการสูญเสียความร้อนจากท่อไอน้ำและท่อส่งความร้อนอื่น ๆ

(ค) การสูญเสียไฟฟ้าเนื่องจากระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศตลอดจนจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้า รวมถึงการมีตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor) ต่ำกว่าปกติ

(ง) การสูญเสียอื่น ๆ

(3) การตรวจวัดการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานอย่างน้อยต้องปฏิบัติดังนี้

(ก) สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ที่มีการใช้พลังงานความร้อนเทียบเท่าเฉลี่ยระหว่าง 175-350 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง 20-50 กิโลวัตต์ ให้ดำเนินการตรวจวัดข้อมูลเฉพาะสภาพการทำงานลักษณะของการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานที่สำคัญโดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีขนาดพิกัดการใช้พลังความร้อนต่อเนื่องน้อยกว่า 175 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า 20 กิโลวัตต์ การหาข้อมูลรายละเอียดการใช้พลังงานให้ใช้วิธีสังเกตจากภายนอก

(4) สำรวจหาข้อมูลโดยละเอียดในการหาศักยภาพในการใช้พลังงานรูปอื่น

(5) ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิคในระดับการปรับปรุงระบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม และในระดับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหลัก ทำการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับเบื้องต้น (conceptual design) เพื่อให้สามารถประเมินการลงทุนได้อย่างใกล้เคียง ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และทางด้านการเงินในแต่ละมาตรการซึ่งมีศักยาภพการอนุรักษ์พลังงานและมีศักยภาพในการใช้พลังงานรูปอื่น โดยมีรายละเอียดในระดับที่สามารถขอการสนับสนุนทางการเงินได้

(6) ตรวจสอบการกรอกข้อมูลในแบบส่งข้อมูลฯ (บพอ.1) และแบบบันทึกข้อมูลฯ (บพอ.2) ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ของอาคารควบคุม

(7) ให้ประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานและผลการลงทุน ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา

(8) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน โดยพิจารณาจากการจัดองค์กรกิจกรรม ขีดความสามารถของบุคลากร และทัศนคติของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

(9) ในการดำเนินการต้องใช้เครื่องมืออย่างน้อยดังนี้

ก. ด้านความร้อน

1) เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ (โดยสามารถวัดได้ทั้งปริมาณ O_2 หรือ CO_2 และ CO)
2) เครื่องวัดอุณหภูมิโดยมีหัววัดทั้งแบบ contact และแบบ Immersion (pocket thermometer)
3) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี (radiation thermometer)
4) เครื่องวัดความร้อนสูญเสีย (heat flowmeter)
5) เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพน้ำ
6) เครื่องวัดความเร็วแก๊ส (gas velocity meter)
7) เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ โดยสามารถวัดและบันทึกอุณหภูมิได้หลายจุด (multi point thermometer & recorder)
8) เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำในท่อ (flowmeter)
9) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
10) เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) มิเตอร์วัดไอน้ำและคอนเดนเสท

12) มิเตอร์วัดน้ำมันเชื้อเพลิงและมิเตอร์วัดแก๊สเชื้อเพลิง

ข. ด้านไฟฟ้า

1) เครื่องบันทึกพลังไฟฟ้า (kW recorder meter)

2) เครื่องวัดพลังไฟฟ้า , แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า (kW,volt,amp.meter)

3) เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor meter)

4) เครื่องวัดความเข้มของแสง (lux meter)

5) เครื่องวัดและบันทึกกระแสไฟฟ้า

6) เครื่องวัดความเร็วรอบ

7) เครื่องวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม

เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุมต้องประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดครั้งหลังสุดที่จัดทำ

(2) เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานและแผนการดำเนินการ 3 ปี ต้องประกอบด้วย

(2.1) ข้อมูลทั่วไป (ชื่อ ที่อยู่อาคารควบคุม)

(2.2) ระดับการใช้พลังงานเทียบกับระดับที่กฎกระทรวงกำหนด

(2.3) เป้าหมายเชิงปริมาณในการปรับปรุงระดับการใช้พลังงาน

(2.4) มาตราการอนุรักษ์พลังงาน

(2.5) แผนดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

(2.6) มูลค่าการประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ

(2.7) ผลวิเคราะห์การลงทุน

- ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน และ EIRR
- ทางด้านการเงิน ประกอบด้วย Cash Flow และ FIRR

(3) เป้าหมายอื่น ๆ (ถ้ามี) นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงที่ออกตามความในมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งประกอบด้วย

(3.1) ระดับการใช้พลังงานในปัจจุบัน

(3.2) เป้าหมายเชิงปริมาณในการปรับปรุงระดับการใช้พลังงาน

(3.3) มาตรการอนุรักษ์พลังงานและรายละเอียดแผนการดำเนินงาน

(3.4) มูลค่าการประหยัดพลังงานที่คาดว่าจะได้รับ

(3.5) ผลการวิเคราะห์การลงทุน

- ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย ระยะเวลาคืน และ EIRR
- ทางด้านการเงิน ประกอบด้วย Cash Flow และ FIRR

(4) คำขอรับการสนับสนุนทางด้านการเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานรายมาตรการ (ถ้ามี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการและการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุมต้องประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลทั่วไป (ชื่อ ที่อยู่อาคารควบคุม)

(2) เป้าหมาย มาตรการและแผนดำเนินการที่ได้กำหนดไว้ในเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมที่ได้รับการเห็นชอบแล้ว

(3) ผลการดำเนินการตามแผนในข้อ (2)

(4) ผลการอนุรักษ์พลังงานที่ได้รับจริงเปรียบเทียบผลและเป้าหมายที่ตั้งไว้ (การลงทุน มูลค่าการประหยัด ระยะเวลาคืนทุน และ FIRR)

(5) ปัญหาอุปสรรคในการดำเนินการ

(6) รายละเอียดการเบิกจ่ายเงินกองทุนในการดำเนินการตามข้อ 3 (ถ้ามี)

(7) ความเห็นและข้อเสนอแนะของเจ้าของอาคารควบคุมเพื่อปรับปรุงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของตนและเพื่อปรับปรุงงานอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง วิธีการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารควบคุม

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 3 (1) และ (2) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จึงออกประกาศดังต่อไปนี้

ข้อ 1. วิธีการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นนั้น จะต้องมีสาระสำคัญในรายงานอย่างน้อยดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

(1.1) ข้อมูลทั่วไป

- ชื่ออาคาร
- ที่อยู่
- ประเภทอาคาร , อายุอาคาร
- จำนวนห้อง สำหรับอาคารประเภทโรงแรม
  จำนวนเตียง สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล
  จำนวนพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอาคารประเภทอื่น ๆ
- ร้อยละของห้องที่จำหน่ายต่อเดือน สำหรับโรงแรม ,
  จำนวนคนไข้ในและคนไข้นอกต่อเดือน สำหรับโรงพยาบาล
- พื้นที่อาคาร (พื้นที่รวม พื้นที่ปรับอากาศ พื้นที่ที่จอดรถ)
- การใช้พลังงานต่อปี
  - เชื้อเพลิง (ชนิด ปริมาณ ราคา)
  - ไฟฟ้า (ปริมาณ ราคา ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด)
- แผนผังอาคาร
- จำนวนเจ้าหน้าที่
- เวลาทำงาน
- ชื่อผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
- ชื่อผู้ตรวจสอบและวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.2) ลักษณะการใช้พลังงานในอาคาร

- แผนผังแสดงการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ในอาคาร
- เชื้อเพลิง
- ไฟฟ้า
- ความร้อน
- อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน

(2) รายละเอียดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์

(2.1) เครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า

- ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าและรายละเอียดการตรวจวัด

(2.2) เครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านความร้อน

- ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงและรายละเอียดการตรวจวัด

(3) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่าง ๆ (มาตรการ วิธี ดำเนินการ ผลการอนุรักษ์พลังงัน การประเมินการลงทุนและประเมินผลตอบแทนการลงทุนในเบื้องต้น)

(3.1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

(3.2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

(3.3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน

(3.4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

(3.5) การใช้และติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

(3.6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

(3.7) การอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยวิธีอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง การป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน เป็นต้น

(3.8) สรุปศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

(4) การประเมินปัญหาอุปสรรคและความถูกต้องในการกรอกแบบส่งข้อมูลฯ (บพอ.1) และแบบบันทึกข้อมูลฯ (บพอ.2)

(5) การประเมินผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ผลการลงทุน ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา

(6) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน โดยพิจารณาจากการจัดองค์กร กิจกรรม ขีดความสามารถของบุคลากร และทัศนคติของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) สรุปและข้อเสนอแนะ

(7.1) สรุปศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมด

(7.2) ข้อเสนอแนะมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สมควรดำเนินการและการลงทุน

(7.3) การแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ในด้านการอนุรักษ์พลังงาน

(7.4) สรุปความเห็นของผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

(8) เอกสารประกอบ

(8.1) รายละเอียดการวิเคราะห์ระบบผลิตและใช้ความร้อน

(8.2) รายละเอียดการวิเคราะห์ด้านไฟฟ้า

(8.3) รายละเอียดการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ

- ผนังอาคาร
- หลังคาอาคาร

(8.4) รายการเครื่องมือวัดด้านความร้อนและด้านไฟฟ้า

ข้อ 2. วิธีการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดนั้น จะต้องมีสาระสำคัญในรายงานอย่างน้อยดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

(1.1) ข้อมูลทั่วไป

- ชื่ออาคาร
- ที่อยู่
- ประเภทอาคาร , อายุอาคาร
- จำนวนห้อง สำหรับอาคารประเภทโรงแรม
  จำนวนเตียง สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล
  จำนวนพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอาคารประเภทอื่น ๆ
- ร้อยละของห้องที่จำหน่ายต่อเดือน สำหรับโรงแรม ,
  จำนวนคนไข้ในและคนไข้นอกต่อเดือน สำหรับโรงพยาบาล
- พื้นที่อาคาร (พื้นที่รวม พื้นที่ปรับอากาศ พื้นที่ที่จอดรถ)
- การใช้พลังงานต่อปี
  - เชื้อเพลิง (ชนิด ปริมาณ ราคา)
  - ไฟฟ้า (ปริมาณ ราคา ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด)
- แผนผังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนเจ้าหน้าที่
- เวลาทำงาน
- ชื่อผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
- ชื่อผู้ตรวจสอบและวิเคราะห์

(1.2) การใช้พลังงานในอาคาร

- เชื้อเพลิง
  - ปริมาณการใช้รวมในแต่ละเดือนในรอบ 1 ปี
  - การใช้เชื้อเพลิงในแต่ละอุปกรณ์หลัก (ปริมาณการใช้ สภาพการใช้)
  - การใช้เชื้อเพลิง/ความร้อนในแต่ละแผนก(ปริมาณการใช้ สภาพการใช้)
- ไฟฟ้า
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือนในรอบ 1 ปี
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศและระบบอื่น ๆ ที่ใช้พลังงานในอาคารในแต่ละเดือน

(1.3) การทำสมดุลพลังงาน

- สมดุลพลังงานของแต่ละอุปกรณ์หลัก
- สมดุลพลังงานของอาคาร

(1.4) ระดับการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับระดับที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงเกี่ยวกับมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม

(2) รายละเอียดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์

(2.1) เครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านความร้อน

- ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงและรายละเอียดการตรวจวัด

(2.2) เครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า

- ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าและรายละเอียดการตรวจวัด

(3) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่าง ๆ อย่างน้อยดังต่อไปนี้

(3.1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

(3.2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

(3.3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน

(3.4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

(3.5) การใช้และติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

(3.7) การอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยวิธีอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง การป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน เป็นต้น

(3.8) สรุปศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานรูปอื่น

(4) มาตรการอื่น ๆ ที่ควรปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน

(4.1) การติดตั้งระบบการตรวจวัดในอาคาร

- การติดตั้งมิเตอร์ในการตรวจวัดการใช้พลังงานที่จำเป็น
- การตรวจสอบและเปรียบเทียบมิเตอร์เดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อให้แน่ใจว่าทำงานได้อย่างเที่ยงตรง

(4.2) การบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างถูกวิธี

(5) การประเมินปัญหาอุปสรรคและความถูกต้องในการกรอกแบบส่งข้อมูลฯ (บพอ.1) และแบบบันทึกข้อมูลฯ (บพอ.2)

(6) การประเมินผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา

(6.1) ผลการอนุรักษ์พลังงานและการลงทุนจากข้อเสนอแนะตามรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นที่ผ่านมา

(6.2) ผลการอนุรักษ์พลังงานและการลงทุนจากข้อเสนอแนะตามรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด สำหรับการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดครั้งที่ 2 และครั้งต่อ ๆ ไป

(7) การประเมินคุณภาพของบุคลากรที่ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตและการใช้พลังงานของอาคารและการพัฒนาบุคลากร

(8) ผลการสำรวจสถานภาพการบริหารการอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดองค์การบริหารกิจกรรมและการพัฒนาบุคลากร ตลอดจนสำรวจทัศนคติของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

(9) สรุปและข้อเสนอแนะ

(9.1) สรุปศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมด

(9.2) ข้อเสนอแนะมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สมควรดำเนินการและการลงทุน

(9.3) การแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ในด้านการอนุรักษ์พลังงาน

(9.4) สรุปความเห็นของผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และกฎกระทรวงของอาคารควบคุม

(10) เอกสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(10.1) รายละเอียดการวิเคราะห์ด้านความร้อน

(10.2) รายละเอียดการวิเคราะห์ด้านไฟฟ้า

(10.3) รายการเครื่องมือวัดด้านความร้อนและด้านไฟฟ้า

ประกาศ ณ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 113 ตอนพิเศษ 21 ง ลงวันที่ 17 กรกฎาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้