

แนวทางการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารที่ทำการไปรษณีย์
กรณีศึกษา : อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ กรุงเทพฯ

ENERGY ANALYTICAL STUDY FOR POST OFFICE BUILDING.
CASE STUDY : LAK-SI POST

คมสัน วรรณพัฒน์
KHOMSAN WANNAPATANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตรัถัน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-845-5

แนวทางการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารที่ทำการไปรษณีย์
กรณีศึกษา : อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ กรุงเทพฯ

ENERGY ANALYTICAL STUDY FOR POST OFFICE BUILDING.

CASE STUDY : LAK-SI POST



คมสัน วรรณพัฒน์
KHOMSAN WANNAPATANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48898
วัน, เดือน, ปี 12 มี.ค. 2547

พ.ศ. 2546
ISBN 974-324-845-5

.b.....
.i.....

ENERGY ANALYTICAL STUDY FOR POST OFFICE BUILDING.
CASE STUDY : LAK-SI POST

KHOMSAN WANNAPATANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

ISBN 974-324-845-5

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แนวทางการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารที่ทำการไปรษณีย์ กรณีศึกษา :
อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่กรุงเทพฯ
ENERGY ANALYTICAL STUDY FOR POST OFFICE BUILDING
CASE STUDY : LAK-SI POST



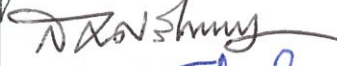
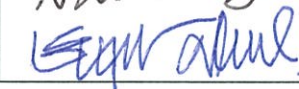
ชื่อนักศึกษา นายคมสัน วรรณพัฒน์

รหัสประจำตัว 42063104

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.สุภาวดี รัตนมาศ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สุภาวดี	รัตนมาศ	
รศ.กุสุมา	ธรรมธำรง	
ผศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
อาจารย์ชัยยุทธ	ศรีเผด็จ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 22 กันยายน 2546 เวลา 14.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัทธู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... 5เดือน..... พฤษภาคม..... พ.ศ..... ๒5๔6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร ที่ทำการไปรษณีย์
นักศึกษา	นายคมสัน วรรณพัฒน์
รหัสประจำตัว	42063104
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.สุภาวดี รัตนมาศ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่ทำการไปรษณีย์ ในเขตกรุงเทพมหานครที่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้น จากการติดตั้งระบบปรับอากาศเพิ่มเติมในอาคารเดิม และจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในการทำงานมากขึ้น และเพื่อทำการศึกษาถึงแนวทางการลดการใช้พลังงานในอาคารที่ทำการไปรษณีย์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โด 2.1 ดี เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารที่ทำการไปรษณีย์ สูง 4 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอย 4228.55 ตรม. พื้นที่ปรับอากาศ 1731.75 ตรม. ตั้งอยู่ที่ถนนแจ้งวัฒนะ กรุงเทพฯ

ผลการจำลองสภาพอาคารพบว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ จะทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 45.7 เมื่อแยกบัญชีการใช้พลังงานพบว่า การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ มีสัดส่วนร้อยละ 46 ระบบแสงสว่าง มีสัดส่วน ร้อยละ 35 อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารมีสัดส่วนร้อยละ 18 ระบบลิฟท์ร้อยละ 2 จึงสรุปได้ว่า ระบบปรับอากาศทำให้มีการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มสูงขึ้นมากและระบบปรับอากาศยังมีส่วนในการใช้พลังงานมากที่สุด ดังนั้นจึงควรพิจารณาหาแนวทางเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศเป็นอย่างมาก คือ

- จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ มีขนาดการทำความเย็นรวมมากกว่าภาระการปรับอากาศที่คำนวณได้มาก
- ความร้อนจากภายนอกอาคารที่มาจากทางหลังคาและจากแสงแดดที่ส่องเข้าไปในอาคาร มีปริมาณสูง
- ความร้อนจากภายในอาคารที่เกิดจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีปริมาณสูง

แนวทางการลดการใช้พลังงาน ทำได้ด้วยวิธีการจัดการซึ่งไม่ต้องลงทุนและการลงทุนลดความร้อนจากภายนอกอาคาร โดยมีวิธีการคือ

1. ลดจำนวนการเปิดเครื่องปรับอากาศลงเท่าที่จำเป็น
2. ลดจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานในพื้นที่ปรับอากาศ
3. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกชนิดเซรามิกโคตติงบนหลังคาเหล็กชั้น 4
4. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว ความหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ บนฝ้าเพดาน ได้หลังคาคอนกรีต ชั้น 2
5. ติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การกันแดด 0.40 บนกระจกหน้าต่างของพื้นที่ปรับอากาศ

การลดการใช้พลังงานตามวิธีที่ 1-5 ร่วมกัน จะมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 1.19 ปี เมื่อคิดอัตราเงินเฟ้อที่ 1 % และคิดอัตราดอกเบี้ยเงินฝากที่ 2 %

Thesis Title	Energy Analytical Study for Post office Building.
Student	Mr.Khomsan Wannapatana
Student ID.	42063104
Degree	Master of Architecture
Programe	Tropical Architecture
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Suphawadee Ratanamart

ABSTRACT

Objective of this thesis is to study in energy consumption which is increasing within Post offices in Bangkok caused by additional air-conditioning system installed and electrical equipments related to work activities. Furthermore, this study is also subject concerning energy consumption reducing by using the computer simulation program DOE 2.1 D as an analysis tool.

The case study building is 4-storied high post office whereof total area is of 4228.5 square meters and air-conditioned area is of 1731.75 square meters. This building is located at Chaeng Watana Road, Bangkok.

It was found that after installation of the additional air-conditioning system, building energy consumption was increased by percentage of 45.7. It was found from an energy audit that the energy consumption stakes comprise of 46% of air-conditioning system, 35% of Illumination, 18% of electrical equipment, 2% of Elevator system. Therefore, the conclusion is that air-conditioning system is the critical factor of drastic building consumption increasing since its proportion of energy usage is biggest. Therefore we should find out to conduct the method of reducing energy consumption of air-conditioning system.

According to the study, the factors mostly resulting in the energy usage of air-conditioning system including

- Cooling capacity of the air-condition units installed have totally much bigger than the calculated cooling load.

- Outside heat from the roof and sunlight shining into the building is quantitatively high.
- Inside heat caused by lighting system and electrical equipments is also quantitatively high.

The method of energy consumption reduction can be proceeded with the mix of building system management on minimized energy basis which investment is no needed and the reducing of outside heat which the investment is required. The procedure can be implemented as follows

1. To minimize activated air-condition units as proper as needed
2. To reduce the lighting and equipments which exceed requirements particularly in air-conditioned areas
3. To install ceramic type insulation so as to protect the outside heat onto the 4th floor steel roof
4. To install glass fiber type heat insulation of one inch thickness and 16 kg/m³ density onto the ceiling underneath concrete roof slab of 2nd floor
5. To mount heat reflecting film of 0.40 shading coefficient onto window glass panels of air-conditioned areas

The procedure above from item 1 to 5 to reduce the energy consumption simultaneously can be met the break-even point within 1.19 year period when the inflation rate of 1% and interesting rate of 2 % are incorporated.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยคำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการศึกษาวิจัยที่เหมาะสมจาก รศ. สุภาวดี รัตนมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคำแนะนำและการสนับสนุนของ ผศ. ปรีชญา รังสิรักษ์ ซึ่งเป็นอดีตอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านทั้งสองและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาทุกระดับชั้น ณ กองสำรวจและออกแบบก่อสร้าง การสื่อสารแห่งประเทศไทย ที่อนุญาตให้ลาพักการปฏิบัติหน้าที่ เพื่อทำการศึกษาได้ตลอดทั้งหลักสูตร

ขอบพระคุณ ดร.กฤษณก สุกทัศน์ ณ อยุธยา ที่กรุณาให้ยืมหนังสือคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2.1 ขอบพระคุณ ดร.พัฒน รัศความสุข คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่กรุณาให้ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับโปรแกรม 2.1

ขอบคุณ ร.อ.หญิง ปริมลภา วสุวัต กรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่ให้ข้อมูลที่จำเป็นและคำแนะนำการใช้งานโปรแกรม 2.1 อย่างละเอียด ซึ่งทำให้การวิจัยสามารถดำเนินไปได้อย่างลุล่วง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

งานวิจัยนี้จะไม่สำเร็จลงได้หากปราศจากกำลังใจของครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ตลอดมา

คมสัน วรรณพัฒน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	3
1.4 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	5
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ลักษณะทั่วไปของกรุงเทพมหานคร	6
2.2 ความร้อนและกลไกการถ่ายเทความร้อน	7
2.3 ภาวะการปรับอากาศในอาคาร	11
2.4 แนวความคิดในการประหยัดพลังงาน	14
2.5 การวางแผนเพื่อการจัดการพลังงานในอาคารเก่า	16
2.6 ข้อมูลและขั้นตอนในการวิเคราะห์การใช้พลังงาน	24
2.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ	28
2.8 ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลและจำลองสภาพอาคาร	29
2.9 ข้อจำกัดในการจำลองสภาพอาคารเพื่อทดสอบการ ใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การศึกษาและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร	34
3.1 ทิศทางที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม	34
3.2 รูปแบบและประโยชน์ใช้สอยในอาคาร	35
3.3 ช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร	38
3.4 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	39
3.5 รูปแบบของหน้าต่างและการกันแดด	44
3.6 ระบบปรับอากาศ	56
3.7 อุปกรณ์สำนักงานในอาคาร	60
บทที่ 4 การวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานในอาคาร	61
4.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคารของ โปรแกรมโด 2.1 ดี	61
4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณหาภาระการทำความเย็น	62
4.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	64
4.4 บัญชีการใช้พลังงานจากการจำลองสภาพอาคาร	69
4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ	70
บทที่ 5 แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	77
5.1 การลดการใช้พลังงานด้วยการจัดการโดยไม่ต้องลงทุน	77
5.2 การลดการใช้พลังงานด้วยการลดภาระการปรับอากาศ โดยต้องลงทุน	82
5.3 สรุปแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อนในพื้นที่ ปรับอากาศ	108
บทที่ 6 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	119
6.1 สรุปผลการวิเคราะห์	119
6.2 ข้อเสนอแนะ	123

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	124
ภาคผนวก	126
ตัวอย่างการป้อนข้อมูลสำหรับโปรแกรมโด 2.1	127
จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	159
จำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่และค่าWATT INPUT , COOLING CAPACITY	153
การคำนวณค่าไฟฟ้าในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	155
ประวัติผู้เขียน	156

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งาน	43
3.2 แสดงรายละเอียดข้อมูลของหน้าต่าง	44
3.3 แสดงปริมาณการทำความเย็นรวมและปริมาณการใช้พลังงานรวม ของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ต่างๆ	59
4.1 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นและปริมาณการใช้พลังงานรายเดือน	71
4.2 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆของอาคาร	72
5.1 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศเปรียบเทียบกับ ขนาดเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้	79
5.2 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศเปรียบเทียบกับขนาด เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้และขนาดเครื่องปรับอากาศที่ควรเปิดใช้จริง	79
5.3 แสดงปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปจากการลดจำนวน การเปิด เครื่องปรับอากาศลง	80
5.4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศ	81
5.5 แสดงเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระ การทำความเย็นรายปีที่ลดลง	81
5.6 แสดงเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ จำเป็นออกจากพื้นที่ปรับอากาศ	81
5.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปจากการลดระดับ ฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศ	82
5.8 แสดงแหล่งความร้อนที่มีปริมาณสูงของพื้นที่ปรับอากาศส่วนต่างๆ , สัดส่วนร้อยละของความร้อนและแนวทางการลดความร้อน	83
5.9 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนหลังคาชั้น 4	85
5.10 แสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาชั้น 4 ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติง	87
5.11 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุด , ภาระการทำความเย็นรายปีและปริมาณการ ใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติง	88
5.12 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาคอนกรีตชั้น 2 ทิศตะวันออก	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.13 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางความร้อนของฉนวนชนิดต่างๆ	90
5.14 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาคอนกรีตชั้น 2 ที่ปรับปรุงใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1 " ความหนาแน่น 16 กก. / ม. ³	91
5.15 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุด , ภาระการทำความเย็นรายปี และปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงลดลง เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วชนิดต่างๆ	92
5.16 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของผนังเดิมและผนังที่ติดตั้งฉนวน เซรามิคโคตติง	93
5.17 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นรายปีและปริมาณภาระการ ทำความเย็นสูงสุดที่ลดลงจากการติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติงบนผนังภายนอก ...	94
5.18 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของผนังที่ปริงใหม่ด้วยการทำผนังสองชั้น และติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ ในช่องว่างผนัง ..	95
5.19 แสดงเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระการ ทำความเย็นรายปีที่ลดลงจากการทำผนังสองชั้นและติดตั้งฉนวนใยแก้ว ในช่องว่างผนัง	96
5.20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระการ ทำความเย็นรายปีที่ลดลงจากการ ปรับปรุงแผงกันแดด	105
5.21 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกใสหนา 5 มม. , กระจกชั้นความร้อน หนา 6 มม. และราคา	105
5.22 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกสะท้อนความร้อนและราคา	106
5.23 แสดงคุณสมบัติของฟิล์มสะท้อนความร้อน ผลิตภัณฑ์ของบริษัท 3 เอ็ม	106
5.24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระ การทำความเย็นรายปีที่ลดลงจากการติดฟิล์มสะท้อนความร้อนบนกระจกเดิม	107
5.25 แสดงคุณสมบัติการใช้พลังงานของบัลลัสท์ชนิดต่างๆ	108
5.26 แสดงเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระ การทำความเย็นรายปีที่ลดลง	108
5.27 แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่ลดลงเปรียบเทียบ กับราคาค่าลงทุนปรับปรุงอาคาร	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.28 แสดงการให้น้ำหนักของวิธีปรับปรุงอาคาร	110
5.29 แสดงลำดับของวิธีปรับปรุงอาคารที่ควรนำมาพิจารณา	111
5.30 แสดง แนวทางปรับปรุงอาคารที่จะทำการทดสอบ	112
5.31 แสดงราคาค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทาง.....	113
5.32 แสดงราคาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงลงจากการปรับปรุงอาคารตาม แนวทางที่ 1 และ 2	114
5.33 แสดงแนวทางปรับปรุงอาคารที่จะทำการทดสอบในลำดับที่ 2	115
5.34 แสดงราคาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงลงจากการปรับปรุงอาคาร	117

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของสถิติทางภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี พศ. 2509 – 2538	6
2.2 แสดงการถ่ายเทความร้อนของอาคารกับสภาพแวดล้อม	10
2.3 แสดงกราฟแสดงปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางด้านต่างๆ	11
2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับ กับภาระการทำความเย็น	13
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ได้รับกับภาระ การทำความเย็น	13
2.6 แสดงขั้นตอนการจัดการพลังงาน	17
2.7 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โด 2.1 ดี	33
3.1 แสดงสภาพแวดล้อมรอบอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	34
3.2 แสดงผังพื้นที่ชั้น 1 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	34
3.3 แสดงผังพื้นที่ชั้น 2 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	34
3.4 แสดงผังพื้นที่ชั้น 3 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	36
3.5 แสดงผังพื้นที่ชั้น 4 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	36
3.6 แสดงรูปด้านทิศเหนือและทิศใต้	37
3.7 แสดงรูปด้านทิศตะวันออก	37
3.8 แสดงรูปด้านทิศตะวันตก	37
3.9 แสดงรูปตัดตัวอาคาร	38
3.10 แสดงอัตราส่วนปริมาณผู้ใช้อาคารตามช่วงเวลา	39
3.11 แสดงระบบรับ จ่ายไฟ อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	40
3.12 แสดง ผังดวงโคมในอาคารชั้น 1	41
3.13 แสดงผังดวงโคมในอาคารชั้น 2	41
3.14 แสดงผังดวงโคมในอาคารชั้น 3	42
3.15 แสดงผังดวงโคมในอาคารชั้น 4	42
3.16 แสดงรูปแบบทั่วไปของหน้าต่างในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่	44

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.17 แสดงค่าความส่องสว่างในอาคารจากแสงธรรมชาติของหน้าต่างด้านทิศตะวันออก	45
3.18 แสดงค่าความส่องสว่างในอาคารจากแสงธรรมชาติของหน้าต่างด้านทิศตะวันตก	45
3.19 แสดงผังแสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 2	46
3.20 แสดงผังแสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 3	46
3.21 แสดงผังแสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 4	47
3.22 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 2 และมุมการกันแดด	47
3.23 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด E 2	48
3.24 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S 2 และมุมการกันแดด	48
3.25 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด S 2	49
3.26 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด W 2 และมุมการกัน	49
3.27 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 2	50
3.28 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 3 และมุมการกันแดด	50
3.29 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด F 3	51
3.30 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S 3 และมุมการกันแดด	51
3.31 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด S 3	52
3.32 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด W 3 และมุมการกันแดด	52
3.33 แสดง เงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 3	53
3.34 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 4 และมุมการกันแดด	53
3.35 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด E 4	54
3.36 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S 4 และมุมการกันแดด	54
3.37 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด S 4	55
3.38 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด W 4 และมุมการกันแดด	55
3.39 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 4	56
3.40 แสดงผังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1	57
3.41 แสดงผังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.42 แสดงผังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น	58
3.43 แสดงผังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4	58
3.44 แสดงระดับอุณหภูมิจนในพื้นที่ปรับ	59
3.45 แสดงระดับอุณหภูมิจนในพื้นที่ไม่ปรับอากาศ	60
4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โด 2.1	61
4.2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา	70
4.3 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกปฏิบัติการ ไปรษณีย์ขาออก-ขาเข้า	72
4.4 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกปรับปรุง ระบบนำจ่าย ไปรษณีย์	73
4.5 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกนำจ่ายไปรษณีย์ ด่วนพิเศษ	73
4.6 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกบริการไปรษณีย์ ..	74
4.7 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกการเงิน	74
4.8 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกธุรการ	75
4.9 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในห้องประชุมแผนกธุรการ ..	75
4.10 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกบริการลูกค้า ไปรษณีย์ด่วนพิเศษระหว่างประเทศ	76
4.11 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกซ่อมคอมพิวเตอร์ ..	76
5.1 แสดง ระดับอุณหภูมิจนในพื้นที่ปรับอากาศ	78
5.2 แสดง ชั้นวัสดุของหลังคาชั้น 4	85
5.3 แสดงชั้นวัสดุของหลังคาคอนกรีตชั้น 2	88
5.4 แสดง ลักษณะการปรับปรุงผนังภายนอกด้วยการติดตั้งฉนวนเซรามิคโคติตั้ง	93
5.5 แสดงลักษณะการปรับปรุงผนังภายนอกด้วยการทำผนังสองชั้นและติดตั้ง ฉนวนใยแก้วในช่องว่างผนัง	95
5.6 แสดงรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมมอบสีและโครงเคร่าสำเร็จรูป	97
5.7 แสดงรูปแบบปรับปรุงใหม่ของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E2) ...	98

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.8 แสดง เงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่	99
5.9 แสดง รูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตก (แผงกันแดด W2)	100
5.10 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตกที่ปรับปรุงใหม่	100
5.11 แสดงรูปแบบของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตก ปรับปรุงใหม่(แผงกันแดด E3) ...	101
5.12 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 3 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่	101
5.13 แสดงรูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E4)	102
5.14 แสดง เงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่	103
5.15 แสดงรูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 4 ทิศใต้ (แผงกันแดด S4)	104
5.16 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 4 ทิศใต้ที่ปรับปรุงใหม่	104
5.17 แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงอาคาร ตามแนวทางต่างๆ	104 113
5.18 แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงอาคาร ตามแนวทางต่างๆ	104 116

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ปัญหาการใช้พลังงานในประเทศไทย

ประเทศไทยมีความต้องการการใช้พลังงานประเภทต่างๆเพิ่มมากขึ้นทุกปีจากการพัฒนาประเทศที่ทำให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจและความต้องการพื้นฐานในการใช้ชีวิตประจำวัน พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่จำเป็นมากที่สุดที่ใช้ในกิจกรรมทุกประเภท ตั้งแต่ในครัวเรือนจนถึงกิจการอุตสาหกรรม การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจากระดับ 77083 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง ในปี 2539 เป็น 82075 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง ในปี 2540 หรือเพิ่มขึ้น 6.5 % ในปี 2541 ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ประมาณ 44 % รองลงมาคือประเภทธุรกิจประมาณ 23.8 % และที่อยู่อาศัยประมาณ 23.5 %

การอนุรักษ์พลังงานในอาคารนั้นได้กำหนดไว้ในนโยบายการพัฒนาประเทศตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 (2525) เป็นต้นมา และต่อมายังได้มีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พศ.2535 และกฎกระทรวง (พศ.2538) ที่กำหนดมาตรฐานและหลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมออกมาบังคับใช้อีกด้วย

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 ได้กำหนดเป้าหมายการลดการใช้พลังงานจากมาตรการการจัดการการใช้ไฟฟ้า ในระดับ 1400 เมกะวัตต์ และ 3846 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง ในปี 2544 จากการดำเนินมาตรการการจัดการด้านไฟฟ้า ในปี 2540-2541 นั้นสามารถลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ได้ 503 เมกะวัตต์และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 2345 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 60.9 % ของเป้าหมาย โครงการหนึ่งที่กำลังดำเนินการก็คือ โครงการอาคารสีเขียวซึ่งเมื่อถึง 31 ธันวาคม 2541 มีผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 433 ราย ในจำนวนนี้ 217 ราย สามารถใช้พลังงานในปริมาณที่กำหนดเป็นอาคารควบคุม ซึ่งคาดว่าโครงการนี้ จะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ 2.4 เมกะวัตต์ และพลังงานไฟฟ้าได้ 5.73 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง

1.1.2 ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่ทำการไปรษณีย์

การสื่อสารแห่งประเทศไทยเป็นรัฐวิสาหกิจขนาดใหญ่ มีหน้าที่ให้บริการทางด้านการไปรษณีย์ และการติดต่อรับส่งข้อมูล - ข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์กับต่างประเทศโดยผ่านทางระบบเคเบิลใยแก้วใต้น้ำ และระบบดาวเทียม การสื่อสารแห่งประเทศไทยมีกิจการกระจายอยู่ทั่วประเทศ ทำให้ต้องมีอาคารปฏิบัติงานประเภทต่างๆจำนวนมาก ทั้งอาคารขนาดเล็กและขนาดใหญ่จนถึงอาคารขนาดใหญ่มาก เช่น อาคารปฏิบัติงานทางระบบโทรศัพท์ระหว่างประเทศที่สำนักงานบางรัก ซึ่งเป็นอาคารสูง 30 ชั้น

ในด้านกิจการไปรษณีย์นั้น เป็นบริการพื้นฐานแก่ประชาชน จึงมีอาคารที่ทำการไปรษณีย์กระจายอยู่ตามชุมชนต่างๆ รวมแล้วประมาณ 1200 แห่ง อาคารเหล่านี้มีขนาดตั้งแต่ 200 ตรม.จนถึง 5000 ตรม. ในอดีตอาคารที่ทำการไปรษณีย์จะไม่มียุทธศาสตร์ปรับอากาศในอาคาร แต่เนื่องจากปัจจุบันสภาพแวดล้อมในชุมชนที่มีความหนาแน่นมากขึ้น สภาพมลภาวะที่มากขึ้น อาคารมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนพนักงานและผู้ให้บริการในอาคารเพิ่มขึ้น ทำให้สภาวะความสบายในอาคารมีน้อยลงและไม่สามารถใช้ธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียวเพื่อสร้างความสบายได้ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารที่ทำการไปรษณีย์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นในขณะนี้ การสื่อสารแห่งประเทศไทย ได้ทำการวางเครือข่ายการให้บริการด้วยระบบคอมพิวเตอร์ออนไลน์ทั่วประเทศจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับอากาศในอาคารเพื่อให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานได้อย่างถูกต้องและมีความทนทาน ทำให้ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในอดีตมาก ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นต้นทุนโดยตรงที่จะต้องทำการควบคุมและใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การก่อสร้างอาคารที่ทำการไปรษณีย์นั้นมักจะใช้แบบอาคารที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกแห่ง เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง แต่เนื่องจากที่ตั้งอาคารในท้องถิ่นต่างๆนั้น มีพื้นที่และรูปร่างของที่ดินแตกต่างกันไปมาก ทำให้ต้องมีแบบอาคารมาตรฐานหลายแบบให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม อาคารแบบมาตรฐานเหล่านี้ได้ออกแบบไว้โดยไม่มีติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร เมื่อมีความจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศในภายหลัง ก็อาจจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศไม่เหมาะสมหรือการออกแบบเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเนื่องมาจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารซึ่งไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งการศึกษานี้สามารถจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารเดิมและใช้เป็นแนวทางการออกแบบอาคารใหม่ต่อไป

ในการศึกษานี้ได้เลือกอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ ถนนแจ้งวัฒนะ กรุงเทพฯ มาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจาก

1. เป็นอาคารแบบมาตรฐานที่มีการก่อสร้างแล้วหลายแห่งและมีโครงการที่จะก่อสร้างอีกทั่วประเทศ
2. เป็นอาคารที่มีการปรับอากาศในพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร
3. สามารถนำผลจากการศึกษาไปทำการปรับใช้กับอาคารแบบเดียวกันได้ทันที
4. ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร สามารถดำเนินการศึกษาได้โดยสะดวก

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อสำรวจและจัดทำบัญชีการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 1.2.2 เพื่อทำการศึกษาดังประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในปัจจุบัน
- 1.2.3 เพื่อทำการศึกษาดังปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ
- 1.2.4 เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงอาคารเดิมหรือแนวทางการออกแบบอาคารใหม่ให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

อาคารที่ทำการไปรษณีย์เป็นอาคารที่มีลักษณะพิเศษในการใช้งาน คือ มีการใช้งานอาคารส่วนต่างๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พื้นที่ใช้สอยในอาคารมีทั้งพื้นที่ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศและพื้นที่ที่ไม่ปรับอากาศ นอกจากนี้ ระบบไฟฟ้าในอาคารไม่ได้แยกกันระหว่างระบบปรับอากาศกับระบบแสงสว่าง การตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารจากการตรวจวัดจริงจึงไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสภาพอาคาร เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อให้สามารถกำหนดปัจจัยต่างๆที่จะมีผลต่อการใช้พลังงานของระบบในอาคาร และสามารถทำการเปรียบเทียบผลที่ได้เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

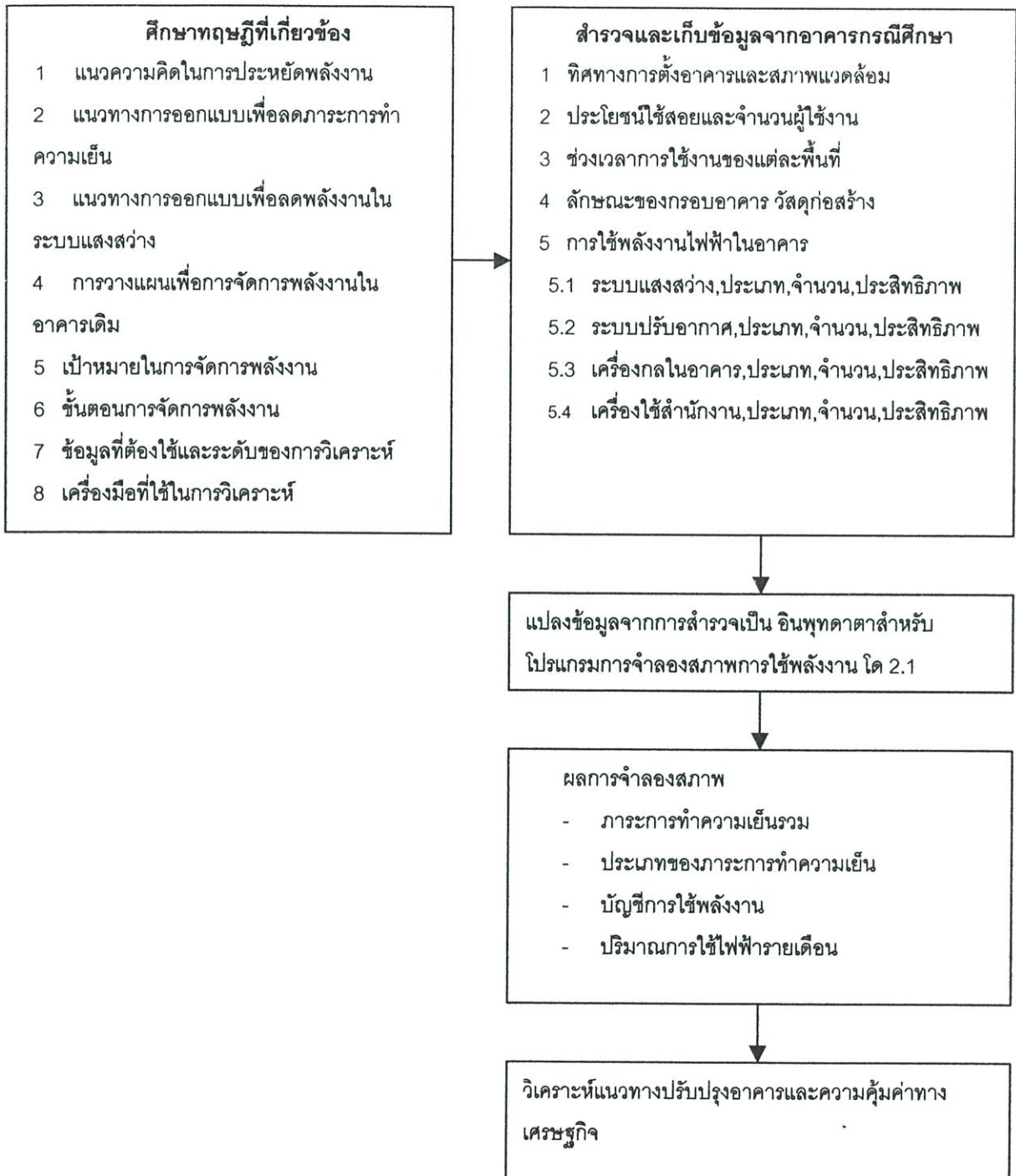
1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- 1.4.1 ภูมิอากาศของประเทศไทย
- 1.4.2 ความร้อนและกลไกการถ่ายเทความร้อน
- 1.4.3 ภาวะการปรับอากาศในอาคาร
- 1.4.4 แนวความคิดในการประหยัดพลังงาน
- 1.4.5 การวางแผนเพื่อการจัดการพลังงาน
- 1.4.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ
- 1.4.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานในอาคาร

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.5.1 ทำการศึกษาในอาคารที่ทำการไปรษณีย์แบบมาตรฐานซึ่งมีระบบปรับอากาศในอาคาร
- 1.5.2 ทำการศึกษาขั้นตอนการวางแผนและการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- 1.5.3 ทำการวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงอาคารจากการคำนวณโดยไม่ทำการทดลองผลที่ได้จากการคำนวณ

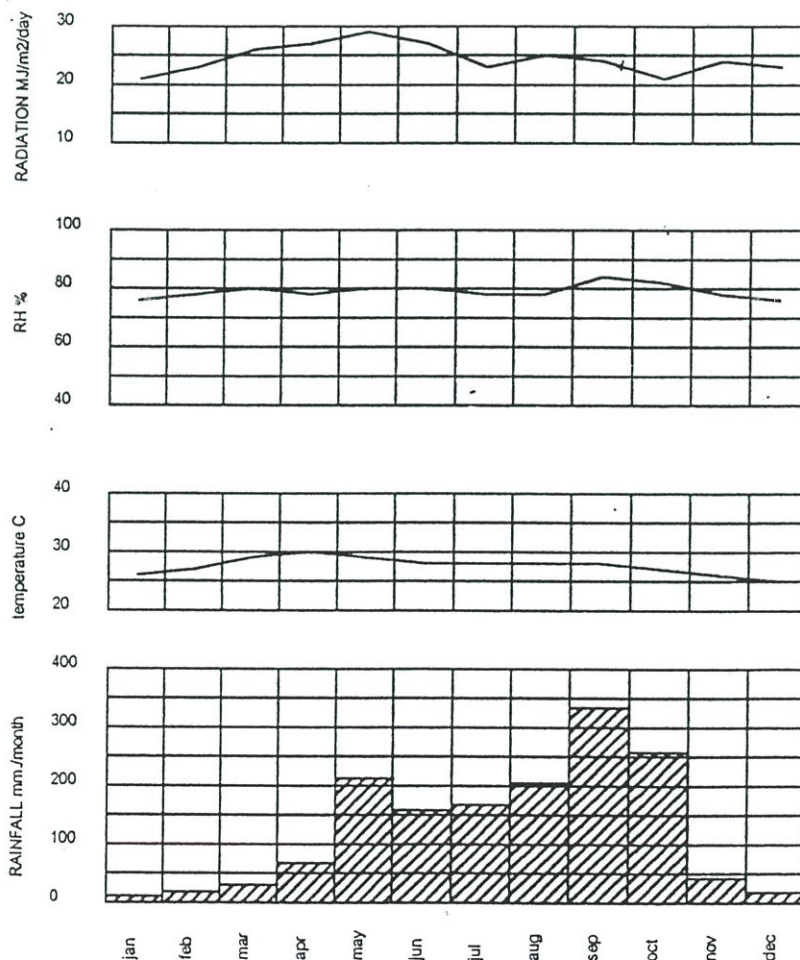
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ที่ละติจูด 13.44 องศาเหนือ ลองจิจูด 100 องศาตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณภาคกลางของประเทศไทย ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการศึกษาประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้สภาวะอากาศโดยทั่วไปร้อนมากเกือบตลอดทั้งปี บริเวณที่ตั้งของกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ใกล้กับทะเล จึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกันนักในรอบปี ฤดูกาลที่เห็นเด่นชัด คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน ในบางช่วงของปีหากได้รับอิทธิพลจากแหล่งความกดอากาศสูงทางภาคเหนือแผ่ลงมาถึง ก็อาจจะมีอุณหภูมิที่หนาวเย็นกว่าปกติเป็นช่วงสั้นๆ



ภาพที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยของสถิติทางภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี พศ. 2509 - 2538

2.2 ความร้อนและกลไกการถ่ายเทความร้อน

2.2.1 ความร้อนคืออะไร

ความร้อน (Heat) คือพลังงานที่มีการถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่านั่นคือ หากนำวัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกันมาวางติดกัน ก็เกิดการถ่ายเทพลังงานหรือความร้อนเกิดขึ้น โดยทั่วไปแล้วการถ่ายเทพลังงานในลักษณะเช่นนี้ จะทำให้วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงมีอุณหภูมิต่ำลง และทำให้วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ในกรณีที่มีการถ่ายเทพลังงานนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะทางกายภาพของวัตถุนั้น เช่น การระเหย การหลอมเหลว อุณหภูมิจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

ความร้อนแตกต่างจากอุณหภูมิ เพราะความร้อนคือ พลังงานรูปแบบหนึ่ง แต่อุณหภูมิคือการวัดระดับของความร้อนในวัตถุนั้นๆ อุณหภูมิเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบอกทิศทางว่าความร้อนจะถ่ายเทไปในทิศทางใด นั่นคือความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือร้อนกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือเย็นกว่า แต่อุณหภูมิไม่ได้เป็นการบอกถึงระดับของพลังงานความร้อนในวัตถุ เช่น ไม้ขีดไฟที่ติดไฟมีอุณหภูมิสูงกว่าภูเขาน้ำแข็ง แต่พลังงานความร้อนสะสมอยู่ในภูเขาน้ำแข็งนั้นมีมากกว่าไม้ขีดไฟมาก

เป็นการไม่ถูกต้องที่จะพูดว่ามีความร้อนอยู่ในวัตถุใดๆ เพราะความร้อนหมายถึงพลังงานที่อยู่ระหว่างการถ่ายเทระหว่างบริเวณที่มีอุณหภูมิต่างกัน ดังนั้นพลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุจึงไม่ใช่ความร้อน (Heat) แต่เป็นพลังงานความร้อน (Thermal Energy) ซึ่งเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง หากจะพูดถึงความร้อนให้ถูกต้องแล้วควรที่จะจำเพาะลงไปว่า เป็นความร้อนสัมผัสหรือความร้อนแฝงซึ่งมีความแตกต่างกัน คือ

ก. ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) เนื่องจากอากาศเป็นส่วนผสมระหว่างก๊าซต่างๆกับไอน้ำที่อยู่ในสภาพของก๊าซ ไอน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะได้ง่ายโดยอาศัยความร้อนจากสภาพแวดล้อมโดยไม่ทำให้อุณหภูมิของไอน้ำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความร้อนดังกล่าวเรียกว่า ความร้อนแฝง แต่ในขณะเดียวกันเมื่อมีความร้อนอีกจำนวนหนึ่งที่ทำให้อากาศทั้งหมดมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้น ความร้อนชนิดนี้เองที่เรียกว่าเป็นความร้อนสัมผัส โดยไม่เกี่ยวข้องกับ ความร้อนแฝงเลย

ข. ความร้อนแฝง (Latent Heat) คือความร้อนที่วัตถุใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง และมีความดันอากาศคงที่ ความร้อนแฝง สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆดังนี้

- ความร้อนที่ของเหลวใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ
(The Heat of Vaporization)

- ความร้อนที่ของแข็งใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว
(The Heat of fusion)
 - ความร้อนที่ของแข็งใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ
(The Heat of Sublimation)
- นอกจากนั้นของแข็งยังสามารถเปลี่ยนสภาพทางกายภาพไปเป็นของแข็งอีกชนิดหนึ่งได้ ซึ่งเรียกว่า คริสตัลไลน์ ทรานซิชัน (Crystalline Transition)

2.2.2 กลไกการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อน คือ การถ่ายเทพลังงานจากบริเวณที่ร้อนกว่าไปยังบริเวณที่เย็นกว่า การที่ความร้อนสามารถถ่ายเทจากบริเวณหนึ่งไปอีกบริเวณหนึ่งได้นั้น เกิดขึ้นได้ทั้งจากการที่มีตัวกลางนำความร้อนไปหรืออาจจะไม่ใช่ตัวกลางเลยก็ได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

- การนำความร้อน (Heat Conduction)
- การพาความร้อน (Heat Convection)
- การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

2.2.2.1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

คือ ขบวนการที่พลังงานถูกส่งผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่ติดกัน วัตถุแต่ละชนิดมีความสามารถในการนำความร้อนแตกต่างกัน เช่น โลหะ สามารถนำความร้อนได้ดี ส่วนวัตถุที่สามารถนำความร้อนได้ต่ำ เรียกว่าเป็นฉนวนความร้อน (Insulator)

เมื่อพลังงานจากภายนอกถูกถ่ายเทเข้ามาในเนื้อวัสดุ จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระในโมเลกุลต่างๆเกิดการเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและกระทบกับอิเล็กตรอนที่อยู่ข้างเคียงกันไปเรื่อยๆทำให้พลังงานถูกส่งผ่านไปเนื้อวัสดุ การเคลื่อนไหวของอิเล็กตรอนนี้เองที่ทำให้เกิดเป็นความร้อนขึ้น วัสดุประเภทโลหะจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลค่อนข้างต่ำ ทำให้การเคลื่อนไหวในโมเลกุลมีมากกว่าวัสดุประเภทฉนวน โลหะจึงสามารถนำความร้อนได้ดี การนำความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในของแข็งและของเหลว แต่ในสถานะของก๊าซการนำความร้อนจะเกิดขึ้นน้อยกว่าเพราะโมเลกุลของก๊าซจะอยู่ห่างกันมาก

2.2.2.2 การพาความร้อน (Heat Convection)

เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกพาไปพร้อมกับการเคลื่อนไหวของของไหล คือวัตถุที่อยู่ในสภาพของเหลวหรือก๊าซ ที่ถูกทำให้ร้อนขึ้น ในธรรมชาติของไหลจะเกิดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งทำให้ความหนาแน่นลดลงและส่วนที่ร้อนนั้นก็จะลอยตัวสูงขึ้น ส่วนที่เย็นกว่าก็จะเกิดการ

ไหลเข้ามาแทนที่ ความร้อนจึงถูกพาไปสู่ส่วนอื่นๆได้ แต่ในขณะที่ส่วนที่ร้อนนั้นเคลื่อนที่ไปก็จะสูญเสียความร้อนไปเรื่อยๆและเริ่มเย็นลง ความหนาแน่นก็กลับเพิ่มขึ้นก็จะเริ่มจมตัวลงอีก เป็นวัฏจักรเรื่อยไป ดังนั้นการเคลื่อนไหวยุคนั้นจึงเกิดขึ้นจากความหนาแน่นที่แตกต่างกัน กระบวนการพาความร้อนจึงเป็นการเกิดร่วมกันระหว่างการนำความร้อนในเนื้อวัสดุในสภาพที่เป็นของไหลและของไหลนั้นมีการเคลื่อนที่

2.2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีคือการเคลื่อนที่ของอนุภาคซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของแสงในอวกาศ ซึ่งอาจเรียกอีกอย่างว่าเป็นพลังงานที่มีการเคลื่อนที่ก็ได้ เพราะอนุภาคที่เคลื่อนที่ที่เกิดเป็นการแผ่รังสีนั้นสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อนุภาคในแถบช่วงคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) เช่น คลื่นวิทยุ , คลื่นไมโครเวฟ , แสงสว่างรังสีอินฟราเรด , รังสีอัลตราไวโอเล็ต , รังสีแกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ในทางทฤษฎีแล้วถือว่าไม่มีมวลในสภาวะหยุดนิ่ง
2. อนุภาคขนาดใหญ่ เช่น อิเล็กตรอน , โปรตรอน , นิวตรอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอะตอม อนุภาคเหล่านี้ถือว่ามีมวลในสภาวะหยุดนิ่ง

2.2.3 รังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

ปริมาณรังสีที่แผ่อกมาจากดวงอาทิตย์นั้นมีกำลังมหาศาล ประมาณว่าที่พื้นผิวของดวงอาทิตย์นั้น จะมีพลังงานประมาณ 8 กิโลวัตต์/ซม.² ดาวเคราะห์ที่เป็นบริวารของดวงอาทิตย์นี้ได้รับเอาพลังงานไว้เพียง 1/ 120000000ส่วนเท่านั้น ส่วนพลังงานที่โลกรับเอาไว้มีประมาณ 1.4 กิโลวัตต์/ม.² แต่พลังงานส่วนใหญ่ที่ส่งมาถึงโลกนั้น จะถูกชั้นบรรยากาศดูดซับไว้กว่า 50 % แสงอาทิตย์ที่ส่องมาถึงผิวโลกจะประกอบไปด้วย แสงสว่างประมาณ 50 % รังสีอินฟราเรด 45 % นอกนั้นเป็นรังสีอัลตราไวโอเล็ตและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปแบบอื่นๆ รังสีเหล่านี้เมื่อกระทบกับวัตถุต่างๆ ก็เกิดการส่งผ่านพลังงานให้กับเนื้อวัสดุ เกิดเป็นความร้อนนั่นเอง

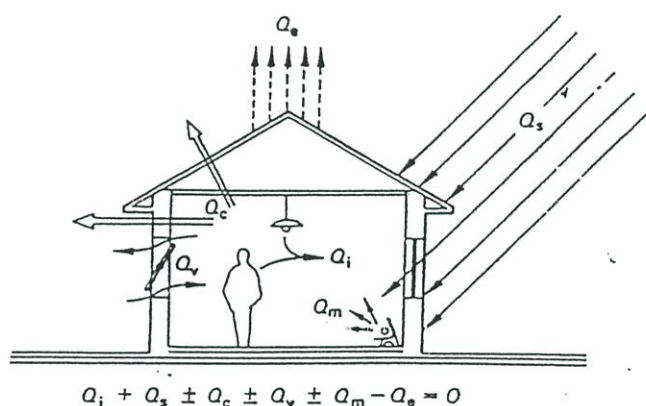
รังสีจากดวงอาทิตย์ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- รังสีช่วงคลื่นสั้น รังสีในช่วงคลื่นนี้จะไม่ถูกดูดซับไว้โดยอากาศและกระจก แต่เมื่อกระทบกับวัสดุที่ทึบแสงก็就会被ดูดซับเอาไว้แล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนที่ถูกเปล่งออกมา (Emission) เป็นรังสีคลื่นยาว

- รังสีช่วงคลื่นยาว เป็นรังสีความร้อน ที่ทำให้อากาศร้อนขึ้นได้ และไม่สามารถทะลุผ่านกระจกได้ จึงถูกกักเก็บไว้ในอาคารหากไม่มีการระบายออกไป

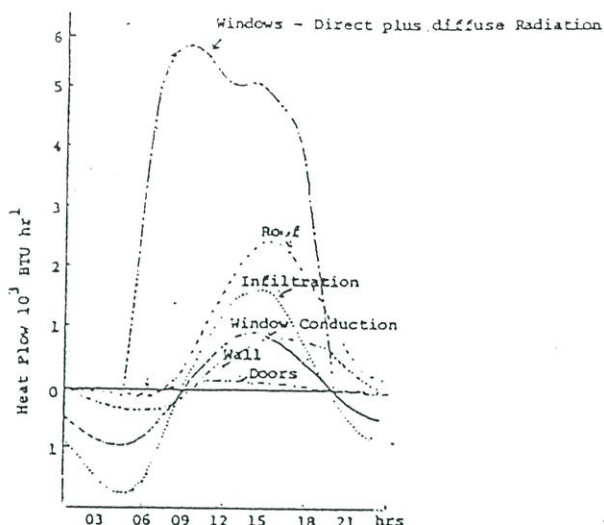
2.2.4 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอาคารกับสภาพแวดล้อม

ในเวลากลางวันโลกได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนจากบรรยากาศคือ ความร้อนที่อากาศสะสมไว้และความร้อนที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่างๆ รวมทั้งความร้อนที่เกิดขึ้นกับกรอบอาคารโดยตรง ก็จะถ่ายเทไปสู่อากาศภายในอาคาร ทำให้อากาศในอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนั้นอากาศภายนอกอาคารที่มีความร้อนสะสมอยู่ หากมีการนำอากาศร้อนนี้เข้ามาในอาคารอีกก็ยิ่งทำให้อากาศในอาคารร้อนมากขึ้น ความร้อนที่สะสมอยู่ในวัสดุกรอบอาคาร จะถ่ายเทออกมาสู่อากาศในอาคารตลอดเวลาที่ระดับอุณหภูมิยังแตกต่างกัน ดังนั้นอากาศในอาคารจึงมักจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกอาคาร ในเวลากลางคืน ความร้อนที่สะสมอยู่ในกรอบอาคารก็จะถ่ายเทกลับสู่อากาศภายนอก ทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลง เมื่อถึงเวลากลางวันก็จะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอีกเป็นวงจรเรื่อยไป



ภาพที่ 2.2 แสดงการถ่ายเทความร้อนของอาคารกับสภาพแวดล้อม

ปริมาณความร้อนที่มากที่สุดที่เข้าสู่อาคารนั้น จะมาจากการที่รังสีช่วงคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ส่องทะลุผ่านกระจกเข้าไปในอาคาร แล้วถูกดูดซับไว้โดยวัสดุต่างๆ แล้วเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อน ที่มีช่วงคลื่นยาวกว่า รังสีความร้อนไม่สามารถทะลุผ่านกระจกออกไปสู่บรรยากาศภายนอกได้ ความร้อนจึงถูกกักเก็บไว้ภายในอาคาร ความร้อนที่เกิดขึ้นในวัสดุหลังคา จะถูกส่งผ่านลงมายังอากาศในอาคาร เช่นเดียวกับกับความร้อนที่เกิดขึ้นในผนังของอาคาร นอกจากนั้นความร้อนยังถูกพาเข้ามากับอากาศที่รั่วซึมเข้ามาในอาคารอีกด้วย ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางช่องแสงคือกระจกนั้นจะมีมากที่สุด รองลงมาคือความร้อนที่มาจากทางหลังคา และความร้อนที่มากับอากาศภายนอก ดังนั้นเมื่อคิดถึงการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงต้องคำนึงถึงการป้องกันแสงแดดที่ส่องเข้าไปในอาคารโดยตรงก่อนและการป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากทางหลังคา



ภาพที่ 2.3 แสดงปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางด้านต่างๆ

2.2.5 ประสิทธิภาพของกรอบอาคารกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

จากการที่เราทราบว่า ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุดนั้น มาจากช่องแสงและกรอบของอาคารทุกทิศทาง จึงได้มีการหาวิธีที่จะวัดประสิทธิภาพของกรอบอาคารในการป้องกันความร้อนจากภายนอก โดยแบ่งกรอบอาคารออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของหลังคา กับผนังโดยรอบอาคาร

ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผ่านทางผนัง (Overall Thermal Transfer Value , OTTV) และ ปริมาณความร้อนที่ผ่านทางหลังคา (Roof Thermal Transfer Value , RTTV)

มีองค์ประกอบที่นำมาพิจารณา คือ

- ก. การนำความร้อนผ่านทางผนัง / หลังคาที่บ
- ข. การนำความร้อนผ่านทางผนัง / หลังคาโปร่งแสง
- ค. การแผ่รังสีผ่านทางผนัง / หลังคาโปร่งแสง

2.3 ภาระการปรับอากาศในอาคาร (Cooling Load)

2.3.1 นิยามของการปรับอากาศ

นิยามของการปรับอากาศคือ การสร้างให้มีขึ้นและคงไว้ซึ่งสภาวะอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนและความบริสุทธิ์ของอากาศ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความสบายหรือให้มีความเหมาะสมกับวัสดุหรือวัตถุประสงค์ใดๆในสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง ดังนั้นการปรับอากาศจึงอาจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การปรับอากาศเพื่อความสบายและการปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม

การปรับอากาศเพื่อความสบายในอาคาร มีจุดประสงค์ในการควบคุมสภาวะอากาศให้มีความเหมาะสมที่ร่างกายของมนุษย์ สามารถจะระบายความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างเหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่เกิดจากกระบวนการในร่างกาย ทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิที่คงที่ ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้สึกที่สบายเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีปัญหาทางด้านสภาวะความสบายจากอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่สูงเกือบตลอดทั้งปี การปรับอากาศในอาคารจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการควบคุมอุณหภูมิและระดับความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งการควบคุมอุณหภูมินั้นก็คือการทำความเย็นให้กับอากาศในอาคาร

การทำความเย็น คือ การดึงความร้อนออกไปจากพื้นที่ที่ปรับอากาศ การดึงความร้อนออกไปนี้จะต้องมีความสมดุลย์กันระหว่างอัตราความร้อนที่ได้รับกับอัตราความร้อนที่ดึงออกไป อัตราความร้อนที่จะต้องดึงออกไปนี้เองที่เรียกว่า ภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ภาระในการทำความเย็นจะประกอบไปด้วยความร้อน 2 ส่วน คือ ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และ ความร้อนแฝง (Latent heat) ที่มากับความชื้นในอากาศ

2.3.2 แหล่งความร้อนของอาคาร

แหล่งความร้อนของอาคารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

แหล่งความร้อนภายนอก

- ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคาร เช่น หลังคา ผนังและกระจก
- ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายใน คือความร้อนที่ถ่ายเทมาจากพื้นที่ข้างเคียง
- ความร้อนที่มากับอากาศที่รั่วซึมเข้ามาในอาคาร

แหล่งความร้อนภายใน

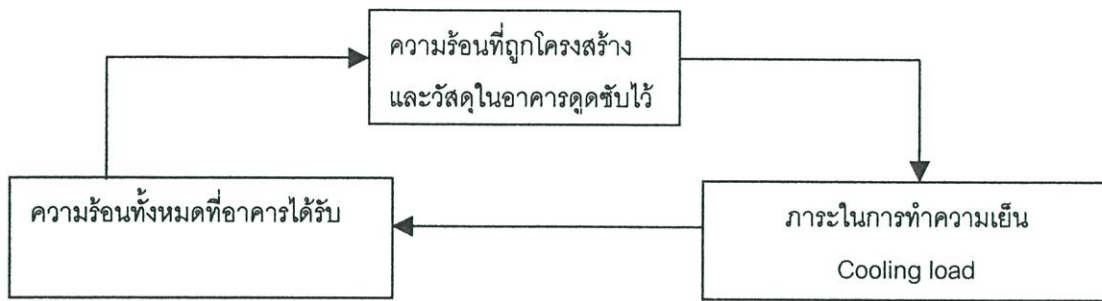
- ความร้อนจากร่างกายของผู้ใช้อาคาร
- ความร้อนจากหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง
- ความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆในอาคาร

ความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนภายนอกและจากหลอดไฟฟ้าแสงสว่างนั้น จะเป็นความร้อนสัมผัสซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิภายในสูงขึ้นโดยตรง ส่วนความร้อนจากร่างกายของมนุษย์และความร้อนที่มากับอากาศที่รั่วซึมเข้ามาในอาคารนั้น จะมีทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้น ส่วนความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ต่างๆ อาจจะเป็นได้ทั้ง 2 อย่างขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ ในการคำนวณหาภาระที่เกิดขึ้นจากแหล่งความร้อนประเภทต่าง ๆ นั้น จะต้องแยกคิดแต่ละประเภท แล้วจึงนำมารวมกันเป็นภาระในการปรับอากาศทั้งหมดต่อไป

ภาระการปรับอากาศที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่หนึ่งๆนั้น ไม่ใช่เป็นผลรวมจากอัตราความร้อนจากแหล่งต่างๆทั้งหมดรวมกัน เพราะความร้อนเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่ทำให้อากาศภายในห้องร้อนขึ้น

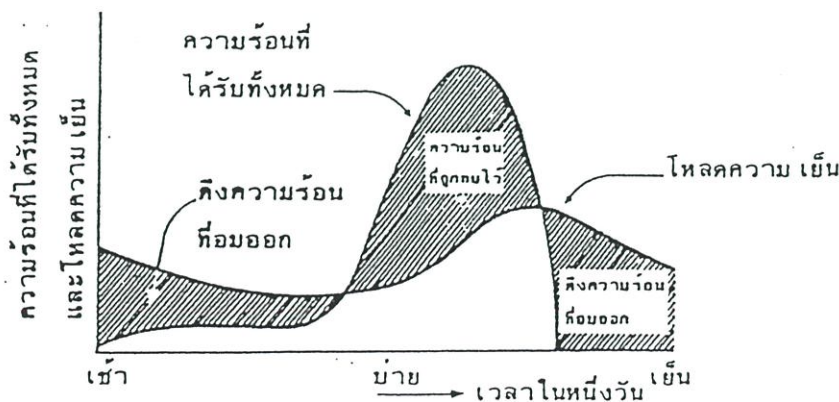
ทันที ความร้อนส่วนอื่นๆจะถูกวัสดุทั้งกรอบอาคารและเครื่องใช้ในอาคารดูดซับไว้ ดังนั้นความร้อนที่อากาศในห้องได้รับ จึงน้อยกว่าความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับ ผลรวมของความร้อนจากแหล่งต่างๆที่แพร่ออกสู่อากาศในช่วงเวลาต่างๆ จึงจะเป็นภาระในการทำความเย็นจริงหรือเป็นอัตราความร้อนที่จะต้องกำจัดออกไปเพื่อรักษาสภาวะอากาศภายในไว้ให้คงที่ตามที่ต้องการ

ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับกับภาระการทำความเย็นอาจจะแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับกับภาระการทำความเย็น

ปัจจัยในเรื่องระยะเวลาที่ความร้อนถูกหน่วงเอาไว้ในเนื้อวัสดุ (Timelag) นั้น มีผลต่อการคำนวณหาภาระการทำความเย็นมาก เพราะความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับนั้น ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับเอาไว้ในเนื้อวัสดุ อีกส่วนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาสู่อากาศในห้องและทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นทันที ส่วนความร้อนที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุนั้นจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ทำให้อุณหภูมิของผิววัสดุนั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในห้อง ความร้อนจากวัสดุก็จะถ่ายเทออกมาสู่อากาศและกลายเป็นภาระในการทำความเย็น



ภาพที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ได้รับกับภาระการทำความเย็น

2.4 แนวความคิดในการประหยัดพลังงาน

ในภูมิอากาศเขตร้อนเช่นในประเทศไทยนี้ การใช้พลังงานที่มีมากที่สุดก็คือ การใช้พลังงานในการปรับอากาศหรือเพื่อการทำความเย็น ส่วนที่รองลงมาก็คือการให้แสงสว่างในอาคาร ดังนั้นหากสามารถออกแบบอาคารให้มีการใช้พลังงานเพื่อจุดประสงค์ทั้งสองนี้น้อยที่สุดแล้ว ย่อมจะประหยัดพลังงานได้เป็นอันมาก ดังนั้นการออกแบบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานจึงมีจุดประสงค์ที่สำคัญที่สุด คือ

- ลดภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ
- ลดการใช้พลังงานในการให้แสงสว่าง

2.4.1 แนวทางการออกแบบเพื่อลดภาระการทำความเย็น

การออกแบบเพื่อลดภาระการทำความเย็นของอาคารตั้งแต่แรก จะมีราคาค่าใช้จ่ายถูกกว่าการนำอุปกรณ์ทำความเย็นมาติดตั้งภายหลังมาก แต่หากเป็นอาคารเดิม ก็ต้องพิจารณาด้วยว่า การทำความเย็นโดยวิธีทางธรรมชาติ (Passive Cooling) ที่จะนำมาใช้นั้น มีความเหมาะสมกับสภาพของอาคารหรือไม่ เพราะอาคารที่ไม่ได้รับการออกแบบไว้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นแต่แรกแล้ว วิธีการทางธรรมชาตินั้นก็อาจจะไม่เกิดประโยชน์เลยก็ได้

การลดภาระการทำความเย็นโดยทั่วไปแล้ว หมายถึงการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์และการนำความร้อนของเปลือกอาคารในเวลากลางวัน โดยทั่วไปแล้ว ในเขตร้อน ฤดูร้อนจะเป็นช่วงเวลาที่มีภาระมากที่สุด หากทำการควบคุมภาระในฤดูร้อนได้ ก็แทบจะเป็นการควบคุมสภาวะในอาคารได้เกือบตลอดทั้งปีแล้วอาจจะมีบางท้องถิ่นเท่านั้นที่มีปัญหาในฤดูหนาว ซึ่งจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของอาคารในฤดูหนาวด้วย

การออกแบบเพื่อลดความร้อนของอาคาร มีองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่ควรนำมาพิจารณาอยู่ 6 ประการ คือ

1. รูปร่างของอาคาร (Building layout or Shape)
2. ทิศทางการวางอาคาร (Orientation of mainrooms)
3. ขนาดและทิศทางของหน้าต่าง (Windows' size & Location)
4. อุปกรณ์กันแดด (Shading Devices)
5. สีของเปลือกอาคาร (Colour of Building's Envelope)
6. พืชพันธุ์ไม้รอบอาคาร (Vegetation Near Building)

ผลที่ได้รับจากองค์ประกอบในการออกแบบเหล่านี้ จะแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิอากาศแบบต่างๆ ซึ่งจะต้องพิจารณานำมาใช้ให้เหมาะสม

2.4.2 แนวทางการออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงานในการให้แสงสว่าง

แสงสว่างในอาคารได้มาจากแสงธรรมชาติและแสงจากไฟฟ้าเพื่อช่วยเสริมในบริเวณที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอ การใช้แสงจากไฟฟ้าในปริมาณที่จำเป็นและใช้ชนิดของหลอดไฟที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานจะลดการใช้พลังงานลงได้มาก

แสงจากไฟฟ้าเกิดจากหลอดไฟซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

หลอดชนิดมีไส้ (Incandescent)

จะเกิดแสงสว่างเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอด แล้วความต้านทานของไส้หลอดจะทำให้เกิดความร้อนจนกระทั่งเปล่งแสงออกมา หากความร้อนยิ่งสูงก็ยิ่งเกิดแสงสว่างมาก แต่ความร้อนนั้นก็ไม่สูงไปกว่าจุดหลอมเหลวของไส้หลอด ดังนั้นหลอดชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำ เพราะพลังงานส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนมากกว่าแสงสว่าง แต่หลอดชนิดนี้มีราคาถูกและไม่มีอุปกรณ์ควบคุมชนิดอื่นๆ แต่ก็มีอายุใช้งานต่ำ

หลอดชนิดไม่มีไส้ (Fluorescent)

จะเกิดแสงสว่างเมื่อก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดได้รับกระแสไฟฟ้า ก็จะปล่อยรังสีอุลตราไวโอเล็ตออกมากระทบกับสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ในหลอด ทำให้สารนั้นเรืองแสงสว่างขึ้น หลอดชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดแบบมีไส้ มีอายุใช้งานยาวนาน เกิดความร้อนต่ำ และต้องมีอุปกรณ์ส่วนควบอื่นๆ เช่น บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์

2.4.3 การนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ในอาคารเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

จากการศึกษาของคณะทำงานจากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องหน้าต่างและการใช้แสงสว่างในอาคารของประเทศอาเซียน โดยทำการศึกษาอาคารสำนักงานในประเทศสิงคโปร์ พบว่า การที่จะใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เกิดการประหยัดพลังงานในอาคารนั้น มีองค์ประกอบที่ต้องนำมาพิจารณา คือ

- พื้นที่ของหน้าต่าง (อัตราส่วนของหน้าต่างต่อพื้นที่อาคาร)
- ปริมาณของแสงสว่างที่ส่องผ่านทะลุกระจก
- พื้นที่อาคารที่อยู่ในเขตพื้นที่รอบนอกหรือพื้นที่ที่อยู่ริมหน้าต่าง
- การใช้อุปกรณ์กันแดดภายนอกสำหรับหน้าต่าง
- การใช้กำลังไฟฟ้าในการให้แสงสว่าง
- ระดับของแสงสว่างในเขตพื้นที่รอบนอกของอาคาร
- การควบคุมเพื่อลดแสงสว่างจากไฟฟ้าในเขตพื้นที่รอบนอกอาคาร
- การควบคุมแสงรบกวนที่เกิดจากการใช้แสงธรรมชาติ

จากองค์ประกอบทั้งหมดดังกล่าวนี้ จะมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเมื่อ

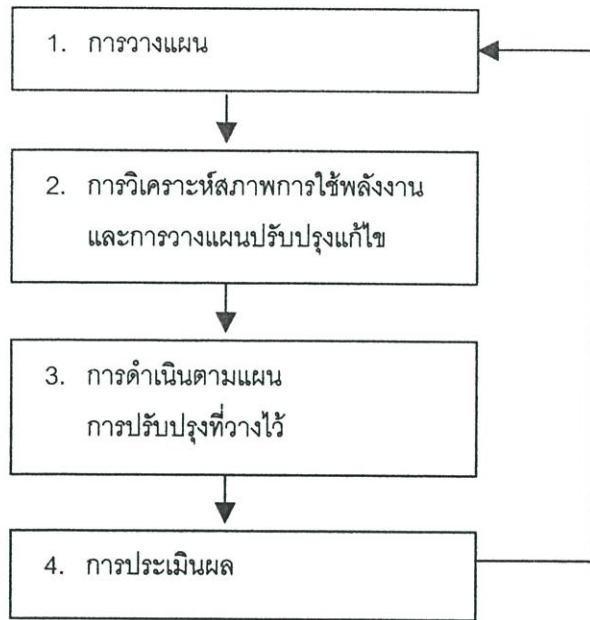
- ก. การใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อ
 - มีการใช้กำลังไฟฟ้าในการให้แสงสว่างมากขึ้น
 - ทำการเพิ่มระดับของแสงสว่างให้มากขึ้น
 - ใช้อุปกรณ์ป้องกันแสงรบกวน เช่น ม่านหรือมู่ลี่มากเกินไป
- ข. การใช้พลังงานจะลดลงเมื่อ
 - มีพื้นที่รอบนอกคือพื้นที่ใกล้หน้าต่างเพิ่มขึ้น
 - มีอุปกรณ์กันแดดสำหรับหน้าต่าง
 - มีระบบควบคุมเพื่อปรับระดับแสงสว่างจากไฟฟ้าสำหรับพื้นที่รอบนอกอย่างต่อเนื่อง แทนที่จะควบคุมเป็นบางพื้นที่

การเพิ่มพื้นที่หน้าต่างนั้นถึงแม้จะได้รับปริมาณแสงสว่างมากขึ้น แต่ก็ทำให้ได้รับความร้อนมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างการเพิ่มปริมาณแสงสว่างธรรมชาติกับความร้อนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาระในการทำความเย็น ว่าอย่างไรจะมีประโยชน์มากกว่า โดยทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดต่อไป

2.5 การวางแผนเพื่อการจัดการพลังงานในอาคารเก่า

2.5.1 ความจำเป็นในการวางแผนเพื่อจัดการพลังงาน

ในอดีตค่าใช้จ่ายด้านพลังงานยังมีราคาต่ำจึงไม่มีการคำนึงถึงการประหยัดพลังงานมากนัก แต่เมื่อต้นทุนด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้นมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งงานสถาปัตยกรรมก็มีส่วนในการใช้พลังงานไม่น้อยไปกว่ากิจกรรมอื่นๆเลย พลังงานที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมเริ่มตั้งแต่การก่อสร้างอาคาร การใช้อาคาร การบำรุงรักษาและการรื้อถอนอาคาร การใช้พลังงานในทุกขั้นตอนนั้นสามารถที่จะประหยัดได้ทั้งในอาคารเก่าและอาคารสร้างใหม่ หากได้มีการศึกษาและมีการวางแผนการจัดการพลังงานอย่างเหมาะสม ขั้นตอนของการจัดการพลังงานแสดงได้ตามภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการจัดการพลังงาน

การดำเนินการทั้ง 4 ขั้นตอนนี้ จะต้องดำเนินเป็นวงจรมวน คือ เป็นการวางแผนเพื่อดำเนินการ แล้วทำการประเมินผล เพื่อนำไปปรับปรุงวางแผนในขั้นตอนต่อไปเรื่อยๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้นหรือเพื่อให้รักษาคุณภาพเอาไว้ได้

รายละเอียดการดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้

การวางแผนงาน

มีจุดประสงค์เพื่อ

- กำหนดเป้าหมายที่เหมาะสมและชัดเจน
- กำหนดและมอบหมายหน้าที่
- กำหนดขอบข่ายของงาน
- กำหนดตารางเวลาในการทำงาน
- กำหนดขอบเขตของการปฏิบัติงาน
- กำหนดช่วงเวลาการปฏิบัติงาน
- กำหนดวิธีการดำเนินงาน

ในขั้นตอนนี้ การกำหนดเป้าหมายที่ต้องการนั้น เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเป้าหมายที่เหมาะสมและชัดเจน จะช่วยให้การจัดการเป็นไปได้อย่างดีตามที่ต้องการ การที่จะกำหนดเป้าหมายได้อย่างเหมาะสมนั้น จะต้องมาจากการทราบข้อมูลที่ถูกต้องของสถานภาพและศักยภาพ

ของการใช้พลังงานในอาคาร ทั้งของอุปกรณ์และระบบต่างๆในอาคาร ของเจ้าหน้าที่และผู้ใช้อาคาร รวมทั้งกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานและการวางแผนปรับปรุงแก้ไข

ก่อนที่จะวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานได้ ก็ต้องทำการตรวจสอบการใช้พลังงานก่อนว่ามีการใช้พลังงานรูปแบบใด ใช้ในปริมาณเท่าใด ใช้ที่ไหน ใช้เพื่อจุดประสงค์ใด ข้อมูลเหล่านี้จะมาจากการตรวจสอบพลังงาน (Energy Audit) เพื่อแยกแยะปริมาณและประเภทของพลังงานออกมาอย่างชัดเจน ในการนี้ต้องมีการตรวจวัดที่ถูกต้องและแม่นยำเพื่อให้ข้อมูลมีความเที่ยงตรงที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้พลังงาน จะเป็นเครื่องชี้แนะสำหรับการวางแผนและการปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่อไป ซึ่งการวางแผนขั้นต้นจะทำได้ดังนี้

- ทำการรวบรวมความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
- ตรวจสอบความเป็นไปได้และผลกระทบจากวิธีการจัดการพลังงาน
- พิจารณาความคุ้มค่าและผลลัพธ์ที่ได้

ข้อเสนอที่ได้นั้นควรที่จะนำมารวบรวมและจำแนกประเภทไว้ เช่น

- เป็นข้อเสนอที่นำมาปฏิบัติได้ทันที
 - เป็นข้อเสนอที่ต้องตรวจสอบก่อนที่จะนำไปปฏิบัติ
 - เป็นข้อเสนอที่รับไว้พิจารณาเพื่อนำมาปฏิบัติในโอกาสที่เหมาะสมต่อไป
- การกำหนดแผนการปฏิบัตินั้น ควรกำหนดตั้งแต่ วิธีการปรับปรุงแก้ไข สถานที่ ช่วงเวลา ผลที่คาดว่าจะได้รับ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายและถูกต้อง

2.5.2 เป้าหมายในการจัดการพลังงาน

ในการจัดการพลังงานควรมีการวางแผนเป้าหมายไว้อย่างชัดเจน เช่น

- เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ แสงสว่าง และระบบอื่นๆในอาคารให้เหลือน้อยที่สุดโดยไม่ลดคุณภาพของสภาวะแวดล้อมและความปลอดภัย
- เพื่อให้มีความสามารถในการเลือกใช้พลังงานที่มีราคาต่ำที่สุด ที่สามารถนำมาใช้ได้ และเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนไปใช้พลังงานอื่นทดแทนได้ เมื่อพลังงานชนิดเดิมมีราคาสูงขึ้น
- เพื่อให้เป้าหมายนั้น มีความเหมาะสมและเข้ากับความสามารถทางการเงินของเจ้าของอาคารและนโยบายของประเทศทางด้านพลังงานและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

การกำหนดกรอบและทิศทางในการดำเนินงานก่อน จะช่วยให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละขั้นตอนได้ชัดเจน เช่น

- เพื่อลดการใช้พลังงานโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม
- เพื่อลดการใช้พลังงานโดยต้องลงทุนเพิ่ม
- เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดการ
- เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเป็นการชั่วคราว เช่น ไฟตก หรือขาดพลังงานสำรอง เป็นบางช่วง
- เป็นการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องกลหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อลดอัตราความถี่ของความเสียหายหรือการเปลี่ยนอะไหล่
- เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเจ้าหน้าที่ที่ทำงานที่ซ่อมบำรุง เพื่อลดความเสียหายของอุปกรณ์และค่าดำเนินการ
- เพื่อลดมลภาวะด้านต่างๆและเพิ่มคุณภาพของสภาวะแวดล้อมในอาคาร
- เพื่อให้เป็นไปตามกฎระเบียบ ข้อบังคับทางราชการ และมาตรฐานทางด้านการอนุรักษ์พลังงาน
- ทำให้มีความสามารถในการแข่งขันทางการตลาด เช่น ทำให้สามารถขายหรือให้เช่าได้ง่ายขึ้น เพราะอาคารมีค่าดูแลรักษาต่ำ

การตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารเดิมนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพื่อให้ทราบถึง ภาระในอาคารจำนวนผู้ใช้อาคาร กิจกรรมและความต้องการใช้พลังงาน อัตราการใช้พลังงานที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นยังต้องทราบถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้งานอยู่ ประสิทธิภาพในขณะที่ทำงานเต็มพิกัด (Full Load) และครึ่งพิกัด (Half Load) เมื่อทราบถึงข้อมูลเหล่านี้แล้ว การที่จะปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารก็สามารถทำได้ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงและตรงกับความต้องการพื้นฐาน โดยไม่จำเป็นต้องเสียเงินไว้มากเหมือนการออกแบบอาคารใหม่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการเผื่อเพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยนั้น มักจะทำให้เกิดการบริโภคพลังงานที่มากเกินไป

การจัดการพลังงานนั้น ควรจะมีจุดมุ่งหมายเพื่อการประหยัดพลังงานก่อน สำหรับอาคารเก่าสามารถดูได้จากอัตราการลดลงของพลังงานที่ใช้เมื่อเทียบกับก่อนที่จะมีการจัดการพลังงาน โดยอาจจะประเมินได้ว่า

- ควรลดลงได้ 10 – 20 % หากลงทุนเพียงเล็กน้อย
- ควรลดลงได้อีก 10 % หากลงทุนเพิ่มอีกบางส่วน
- หากจะลดลงอีก 10 – 20 % ต้องลงทุนเพิ่ม โดยคืนทุนใน 1 – 3 ปี และมีค่าดำเนินการต่ำ

2.5.3 ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน

การใช้พลังงานและการประหยัดพลังงาน ย่อมมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยมีบทบาทต่าง ๆ กัน เช่นเจ้าของอาคารหรือผู้บริหารเป็นผู้กำหนดนโยบาย ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆเป็นผู้ให้คำปรึกษา แต่ที่สำคัญที่สุดคือ ผู้ใช้อาคารหรือเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลอาคาร เพราะความร่วมมือหรือความจริงจังในการปฏิบัติ มีส่วนโดยตรงต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวของโครงการ ในการร่วมมือกันของทุกฝ่ายนี้จะต้องกำหนดหน้าที่ให้ชัดเจน แต่บางครั้งก็อาจจะต้องทำนอกเหนือจากหน้าที่ปกติบ้างเป็นครั้งคราว ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ มีดังนี้

2.5.3.1 เจ้าของอาคาร

- กำหนดจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายที่ต้องการ จัดหาบุคลากรที่เหมาะสมหรือว่าจ้างที่ปรึกษาที่จำเป็น
- รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าดำเนินการ , อัตราการใช้พลังงาน
- กำหนดตารางการสำรวจและทดสอบระบบต่างๆของอาคาร
- กำหนดสภาพการใช้งาน , จ่ายค่าดำเนินการต่างๆ

2.5.3.2 สถาปนิกและวิศวกร

- วิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ ตรวจสอบและวิเคราะห์หาโอกาสในการที่จะประหยัดพลังงาน ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
- คำนวณหาภาระและศักยภาพในการประหยัดของแต่ละระบบในอาคาร
วิเคราะห์หาความคุ้มค่าของการปรับปรุงในส่วนต่างๆ โดยการคำนวณจากวิธีง่ายๆ ไปถึงวิธีที่ซับซ้อน เช่น การหาจุดคุ้มทุนอย่างง่าย (Simple Payback) , จุดคุ้มทุน (Discounted payback period)
- วางแผนงานและข้อกำหนดต่างๆสำหรับขั้นตอนการปฏิบัติ
- จัดเตรียมคู่มืออ้างอิงสำหรับบุคลากรที่เป็นผู้ปฏิบัติ
- ฝึกอบรมผู้ที่เกี่ยวข้องด้านต่างๆ เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ และทำการพัฒนาแนวทางปฏิบัติให้ดีขึ้น

2.5.3.3 หน่วยงานทางด้านการตรวจสอบและให้บริการ

- ทำหน้าที่ตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่างๆก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปฏิบัติงาน

2.5.3.4 เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ / ผู้ที่ปฏิบัติ

- ดำเนินการควบคุมการใช้งาน ตรวจสอบและซ่อมบำรุงอุปกรณ์
- ควบคุมกิจกรรมการทำความสะดวกสบายของตะแกรง , แผ่นกรองอากาศ , อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน , ความเย็น , โคมไฟ , กระจกหน้าต่าง ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดตลอดเวลา
- ควบคุมการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆในการปรับแต่งอุปกรณ์ ให้เป็นไปตามความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามความประสงค์ของผู้ใช้อาคาร
- จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดต่างๆของระบบ ลักษณะการใช้งานการบำรุงรักษา อัตราการใช้พลังงานต่อเดือนโดยจัดเก็บให้เป็นระเบียบและสม่ำเสมอ

2.5.3.5 ผู้ใช้อาคาร

- ให้ความร่วมมือตามมาตรการต่างๆ เช่น การปิดไฟที่จำเป็น ปิดประตู หน้าต่างไม่ให้ลมรั่วไหล ปิดน้ำไม่ให้สูญเปล่า ไม่ปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำเกินไป

2.5.4 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

2.5.4.1 กำหนดเป้าหมายและเก็บข้อมูลพื้นฐาน

- กำหนดเป้าหมายและความต้องการที่ชัดเจน ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และ ความเป็นไปได้ของเจ้าของโครงการ
- จัดเก็บข้อมูลการใช้งาน การใช้พลังงาน การคำนวณ ขั้นตอนและระเบียบปฏิบัติ
- ทำบัญชีการใช้พลังงาน

2.5.4.2 วิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

- จำแนกลักษณะภูมิอากาศที่อาคารตั้งอยู่
- หาข้อมูลภูมิอากาศท้องถิ่นที่ไม่มีในข้อมูลส่วนกลาง เช่น บริเวณนั้นอาจจะมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมากก็ได้
- การเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ เช่น หาแอนนวลดีกรีเดย์ (Annual Cooling Degree days) เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มในการบริโภคพลังงาน , หาค่าเฉลี่ยของอัตราการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

2.5.4.3 สำนวจสภาพอาคารเดิมและลักษณะการใช้งาน

- สำนวจสภาพแวดล้อมที่ตั้งอาคารและอิทธิพลที่มีต่ออาคาร
- สำนวจขนาดและลักษณะทางกายภาพของอาคาร วัสดุ ,
- โครงสร้าง , ทิศทางทางภูมิศาสตร์ที่เป็นจริง สภาพและประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดด

- อิทธิพลของอาคารข้างเคียง เช่น ร่มเงา , ความร้อน , แสงสะท้อน
- ตรวจสอบความถูกต้องของงานระบบว่าถูกต้องตามกฎระเบียบหรือไม่ เช่น ความปลอดภัย , แสงสว่าง , การระบายอากาศ
- สำรวจลักษณะการใช้งานและรายละเอียดขององค์ประกอบต่างๆ แบ่งแยกตามพื้นที่ใช้งานประเภทต่างๆ จำนวนผู้ใช้อาคาร , ระยะเวลาใช้งาน , ลักษณะการใช้งาน , อุปกรณ์ต่างๆ , ภาระที่เกิดขึ้น
- ใช้ข้อมูลต่างๆที่มีนั้นมาคำนวณหาค่าภาระสูงสุด เมื่อสภาวะแวดล้อมเลวร้ายที่สุดและหาค่าโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีของภาระที่ต้องการ

2.5.4.4 จัดทำรายการคุณสมบัติ ของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและเครื่องกล

- จัดทำรายละเอียด เช่น ประเภทของพลังงานที่ใช้ , ลักษณะทางกายภาพ , ลักษณะการใช้งาน , ขั้นตอนการทำงาน , วัสดุที่ใช้

2.5.4.5 จัดทำบัญชีการใช้พลังงาน

- ใช้ข้อมูลจากใบเสร็จค่าพลังงานประจำเดือน , ประจำปี เก็บปริมาณการใช้ไฟฟ้า , น้ำมัน , ก๊าซ เปลี่ยนปริมาณการใช้พลังงานให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นปริมาณต่อพื้นที่ แล้วแยกปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละระบบออกมา ปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นจะแตกต่างกันไปในแต่ละปี ขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ค่าเฉลี่ยนั้นน่าเชื่อถือก็ควรใช้ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5 ปี แต่หากว่าหาข้อมูลไม่ได้ ก็อาจจะใช้สมการ

$$\frac{\text{ปริมาณการบริโภคพลังงานปีนั้น}}{\text{ดิกรีเดย์ของปีนั้น}} \times \text{ค่าเฉลี่ยรายปีของดิกรีเดย์} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณ}}{\text{การบริโภคพลังงาน}}$$

2.5.4.6 ตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบ

- อุปกรณ์เครื่องกลของระบบต่าง ๆ นั้น จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำงานเต็มพิกัดและประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อทำงานแบบครึ่งพิกัดนั่นคือการใช้พลังงานมากขึ้นนั่นเอง การทดสอบประสิทธิภาพควรกระทำในสภาวะเต็มพิกัดซึ่งจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงและสามารถตรวจวัดประสิทธิภาพที่ลดลงระหว่างองค์ประกอบต่างๆของระบบ เพื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานที่ต้องใช้

2.5.4.7 เลือกวิธีตรวจวัดและวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับระบบต่างๆ

- เมื่อทำการศึกษาสภาพของอาคารและการใช้พลังงานในอาคารแล้ว ก็มาคิดถึงความเป็นไปได้ของการประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ หรือความเป็นไปได้ในการเลือกใช้พลังงานทดแทน

ชนิดอื่นๆ ซึ่งการตรวจวัดหาข้อมูลเบื้องต้นนั้น ต้องใช้เทคนิคที่ถูกต้องและมีวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมด้วย

2.5.4.8 วิเคราะห์หาความคุ้มค่าของวิธีการประหยัดพลังงานแบบต่างๆ

- การวิเคราะห์ความคุ้มค่า อาจจะแยกคำนวณเป็นส่วนๆ หรือคำนวณรวมกันสำหรับงานส่วนที่เกี่ยวข้องกัน เช่น การลดการใช้แสงสว่าง ต้องคำนึงถึงการลดภาระความร้อน (Heat gain) ซึ่งมีผลต่อการทำความเย็นด้วย แล้วคำนวณถึงปริมาณที่ลดลงได้เป็น หรือ ต้องคำนึงประสิทธิภาพที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย (Seasonal Efficiency) ซึ่งจะได้ค่าที่เป็นจริงกว่า เมื่อได้ค่าแล้วก็สามารถแปลงเป็นจำนวนเงินได้
- การปรับปรุงแนวทางต่างๆ ย่อมจะให้ผลลัพธ์ที่ต่างกันและมีระยะคุ้มทุนที่ต่างกัน การที่จะเปรียบเทียบว่าวิธีใดที่เหมาะสมกว่ากันนั้น ควรจะทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีง่ายๆ ก่อน เช่น วิธีหาจุดคุ้มทุนอย่างง่าย (Simple Payback) ที่ทำได้ง่ายและประหยัดเวลา

2.5.4.9 จัดเตรียมเอกสารรายงานผลการวิเคราะห์

- เช่น รายงานการวิเคราะห์ ข้อเสนอแนะ ข้อสังเกต ราคาค่าใช้จ่าย ผลการคำนวณ ผลตอบแทนที่จะได้ เพื่อให้เจ้าของโครงการทำการพิจารณา

2.5.4.10 จัดเตรียมเอกสารเสนอราคา

- เช่น แบบแปลนการแก้ไข รายการประกอบแบบ รายการเสนอราคา สัญญา การควบคุมงาน การแบ่งงวดงาน

2.5.4.11 การบริการหลังการปรับปรุงแล้วเสร็จ

- จัดวางระบบควบคุมและตรวจสอบ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามที่วางแผนไว้เพื่อให้สภาพแวดล้อมต่างๆ เป็นไปเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด
- จัดเตรียมสมุดบันทึกข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้น เช่น ปริมาณการใช้พลังงานประจำเดือน ราคาค่าพลังงานชนิดต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบถึงผลที่ได้จากการประหยัดพลังงาน ซึ่งอาจจะมีการปรับเปลี่ยนไปบ้างตามสภาพแวดล้อมจริง จะได้เป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของแผนการที่สร้างขึ้น
- ควรทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดที่เหมาะสมกับระบบที่ได้ปรับปรุงแล้ว เพื่อวัดประสิทธิภาพที่ได้ ซึ่งอาจต้องมีการปรับแต่งอีก ให้มีความสมดุลยิ่งขึ้น

2.6 ข้อมูลและขั้นตอนในการวิเคราะห์การใช้พลังงาน

2.6.1 ประเภทของข้อมูล

ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงานนั้น จะต้องใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็นข้อมูล 2 ประเภท คือ

- ข้อมูลเบื้องต้น คือข้อมูลที่ได้จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบแปลนตัวอาคาร แผนผังงานระบบต่างๆ จำนวนผู้อาคาร เวลาเริ่มงานและเลิกงาน เป็นต้น
- ข้อมูลจากการสำรวจอาคารจริง คือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและประสิทธิภาพขององค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ซึ่งจะต้องทำการสำรวจและตรวจวัดจากสภาพการใช้งานจริง

ข้อมูลที่จะทำการสำรวจประกอบไปด้วย

- ก. การศึกษาสภาพแวดล้อมของอาคารและสภาพอาคารเดิม
- ข. การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของอาคาร
- ค. การศึกษาสมรรถนะของระบบปรับอากาศในอาคาร
- ง. การศึกษาสมรรถนะเชิงคุณภาพของกรอบอาคาร
- จ. การศึกษาลักษณะการใช้แสงสว่างธรรมชาติและทำให้แสงสว่างในอาคาร

2.6.2 การสำรวจและเก็บข้อมูล

2.6.2.1 การศึกษาสภาพแวดล้อมของอาคารและสภาพอาคารเดิม

จะทำการสำรวจหาข้อมูลเกี่ยวกับ

สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร

- ทิศทางของอาคารโดยการตรวจสอบหาทิศเหนือที่แท้จริงด้วยการใช้เข็มทิศเทียบกับตัวอาคาร
- ลักษณะพืชพันธุ์ไม้รอบอาคาร เช่น ชนิด ขนาด จำนวน ความสูง ตำแหน่ง ของต้นไม้รอบๆอาคาร
- ลักษณะพื้นผิวรอบอาคารและลักษณะอาคารข้างเคียง

สภาพตัวอาคาร

- รูปแบบของตัวอาคาร
- การแบ่งพื้นที่ใช้งานและลักษณะการใช้งานในอาคาร
- จำนวนผู้ใช้อาคาร
- วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร

- ประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดดภายนอก

สภาวะความสบายในอาคาร

- ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทั้งภายนอกและภายในอาคาร
- ตรวจวัดอุณหภูมิ Mean radiant temperature และ Surface temperature
- ตรวจวัดความเร็วลมในอาคาร

2.6.2.2 การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของอาคาร

ทำการตรวจวัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์และระบบต่างๆในอาคาร และทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น พลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ ของทุกระบบ คือ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่างระบบลิฟท์ และข้อมูลของอุปกรณ์อื่นๆในอาคาร เช่น ชนิด จำนวน และการใช้พลังงาน

2.6.2.3 การศึกษาสมรรถนะของระบบปรับอากาศในอาคาร

- ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน
- ชนิดและขนาดของเครื่องปรับอากาศ
- จำนวนของเครื่องปรับอากาศ
- ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
- ตารางเวลาการใช้งานและระดับการตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท
- ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแต่ละชุด ในขณะที่เครื่องทำงานอย่างเต็มที่ในสภาพการใช้งานจริง

2.6.2.4 การศึกษาสมรรถนะเชิงคุณภาพของกรอบอาคาร

ทำการสำรวจและตรวจสอบประสิทธิภาพของกรอบอาคารในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งประกอบไปด้วย

- การหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร
- การหาภาระการปรับอากาศอันเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร
- การสำรวจสภาพการรั่วซึมของอากาศอันเนื่องมาจากรอยต่อต่างๆและจากการระบายอากาศ

2.6.2.5 การศึกษาลักษณะการการให้แสงสว่างในอาคาร

ทำการตรวจวัดตัวแปรที่มีผลต่อการให้แสงสว่างในอาคารและลักษณะการกระจายแสงในอาคาร โดยการ

- ตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่างๆในอาคารสำรวจและบันทึกรายละเอียดของดวงโคม คือ ชนิด ขนาด จำนวน และตำแหน่งของดวงโคม

- ศึกษาลักษณะการกระจายแสงในอาคาร ทั้งการกระจายแสงธรรมชาติและแสงจากไฟฟ้า ทำการตรวจวัดในห้องตัวอย่างของแต่ละชั้น แต่ละทิศทาง โดยการแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นตารางขนาด 1.25 ม. แล้วทำการตรวจวัดทุกจุด
- ศึกษาลักษณะการกระจายแสงธรรมชาติร่วมกับแสงจากไฟฟ้าโดยวัดเป็นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor)

2.6.3 ระดับของการวิเคราะห์

ในการการศึกษาการใช้พลังงานนั้น จะแบ่งระดับของการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับคือ

1. ศึกษาประวัติการใช้พลังงานของอาคารในอดีตที่ผ่านมา
2. ตรวจสอบสภาพของอาคารในปัจจุบัน
3. การวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขและความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์

รายละเอียดของการศึกษาในชั้นตอนต่างๆ

ระดับที่ 1. การวิเคราะห์สถิติการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานในอดีต

เป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับสถานะการใช้พลังงานที่ผ่านมาในอดีต โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกเอาไว้อย่างน้อย 1 ปี เพื่อดูรูปแบบการใช้พลังงานของอาคารและประเมินระดับการใช้พลังงานต่อพื้นที่ของอาคาร (Evaluate energy use indices) ซึ่งการประเมินนี้อาจจะทำให้ทราบว่าระบบใดในอาคารที่ด้อยประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน และเกิดจากความบกพร่องของระบบเองหรือเกิดจากวิธีการใช้งาน หากมีการใช้พลังงานหลายชนิด ก็ควรจำแนกประเภทของพลังงานด้วย เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำมัน พลังงานก๊าซ เป็นต้น

ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ระดับที่ 1.

- ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานหรือปริมาณการใช้พลังงานย้อนหลัง
- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาที่พิจารณา
- ข้อมูลลักษณะการใช้งานและจำนวนผู้ใช้อาคาร

วิธีการวิเคราะห์

- เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานกับค่าใช้จ่าย แยกตามประเภทของพลังงานที่ใช้

- เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในแต่ละปี เพื่อดูแนวโน้มการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป
- เปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศในช่วงเวลานั้นๆกับลักษณะการใช้พลังงาน ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- เปรียบเทียบลักษณะการใช้พลังงานกับจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลา เพื่อดูความสัมพันธ์กับการใช้งาน
- วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร

ระดับที่ 2. สำรวจสภาพอาคารเดิมเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น

ทำการศึกษาดังความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของอาคารกับอัตราการใช้พลังงานในอาคาร และทำการวิเคราะห์ว่า กิจกรรมหรือกระบวนการใดที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด มีการใช้พลังงานในส่วนใดที่เป็นไปอย่างสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ แล้วทำการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ใช้งานและระบบในอาคาร สำหรับใช้ในการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับที่ 2.

- รูปแบบของอาคารและงานระบบทุกระบบในอาคาร
- รายละเอียดของอุปกรณ์เครื่องกลในอาคาร
- ประสิทธิภาพของงานระบบที่ใช้ในอาคาร

วิธีวิเคราะห์

- วิเคราะห์จำแนกข้อมูลการใช้พลังงานตามประเภทการใช้งาน (Energy use and cost breakdown) โดยพิจารณาเป็นอัตราส่วนการใช้งาน
- วิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เครื่องกลและระบบที่ใช้งาน เพื่อพิจารณาถึงข้อดี – ข้อเสียของระบบต่างๆและเปรียบเทียบผลที่คาดว่าจะได้รับ หากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะทำการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการใช้พลังงานกับความคุ้มทุน

ระดับที่ 3. การศึกษาอย่างละเอียดเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขและความเป็นไปได้ในการปรับปรุงทางเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

2.8 ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และจำลองสภาพอาคาร

2.8.1 โปรแกรมวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

(OTTVEE V1.0 a)

พัฒนาโดยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV , RTTV) และสามารถใช้ทำการวิเคราะห์เบื้องต้นถึงประสิทธิภาพของกรอบอาคารที่เปลี่ยนไปจากการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในอาคารและการเปลี่ยนรูปแบบของอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร เป็นโปรแกรมที่ใช้งานในการวิเคราะห์เบื้องต้นถึงประสิทธิภาพของกรอบอาคารในการป้องกันความร้อนและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร และยังสามารถคำนวณหาค่าความคุ้มค่าจากการลงทุนปรับปรุงกรอบอาคารได้อีกด้วย แต่ไม่สามารถกำหนดรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานได้มากนัก เหมาะสำหรับอาคารที่ปรับอากาศหรือไม่ปรับอากาศทั้งหลังเท่านั้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินประสิทธิภาพของอาคารในเบื้องต้น

2.8.2 โปรแกรมอีเนอร์วิน (Enerwin 97.01)

พัฒนาโดยภาควิชาสถาปัตยกรรมมหาวิทยาลัยเท็กซัส (The Department of Architecture Texas A&M University) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร โดยพิจารณาจากองค์ประกอบของอาคารที่มีผลต่อสภาพการใช้พลังงานในอาคารโดยตรง เป้าหมายของการใช้โปรแกรมนี้ คือ

- เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่กำลังออกแบบ
- เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าการลงทุนทางเลือกต่างๆในการออกแบบอาคารใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าการลงทุนทางเลือกต่างๆในการปรับปรุงอาคารเก่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

โปรแกรมใช้งานได้ค่อนข้างง่าย ให้ผลการประเมินเบื้องต้นได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับการออกแบบอาคารใหม่หรือการประเมินแนวทางปรับปรุงอาคารเก่าในเบื้องต้น แต่ไม่สามารถเปลี่ยนข้อมูลทางภูมิอากาศให้เหมาะสมกับของประเทศไทยได้ จึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับอาคารในประเทศไทย

2.8.3 โปรแกรมโด 2.1 ดี (DOE 2.1 D)

พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนียที่เบอร์กลีย์ (Lawrence Berkeley Laboratory University of California) เป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการใช้อาคารได้อย่างละเอียดเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (Building Performance) ทั้งในการออกแบบอาคารและเพื่อการวิจัยอย่างลึกซึ้ง โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานเป็นรายชั่วโมงรวมทั้งค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่ใช้ไป ในการคำนวณโปรแกรมจะใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศและข้อมูลเกี่ยวกับสภาพตัวอาคารและการใช้งานที่เกิดขึ้น รวมทั้งอุปกรณ์ในอาคารและระบบปรับอากาศที่ใช้ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกปรับปรุงองค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานได้โดยง่าย

ตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรม เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการออกแบบอาคารสามารถจะใช้ในการศึกษา เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

- ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานในอาคารกับการใช้วัสดุก่อสร้างรอบอาคารชนิดต่างๆและผลของการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนชนิดของวัสดุก่อสร้างหรือเปลี่ยนลำดับชั้นของวัสดุในการก่อสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงทิศทางหรือตำแหน่งการติดตั้งวัสดุ นั้นๆทั้งของผนังและหลังคา
- ศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใช้แหล่งกักเก็บความร้อนหรือความเย็น (Thermal Storage , Ice Storage) ร่วมกับระบบปรับอากาศในอาคาร
- ศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการใช้งานของผู้ใช้อาคาร หรือการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการใช้ระบบแสงสว่างหรือการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาการงานของอุปกรณ์ในอาคาร
- ศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อทำการหยุดการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นบางช่วงเวลา
- ศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องมาจากลักษณะของอุปกรณ์กันแดดภายนอกหรือภายในอาคาร
- ศึกษาถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนชนิดของกระจก

การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบอาคาร

- การศึกษาเบื้องต้นในการเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบของอาคารและงานระบบปรับอากาศในอาคาร

- ในขั้นตอนการออกแบบ ใช้ประเมินผลที่ได้รับจากแนวความคิดต่างๆในการจัดแบ่งพื้นที่ใช้งานของระบบปรับอากาศ,การควบคุมและระบบของเครื่องปรับอากาศที่เลือกใช้
- ในขั้นตอนการก่อสร้างใช้ประเมินผลที่ได้จากทางเลือกที่เกิดขึ้นเพื่อดูความแตกต่างจากแผนที่วางไว้
- ใช้ผลที่คำนวณไว้แล้วเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบการใช้งานและการบำรุงรักษาอาคารที่ก่อสร้างเสร็จ
- ใช้วิเคราะห์แนวทางปรับปรุงอาคารเก่าให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น

องค์ประกอบของโปรแกรมโต 2.1

ส่วนที่ 1. ข้อมูลรายละเอียดของตัวอาคารและการใช้งานในอาคาร (USER INPUT)

คือ รายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับตัวอาคารซึ่งโปรแกรมจะต้องใช้ในการจำลองสภาพอาคาร เช่น ทิศทางการวางอาคาร ลักษณะของอาคาร วัสดุก่อสร้าง ลักษณะการใช้งาน อุปกรณ์ทุกชนิดในอาคาร การป้อนข้อมูลจะต้องอยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมกำหนดไว้เท่านั้น

ส่วนที่ 2. รายการวัสดุก่อสร้าง (MATERIALS LIBRALY)

คือ ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างที่โปรแกรมได้เตรียมไว้แล้ว เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำมาใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องมาป้อนเองในส่วนของ USER INPUT สามารถใช้งานได้โดยอ้างถึงชื่อที่โปรแกรมกำหนด

ส่วนที่ 3. รายการวิธีการก่อสร้าง (CONSTRUCTION LIBRALY)

คือ ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการก่อสร้างขององค์ประกอบอาคาร เช่น ลำดับการจัดเรียงตัวของวัสดุ (LAYER) ความหนาของวัสดุ (THICKNESS) ซึ่งโปรแกรมกำหนดไว้ให้แล้วเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำมาใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องมาป้อนเองในส่วนของ USER INPUT สามารถใช้งานได้โดยอ้างถึงชื่อที่โปรแกรมกำหนด

ส่วนที่ 4. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (WEATHER DATA)

เป็นข้อมูลรายละเอียดของสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่ทำการศึกษ เช่น ระดับความชื้น อุณหภูมิ การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งข้อมูลนี้จะมีรายละเอียดเป็นรายชั่วโมง

ส่วนที่ 5. โปรแกรมที่ใช้แปลงข้อมูลจากส่วนที่1. (USER INPUT) เป็นภาษาของคอมพิวเตอร์ (Building Description Language Processor , BDL processor)

ข้อมูลที่ป้อนไว้ในส่วนที่ 1. นั้นโปรแกรมยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที จึงต้องมีส่วนของการประมวลผลเพื่อแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้เป็นภาษาของคอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 6. ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นในอาคาร

(Loads Simulation Subprogram , LOADS)

เป็นโปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณหาภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคาร จะทำการคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ

- สภาพภูมิอากาศและการแผ่รังสี
- ตารางการใช้งานของผู้ใช้อาคาร
- ตารางการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า
- อัตราการเติมอากาศหรือการรั่วซึมของอากาศ
- ค่าการหน่วงความร้อนของวัสดุผนังและหลังคา
- ลักษณะของอุปกรณ์กันแดดของอาคาร

ส่วนที่ 7. ใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็น

(The Secondary HVAC System Sub Program , SYSTEMS)

โปรแกรมส่วนนี้จะนำผลการคำนวณหาภาระการทำความเย็นจากส่วนที่ 6. มาใช้คำนวณหาความต้องการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

ส่วนที่ 8. ใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบต้นทางของระบบปรับอากาศในอาคาร

(Primary HVAC System Simulation Program , PLANT)

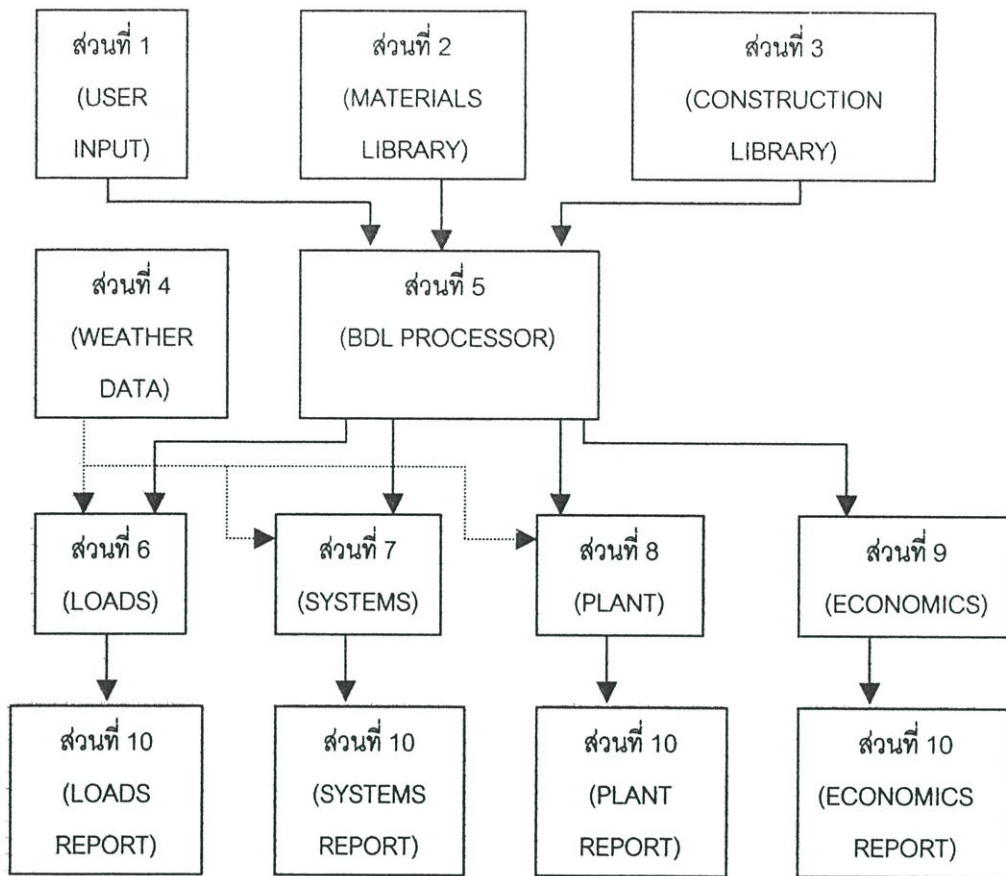
เป็นส่วนที่แสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ เช่น เครื่องทำความเย็น (Chiller) หอผึ่งน้ำเย็น (Cooling Tower)

ส่วนที่ 9. ใช้คำนวณหาราคาค่าพลังงาน

(Economic Analysis Subprogram , ECONOMICS)

เป็นส่วนที่ทำการคำนวณเกี่ยวกับราคาค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่จะต้องใช้ในการหาค่าเปรียบเทียบในการปรับปรุงอาคารเดิม

ส่วนที่ 10. ใช้รายงานผลการคำนวณ (Report) ที่คำนวณได้ของส่วนที่ 6 - 9



ภาพที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โด 2.1

2.9 ข้อจำกัดในการจำลองสภาพอาคารเพื่อทดสอบการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Program)

2.9.1 หากการปรับปรุงอาคารหรือวิธีการจัดการที่เลือกใช้นั้น มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก การประเมินผลลัพธ์ที่ได้ในระยะยาวอาจจะไม่แน่นอนนัก

2.9.2 ข้อมูลที่ใส่ในโปรแกรมนั้น มักจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เช่น ข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุต่างๆที่ได้มาจากเอกสารอ้างอิง อาจจะมีการคลาดเคลื่อนไปเมื่อทำการติดตั้งแล้ว รวมทั้งข้อมูลทางด้านอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในอาคารที่อาจจะไม่ใช่ข้อมูลในปัจจุบันหรือไม่มี ความละเอียดมากพอ โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ อาจจะมีการคลาดเคลื่อนได้ 10 - 15 %

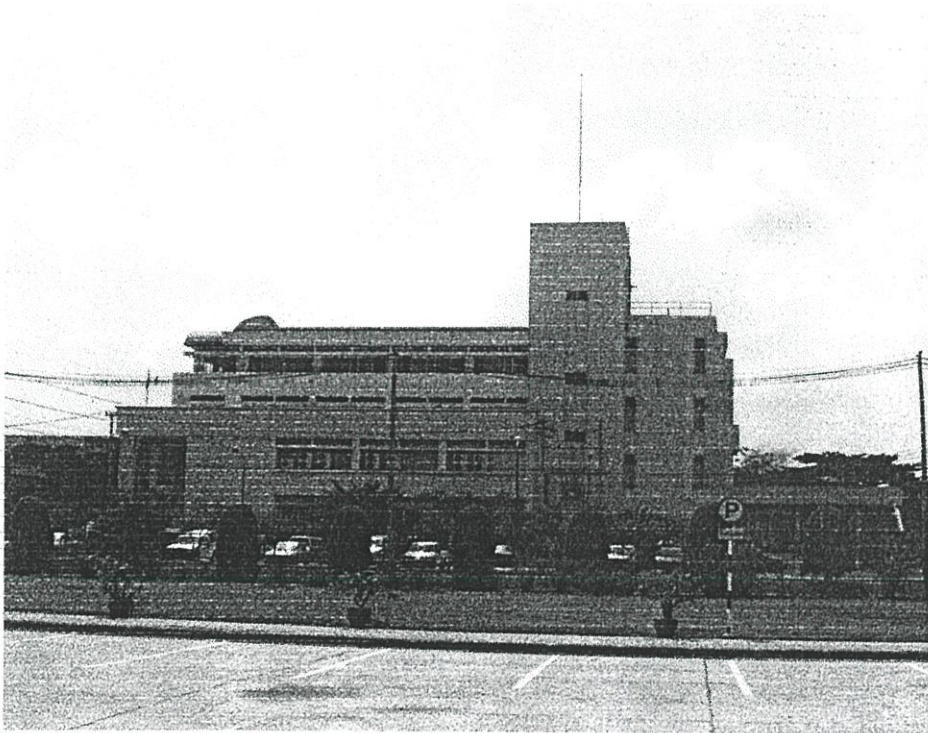
2.9.3 การใช้วิธีปรับปรุงประสิทธิภาพด้านต่างๆหลายวิธีร่วมกันนั้น อาจจะไม่ได้ผลรวมตามที่ต้องการ เช่น เมื่อเลือกวิธีการปรับปรุง 2 วิธี ซึ่งประเมินว่าแต่ละวิธีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพวิธีละ 10 % แต่เมื่อใช้ร่วมกันแล้วประสิทธิภาพรวมที่ได้อาจจะไม่ใช่ 20 % ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะ ประเมินได้ยากมาก

บทที่ 3

การศึกษาและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

3.1 ทิศทางที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม

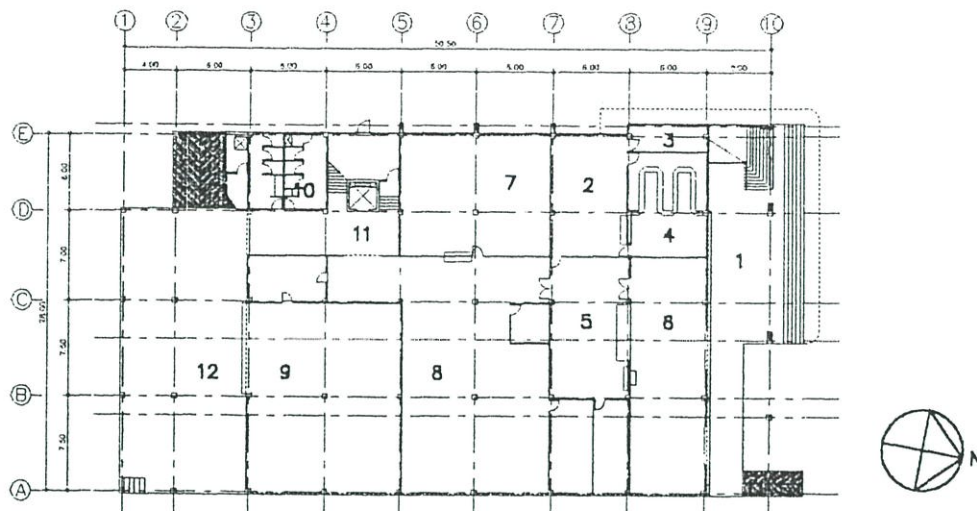
อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ ตั้งอยู่ที่ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ ลักษณะอาคารสูง 4 ชั้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ตัวอาคารตั้งอยู่ห่างจากถนนแจ้งวัฒนะประมาณ 15 เมตร รอบๆตัวอาคารเป็นถนนและลานจอดรถคอนกรีต และมีที่ว่างสำหรับปลูกต้นไม้บ้าง แต่ต้นไม้ยังมีขนาดเล็ก ไม่สามารถให้ร่มเงาแก่บริเวณโดยรอบได้



ภาพที่ 3.1 แสดงสภาพแวดล้อมรอบอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

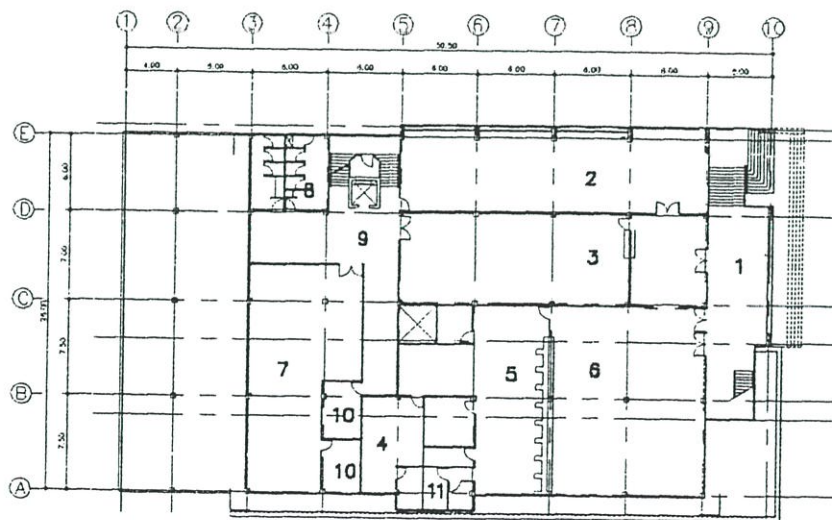
ทิศทางที่ตั้งของอาคาร ตัวอาคารถูกวางให้แกนทางยาวหรือด้านแคบของอาคารอยู่ในแนวทิศเหนือ - ใต้ โดยด้านหน้าอาคารคือทิศเหนือ ด้านกว้างของอาคารอยู่ในแนวทิศตะวันออก - ตะวันตก ทำให้ตัวอาคารได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นอย่างมากตลอดทั้งวัน

3.2 รูปแบบและประโยชน์ใช้สอยในอาคาร



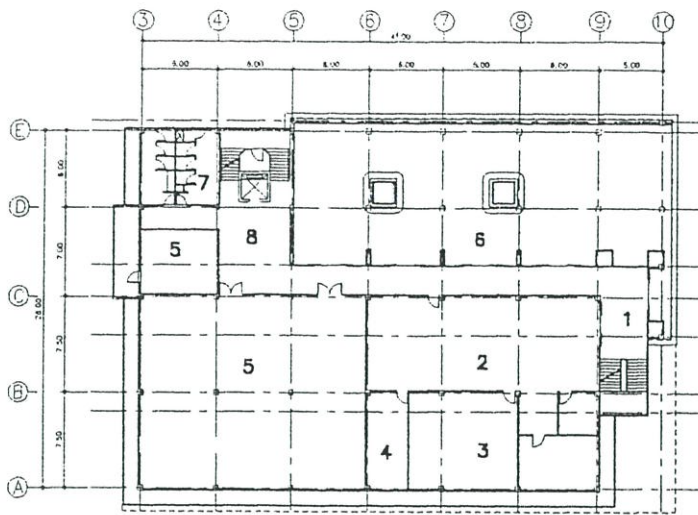
ภาพที่ 3.2 แสดงผังพื้นที่ 1 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

1. เฉลียงทางเข้าอาคาร
2. งานรจจ่าย ณ ที่ทำการ
3. ห้องเก็บของ
4. ตู้ไปรษณีย์เช่า
5. งานบริการชำระค่าฝากส่ง เป็นรายเดือน
6. โถงประชาชน
7. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 1
8. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 2
9. แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาเข้า-ขาออก
10. ห้องน้ำ
11. โถงลิฟท์-บันได
12. ชานชนถ่ายไปรษณีย์



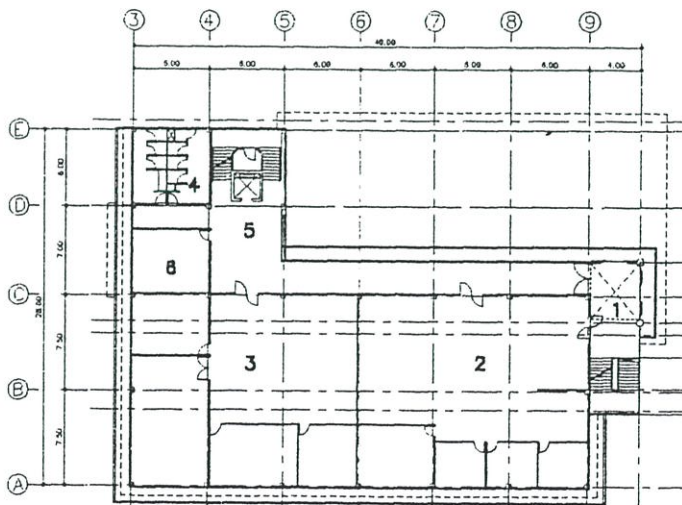
ภาพที่ 3.3 แสดงผังพื้นที่ 2 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

1. เฉลียงทางเข้าอาคาร
2. โครงการปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์
3. แผนกไปรษณีย์ด่วนพิเศษ
4. ห้องการเงิน
5. แผนกรับฝากไปรษณีย์
6. โถงประชาชน
7. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 3
8. ห้องน้ำ
9. โถงลิฟท์-บันได
10. ห้องเก็บของ
11. ห้องนิรภัย



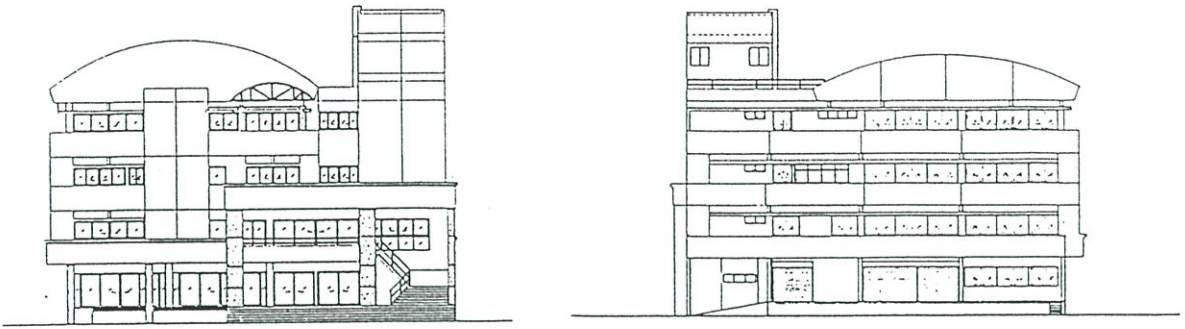
ภาพที่ 3.4 แสดง ผังพื้นที่ชั้น 3 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

1. โถงบันได 2. แผนกธุรการ 3. ห้องประชุม 4. ห้องเก็บของ 5. ห้องอาหารและครัว 6. เฉลียง 7. ห้องน้ำ
8. โถงลิฟท์ - บันได

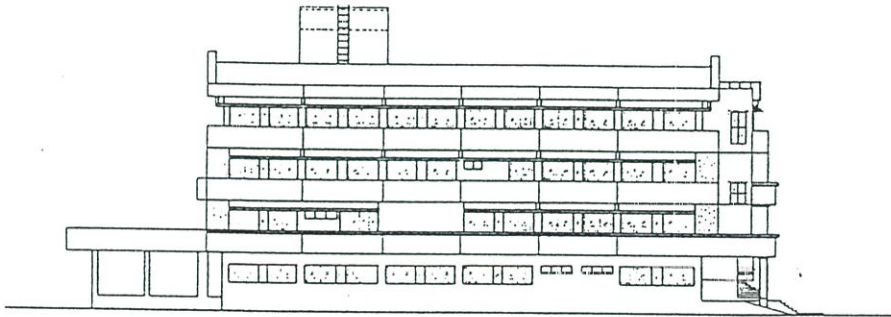


ภาพที่ 3.5 แสดงผังพื้นที่ชั้น 4 อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

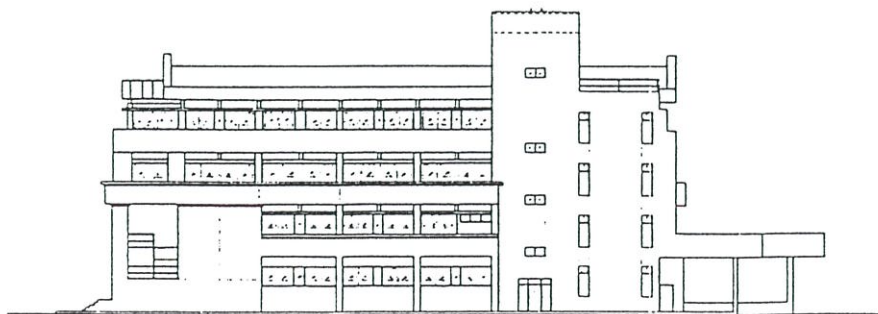
1. โถงบันได 2. หน่วยบริการลูกค้า EMSระหว่างประเทศ 3. แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์ 4. ห้องน้ำ
5. โถงลิฟท์ - บันได 6. ห้องเก็บของ



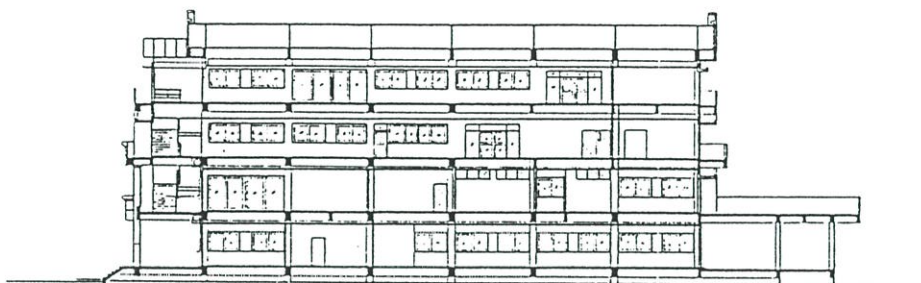
ภาพที่ 3.6 แสดงรูปด้านทิศเหนือและทิศใต้



ภาพที่ 3.7 แสดงรูปด้านทิศตะวันออก



ภาพที่ 3.8 แสดงรูปด้านทิศตะวันตก



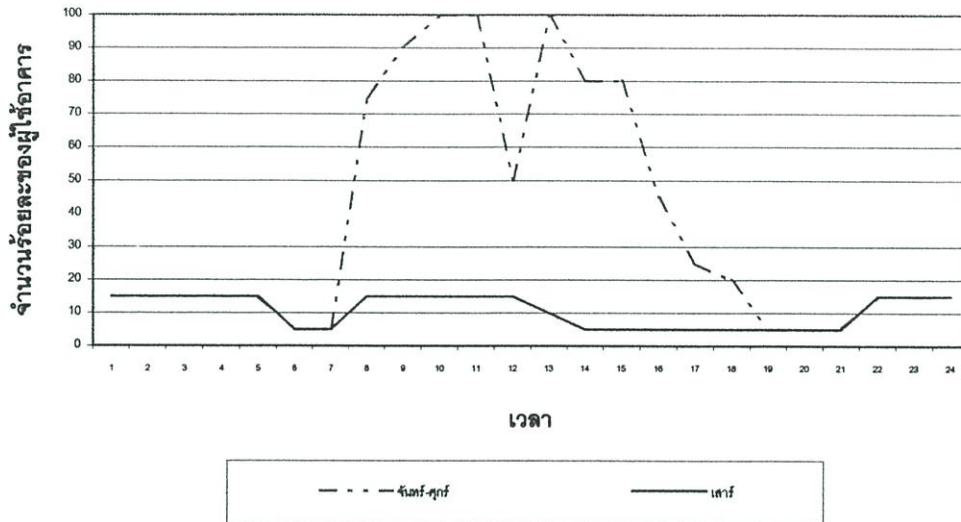
ภาพที่ 3.9 แสดงรูปตัดตัวอาคาร

3.3 ช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร

อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ให้บริการทางด้านไปรษณีย์ คือ บริการรับฝากและจัดส่งจดหมายพัสดุภัณฑ์ และบริการทางด้านการติดต่อกับต่างประเทศทางโทรศัพท์และอินเทอร์เน็ต สามารถจำแนกหน่วยงานต่างๆในอาคารได้ดังนี้

1. งานรอจ่าย ณ ที่ทำการ
2. งานบริการชำระค่าฝากส่งเป็นรายเดือน
3. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 1
4. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 2
5. ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 3
6. แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาเข้า – ขาออก
7. แผนกรับฝากไปรษณีย์
8. แผนกไปรษณีย์ด่วนพิเศษ
9. แผนกการเงิน
10. แผนกธุรการ
11. ห้องอาหารพนักงาน
12. โครงการปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์ กองระบบงานไปรษณีย์
13. หน่วยบริการลูกค้าอีเอ็มเอสระหว่างประเทศ
14. แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์ กองสื่อสารข้อมูล

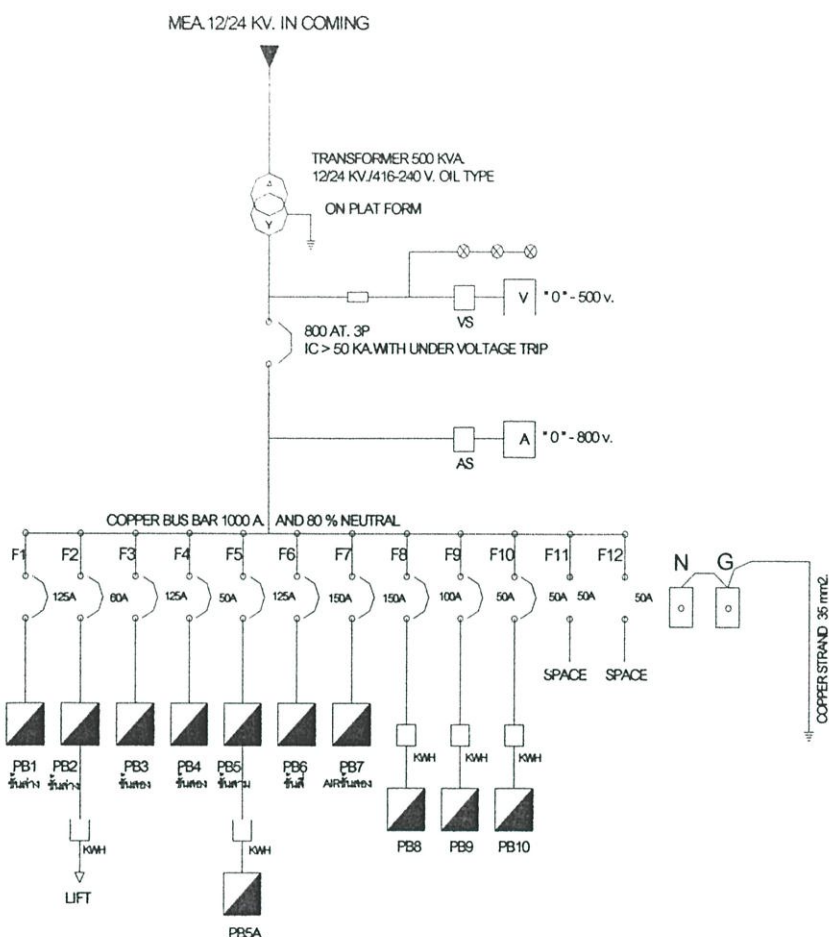
หน่วยงานต่างๆ นั้น มีจำนวนพนักงานและรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกัน บางหน่วยงานทำงานตามเวลาราชการ แต่บางหน่วยงานมีการทำงานนอกเวลาราชการด้วย ซึ่งรูปแบบของการทำงานของพนักงานอาคารสามารถแสดงได้ตามกราฟแสดงเวลาการใช้งานดังนี้



ภาพที่ 3.10 แสดงอัตราส่วนปริมาณผู้ใช้อาคารตามช่วงเวลา

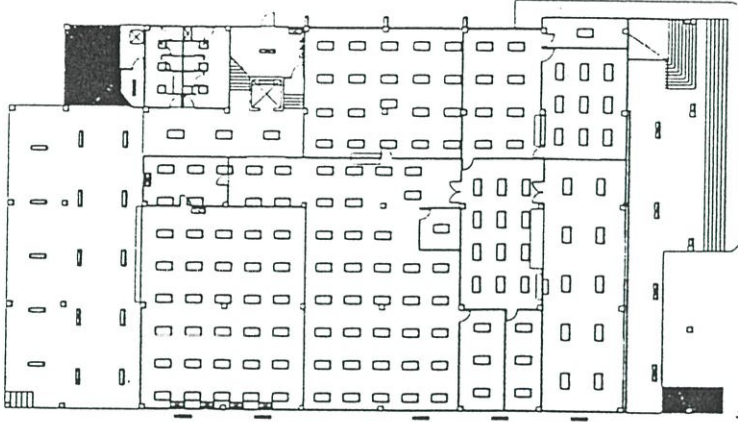
3.4 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่ ได้รับกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงจากภายนอกผ่านหม้อแปลงขนาด 500 กิโลโวลท์แอมป์ เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ทุกระบบในอาคาร โดยมีรูปแบบการรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าตามภาพที่ 3.1

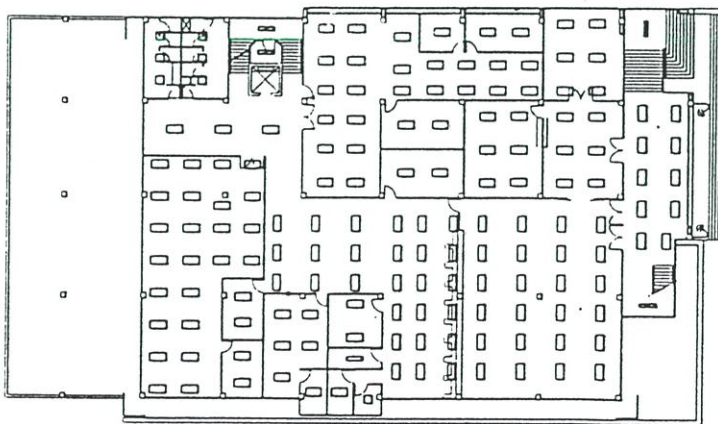


ภาพที่ 3.11 แสดงระบบรับ - จ่ายไฟ อาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

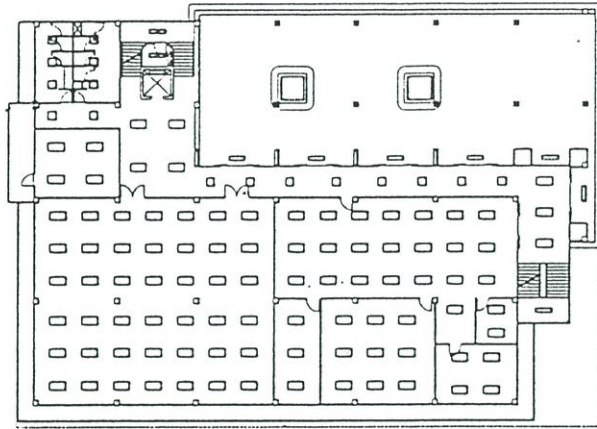
ภายในอาคารโดยทั่วไป ใช้โคมไฟฟ้าชนิดฝังในฝ้าเพดาน หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ และใช้บัลลาสต์ชนิดสูญเสียพลังงานต่ำ (Low-loss Ballast) โดยมีคาปาซิเตอร์ช่วยในการประหยัดพลังงานอีกด้วย ตัวโคมเป็นแบบมีแผ่นสะท้อนแสง (Aluminium Louvre with Mirror Reflector) ช่วยในการกระจายแสงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น นอกจากนั้นบริเวณห้องน้ำจะใช้โคมไฟชนิดเดียวกันนี้ แต่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์แทน และในบางพื้นที่ที่มีการใช้หลอดไฟแบบประหยัดพลังงาน เช่น หลอด คอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์อีกด้วย



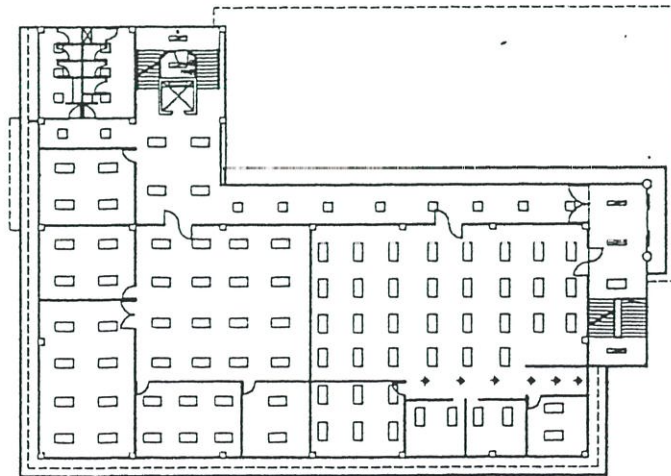
ภาพที่ 3.12 แสดงผังดวงโคมในอาคารชั้น 1



ภาพที่ 3.13 แสดงผังดวงโคมในอาคารชั้น 2



ภาพที่ 3.14 แสดงผังดงโคมในอาคารชั้น 3



ภาพที่ 3.15 แสดงผังดงโคมในอาคารชั้น 4

จากการตรวจวัดค่าความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานแต่ละส่วน ได้ค่าความส่องสว่างโดยเฉลี่ยตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งาน

ชั้น	พื้นที่ใช้งาน	ค่าความส่องสว่าง (lux)	แสงไฟ ฟ้า	แสงธรรมชาติ	แสงไฟฟ้า + แสงธรรมชาติ
1	ห้องโถงบริการ	723		*	
	ที่ทำการนำจ่ายหลักที่ 1				
	- พื้นที่ใกล้หน้าต่าง	1250		*	
	- พื้นที่ด้านในห้อง	457		*	
	งานรอจ่าย ณ ที่ทำการ				
	- พื้นที่ใกล้หน้าต่าง	493		*	
	- พื้นที่ด้านในห้อง	295			*
	ห้องเก็บของ	128	*		
	งานรับชำระค่าฝากส่งเป็นรายเดือน	315	*		
	ที่ทำการนำจ่ายหลักที่ 2	242	*		
	แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก ขาเข้า	230	*		
	ห้องน้ำ	200			*
2	ห้องโถงบริการไปรษณีย์	335			*
	เคาน์เตอร์บริการไปรษณีย์	232	*		
	แผนกบริการไปรษณีย์ด่วนพิเศษ	155	*		
	โครงการปรับปรุงระบบนำจ่าย ไปรษณีย์	277	*		
	ที่ทำการนำจ่ายหลักที่ 3	570			
	ห้องเก็บของ	225	*		
3	แผนกธุรการ	550			*
	ห้องอาหารพนักงาน	659		*	
4	หน่วยบริการ EMS ระหว่างประเทศ	380	*		
	แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์				
	- ห้องทำงานรวม	253	*		
	- ห้องซ่อม 1	280	*		
	- ห้องซ่อม 2	370			*
	- ห้องซ่อม 3	650		*	

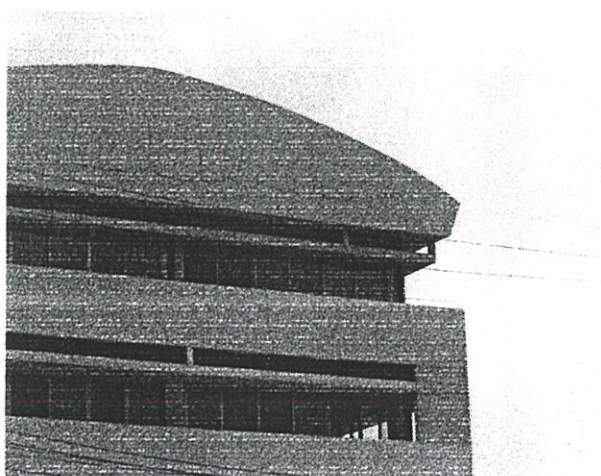
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบแสงสว่างทั้งหมดในอาคาร เท่ากับ 64,829 วัตต์ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 14.92 วัตต์/ม.2 ต่ำกว่ามาตรฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างในอาคาร ซึ่งกำหนดไว้อาคารที่กำหนดไว้ไม่เกิน 16 วัตต์/ม.2 แต่ค่าความสว่างของพื้นที่ทั่วไปค่อนข้างต่ำ มีค่าเพียง 155 – 380 ลักซ์ เท่านั้น

3.5 รูปแบบของหน้าต่างและการกันแดด

หน้าต่างสำหรับพื้นที่ทำงานส่วนใหญ่ เป็นหน้าต่างแบบบานเลื่อน วงกบและบานกรอบทำด้วยอลูมิเนียมสีบรอนซ์ ลูกรั้วกันแดด หนา 5 มม. ซึ่งรายละเอียดของหน้าต่างแสดงได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดข้อมูลของหน้าต่าง

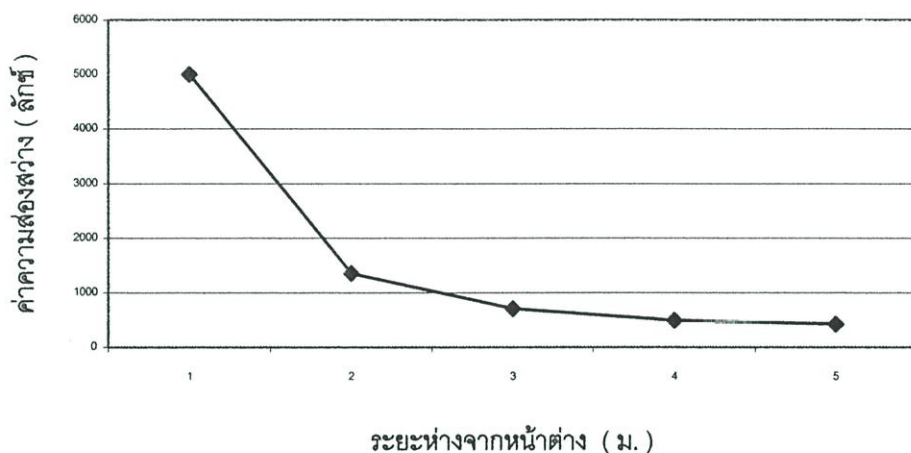
ทิศทาง	ชนิดหน้าต่าง	ชนิดกระจก / ความหนา	ค่า SC	พื้นที่หน้าต่าง (ตรม.)	พื้นที่ผนัง (ตรม.)	Window/wall ratio
เหนือ	บานเลื่อน	ใส / 5 มม.	0.95	152.4	303.6	1:2
ตะวันออก	บานเลื่อน	ใส / 5 มม.	0.95	180.0	452.0	1:2.5
ใต้	บานเลื่อน	ใส / 5 มม.	0.95	191.5	364.5	1:4
ตะวันตก	บานเลื่อน	ใส / 5 มม.	0.95	166.4	460.0	1:2.9



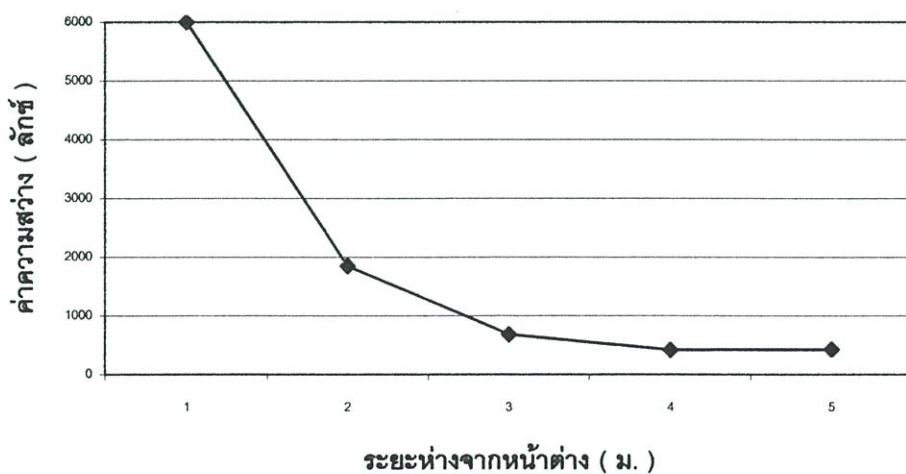
ภาพที่ 3.16 แสดงรูปแบบทั่วไปของหน้าต่างในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

จากการตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติอย่างเดียวในห้องตัวอย่าง บริเวณชั้น 3 ของอาคาร ในห้องอาหารพนักงาน ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องโล่ง ภายนอกอาคารไม่มีสิ่งกีดขวาง แสงธรรมชาติ หน้าต่างไม่มีมู่ลี่ปรับแสง ทำการตรวจวัดในเวลาเที่ยงวันของหน้าต่างทางทิศตะวันออกและตะวันตก ที่ระดับสูงจากพื้น 0.80 ม. จากการตรวจวัดที่ระยะห่างจากหน้าต่าง 5 เมตร ยังมีระดับความส่องสว่างประมาณ 500 ลักซ์ แต่บริเวณริมหน้าต่างจะมีระดับความส่องสว่างสูงมากเพราะมีระดับความส่องสว่างถึง 5,000 – 6,000 ลักซ์

ระดับความส่องสว่างที่ตรวจวัดได้ในห้องตัวอย่าง แสดงไว้ตามภาพที่ 3.17 , 3.18



ภาพที่ 3.17 แสดงค่าความส่องสว่างในอาคารจากแสงธรรมชาติของหน้าต่างด้านทิศตะวันออก

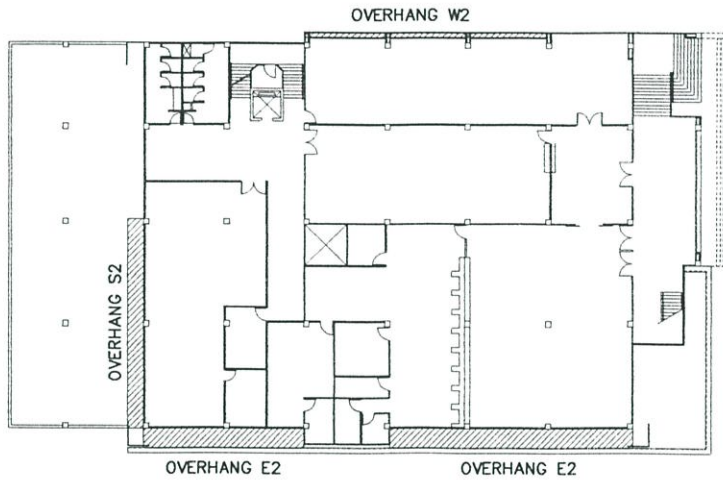


ภาพที่ 3.18 แสดงค่าความส่องสว่างในอาคารจากแสงธรรมชาติของหน้าต่างด้านทิศตะวันตก

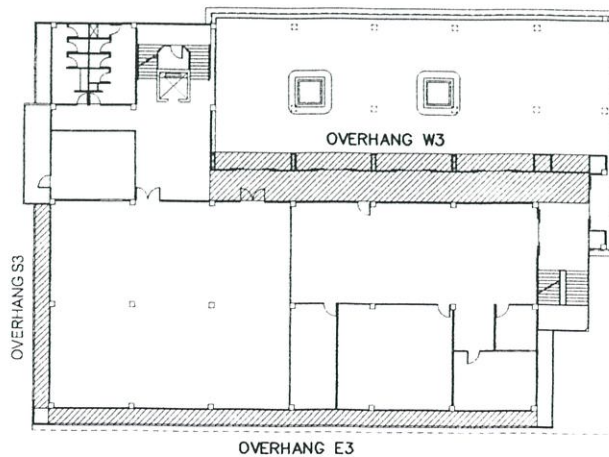
การตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดด

ด้วยการใช้เครื่องมือวัดมุมของเงา (Solar Shadow Angle Protractor) ตรวจสอบลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์กันแดดเดิม เพื่อตรวจสอบว่าช่วงเวลาใดบ้างที่แดดจะสามารถส่องเข้าไปในอาคาร ด้วยการพล็อตเงาที่เกิดขึ้นบนโซลาชาร์ต (Solar Chart) ช่วงเวลาที่อยู่นอกเงาจะแสดงถึงช่วงเวลาที่แสงแดดสามารถส่องเข้าไปในอาคารได้

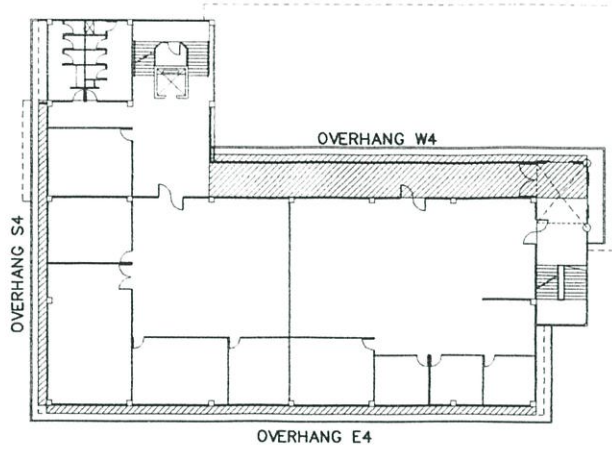
ตำแหน่งและรูปแบบของอุปกรณ์กันแดดชั้นต่างๆมีดังนี้



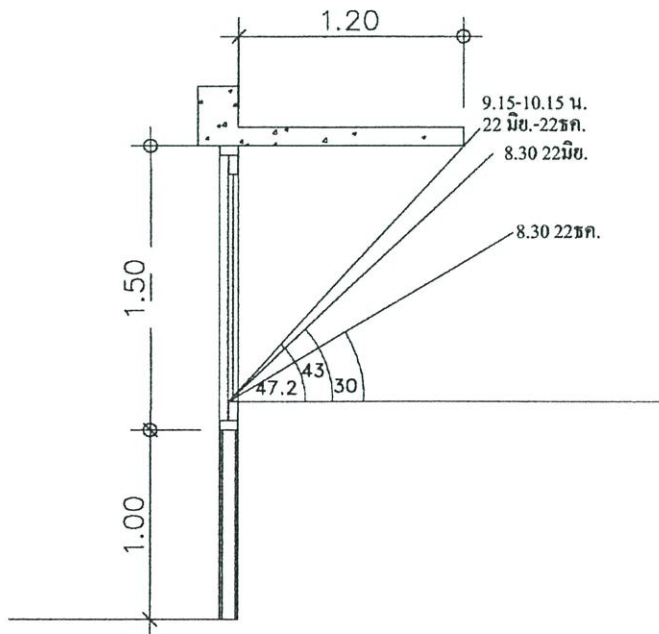
ภาพที่ 3.19 แสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 2



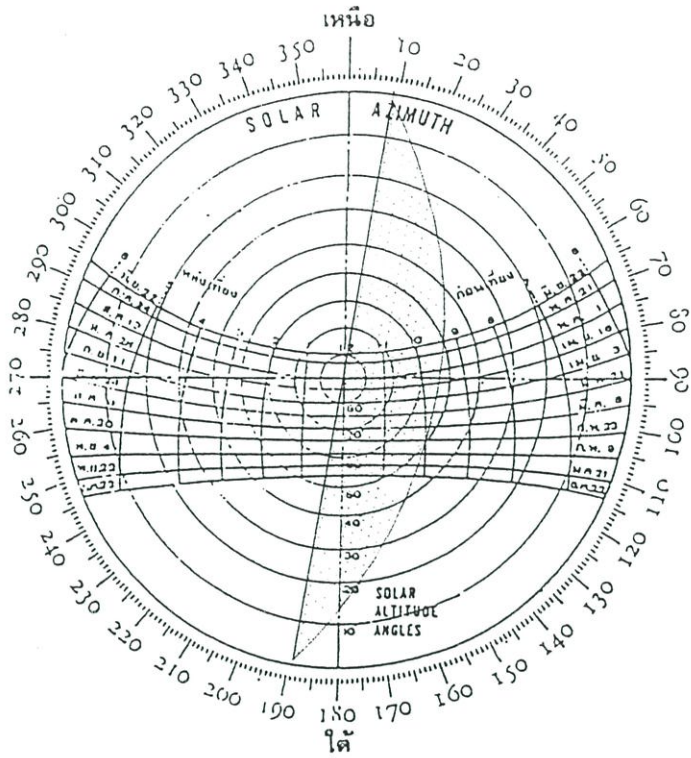
ภาพที่ 3.20 แสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 3



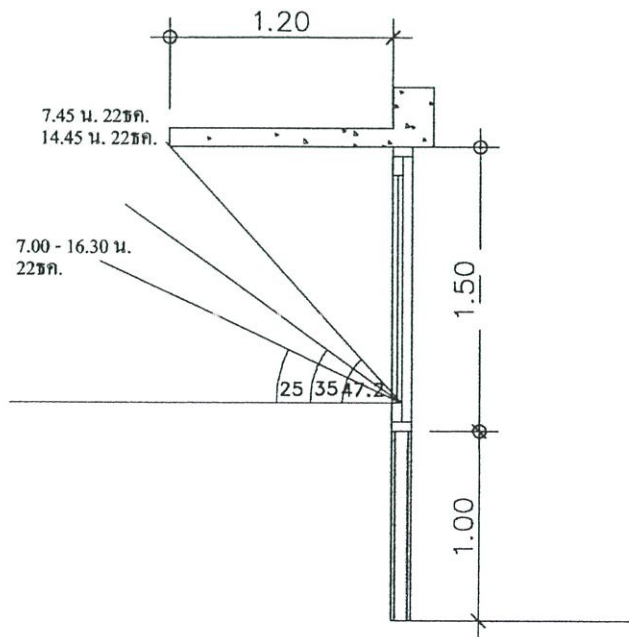
ภาพที่ 3.21 แสดงตำแหน่งของ อุปกรณ์กันแดด ชั้น 4



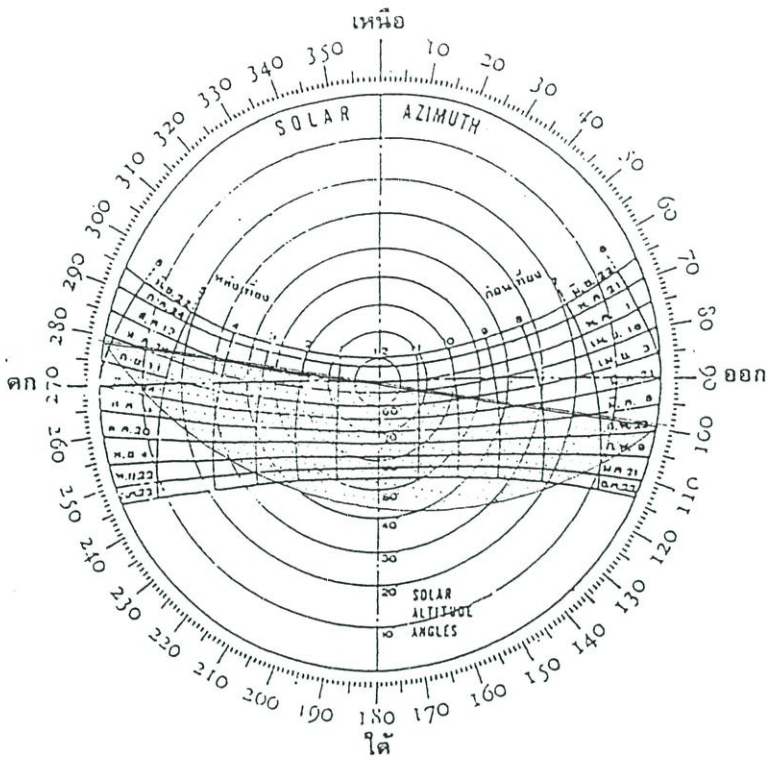
ภาพที่ 3.22 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 2 และมุมการกันแดด



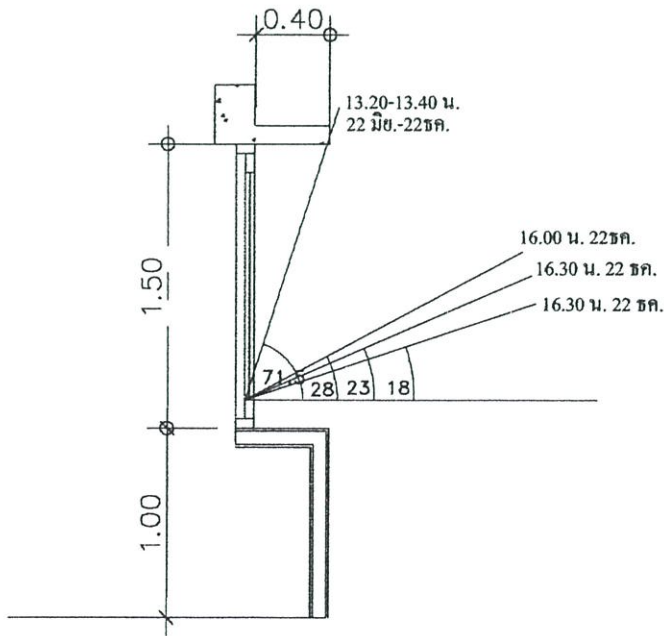
ภาพที่ 3.23 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด E2



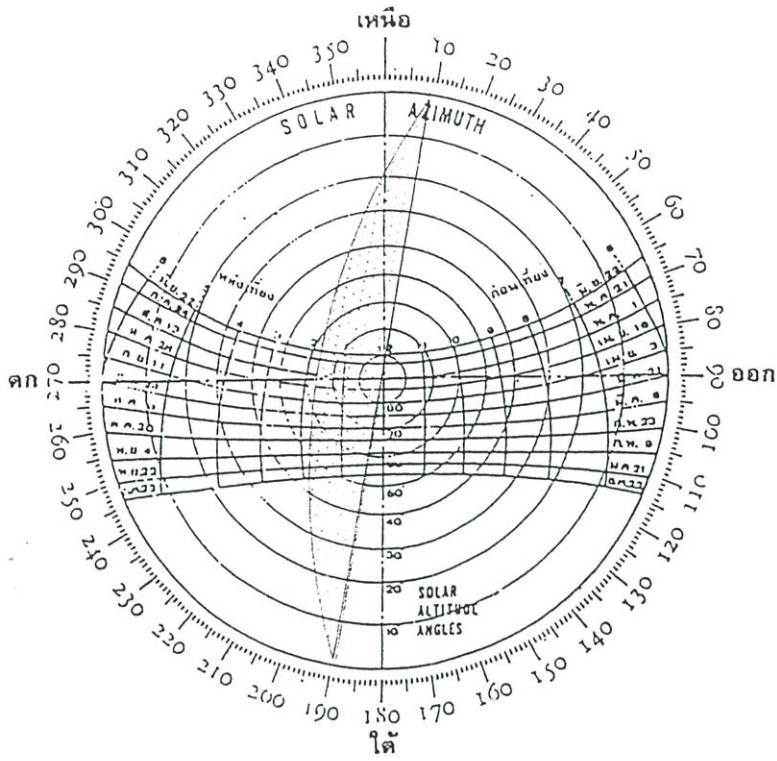
ภาพที่ 3.24 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S2 และมุมการกันแดด



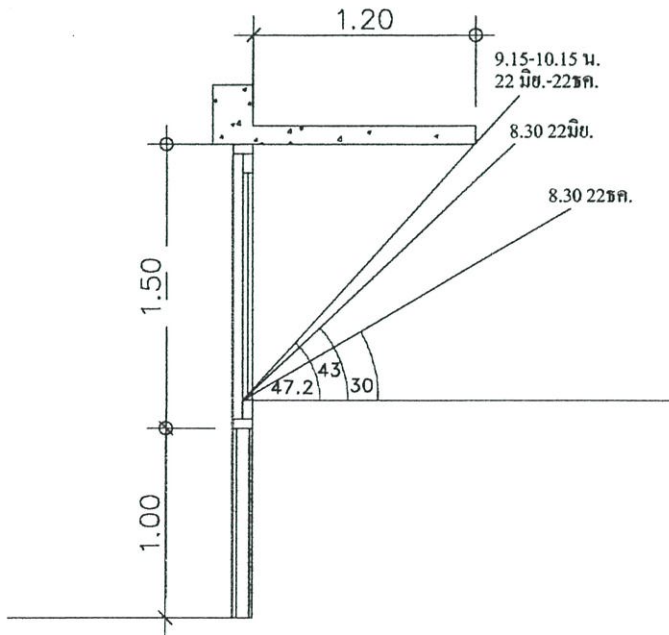
ภาพที่ 3.25 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด S 2



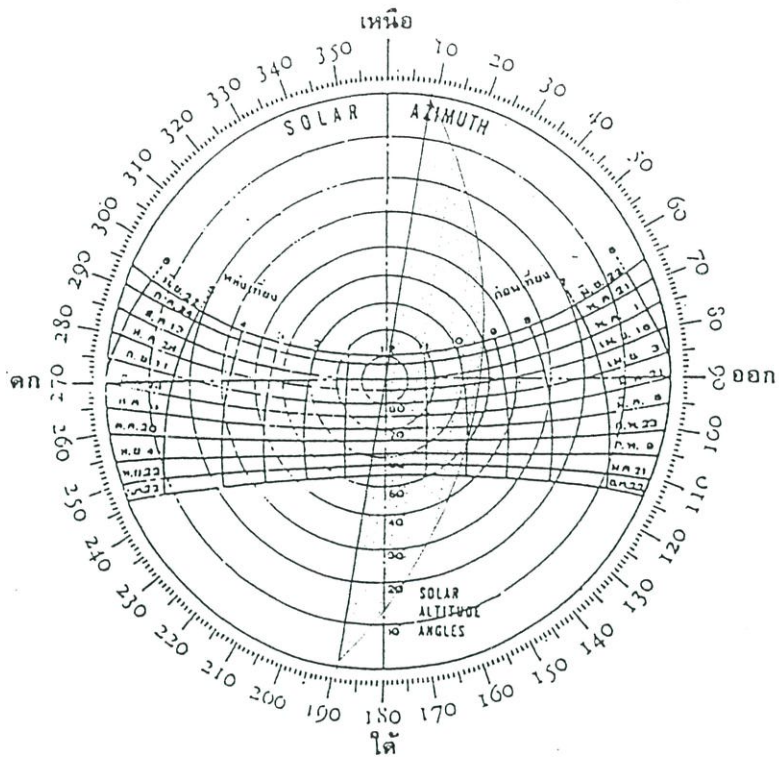
ภาพที่ 3.26 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด W 2 และมุมการกันแดด



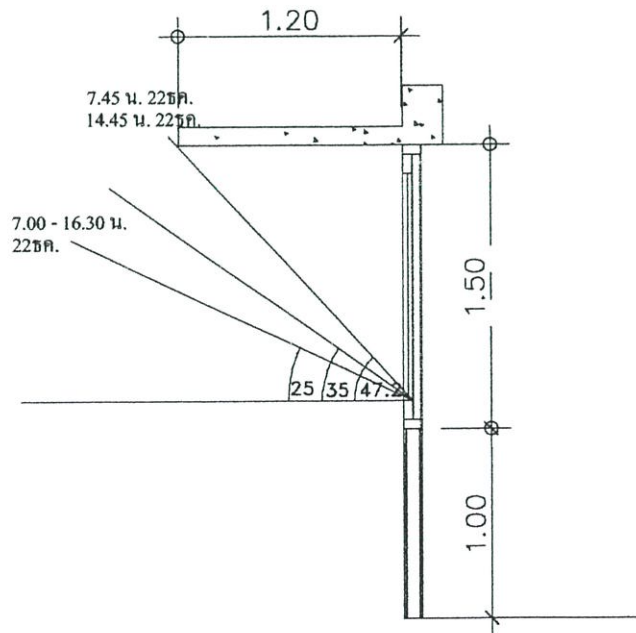
ภาพที่ 3.27 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 2



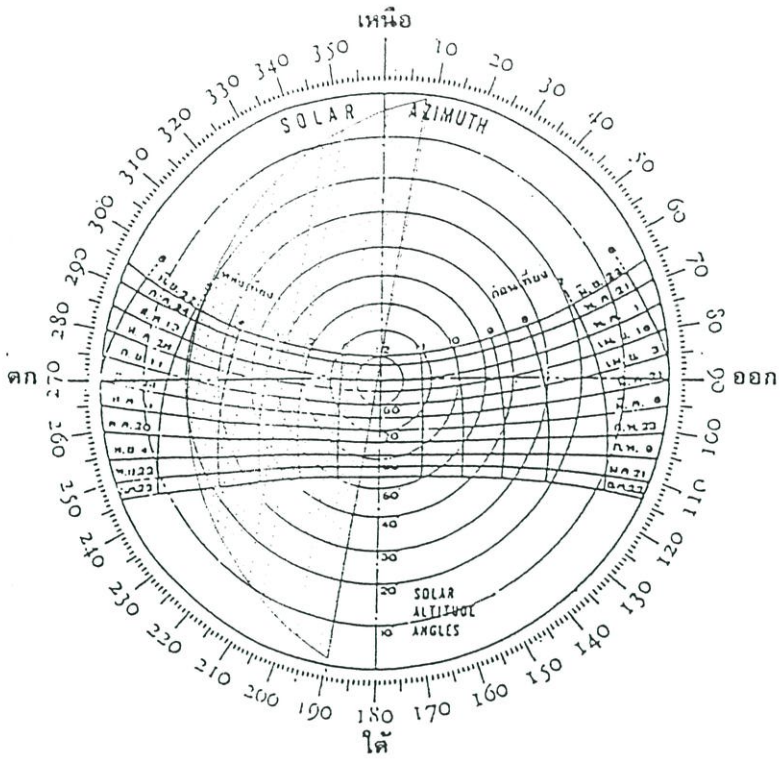
ภาพที่ 3.28 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 3 และมุมการกันแดด



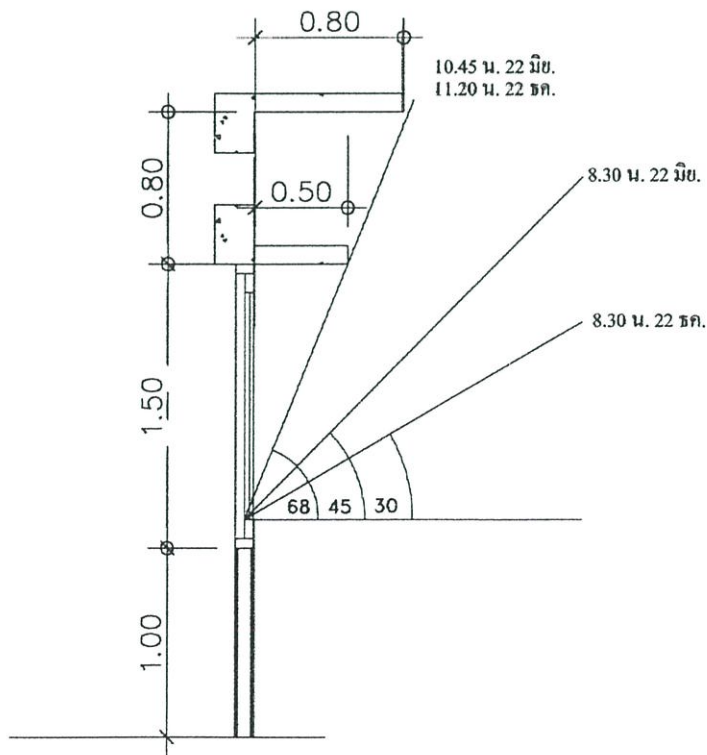
ภาพที่ 3.29 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด E 3



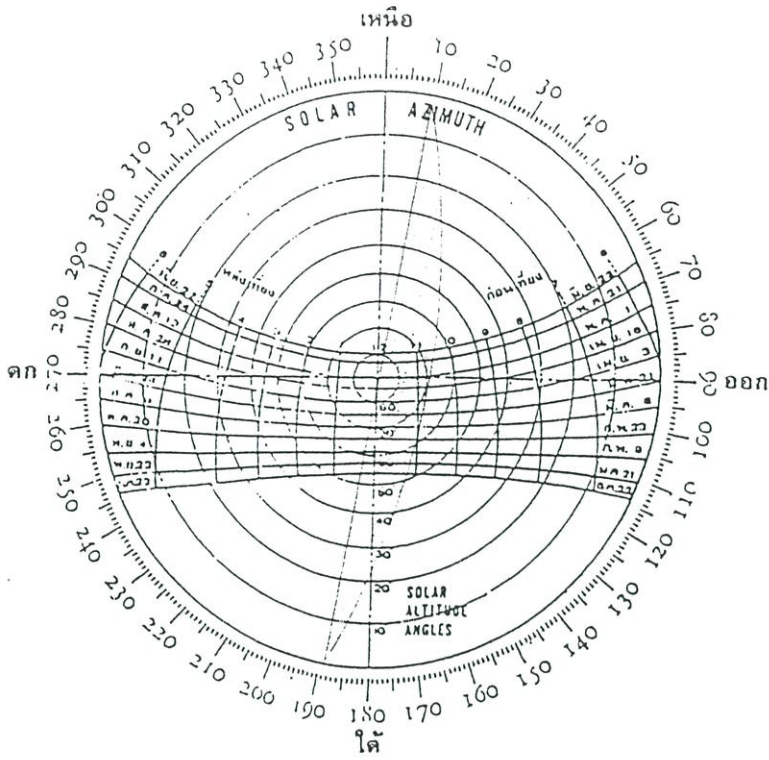
ภาพที่ 3.30 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S 3 และมุมการกันแดด



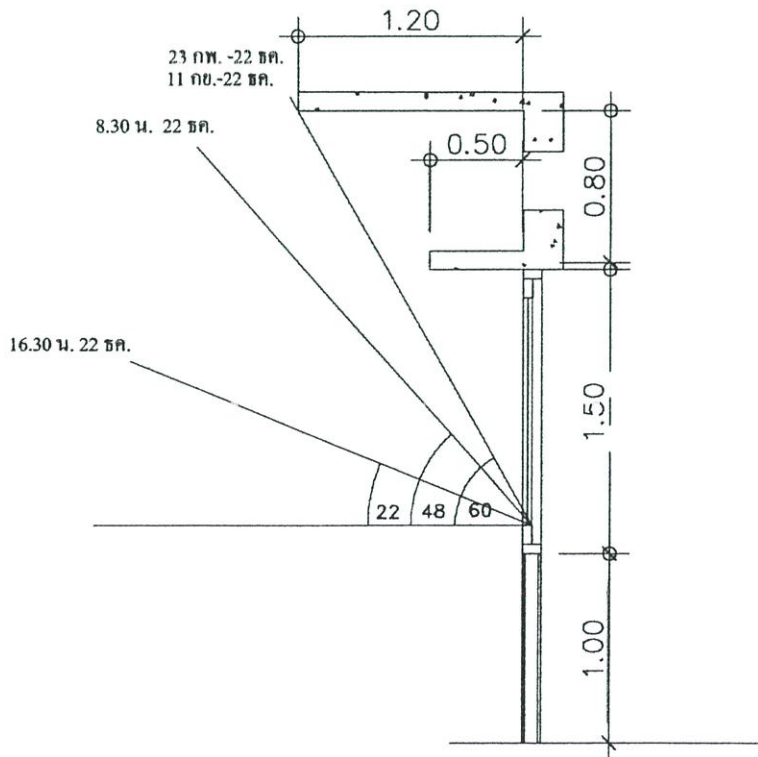
ภาพที่ 3.33 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 3



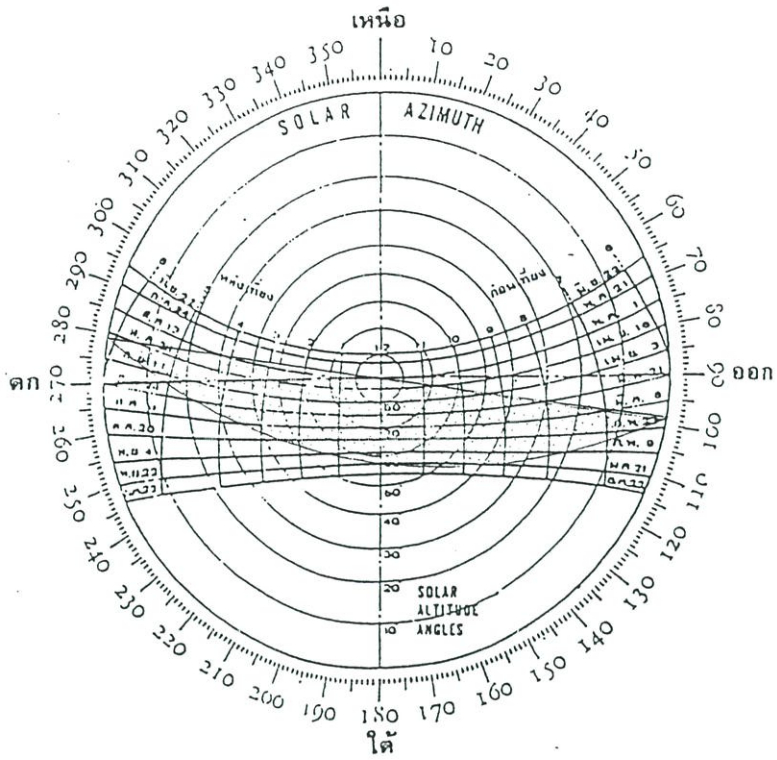
ภาพที่ 3.34 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด E 4 และมุมการกันแดด



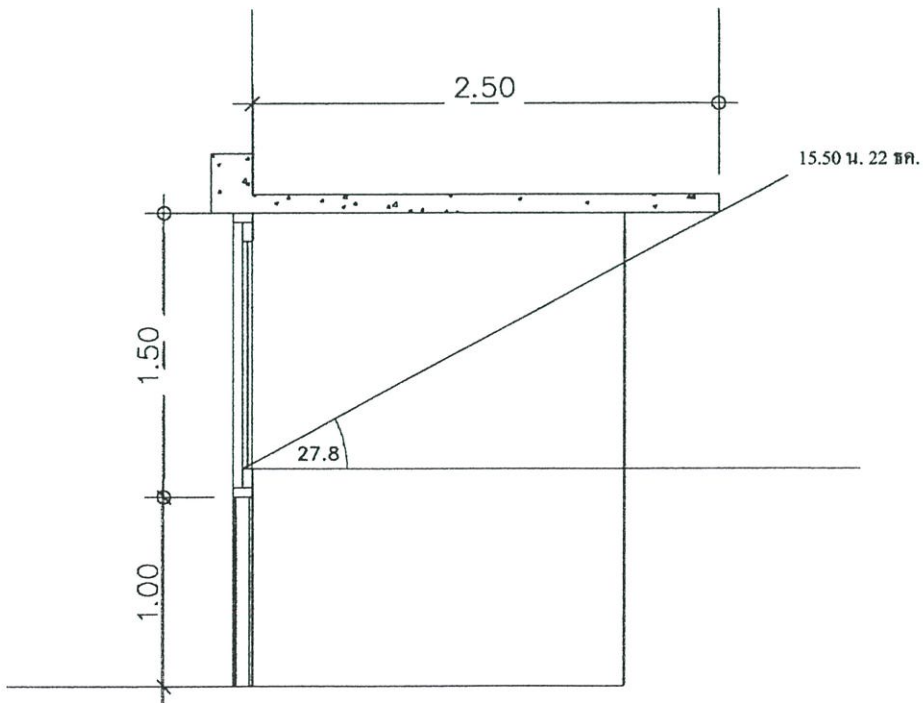
ภาพที่ 3.35 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด E 4



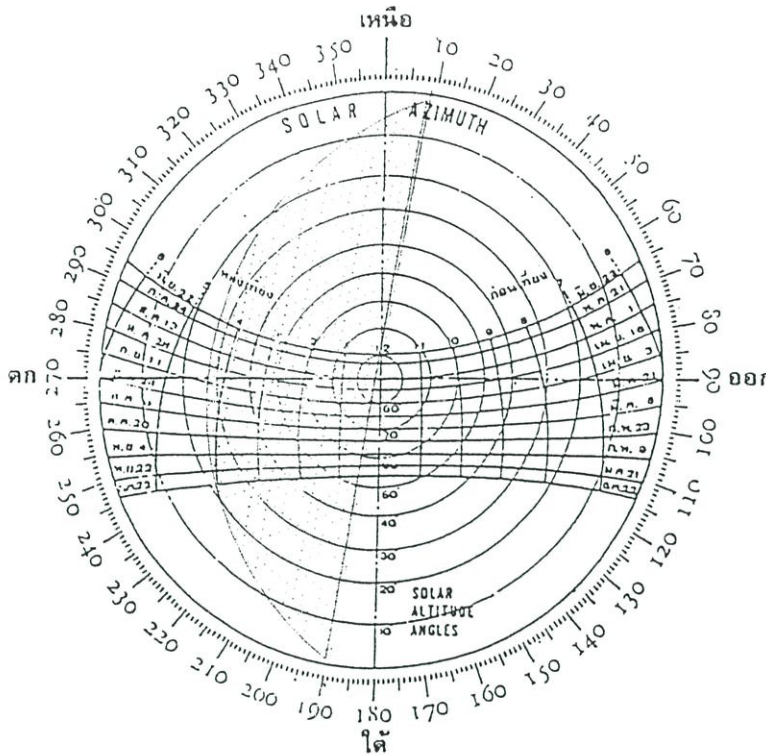
ภาพที่ 3.36 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด S 4 และมุมการกันแดด



ภาพที่ 3.37 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด S4



ภาพที่ 3.38 แสดงรูปแบบของ อุปกรณ์กันแดด W4 และมุมการกันแดด



ภาพที่ 3.39 แสดงเงาแดดของอุปกรณ์กันแดด W 4

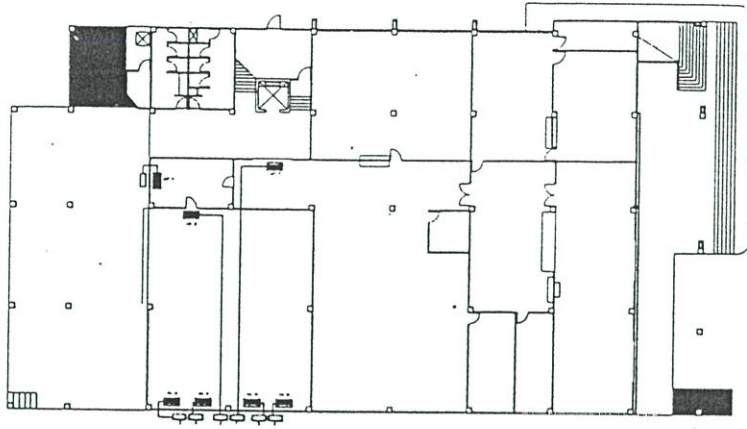
3.6 ระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศทั้งหมดในอาคารเป็นระบบแยกส่วน (Split type) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

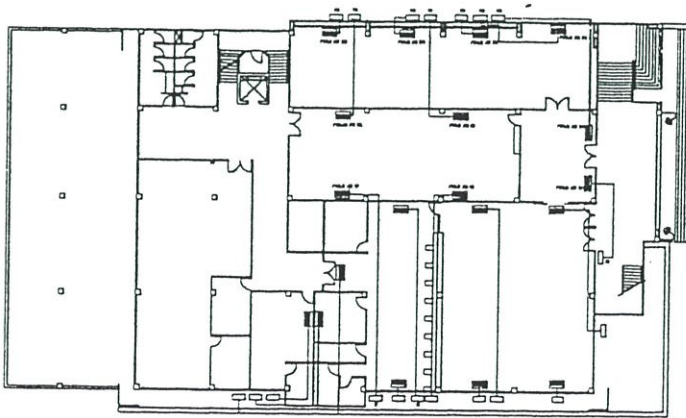
- ชุดระบายลมร้อนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled Condensing Unit)
- ชุดส่งลมเย็นแบบแขวนฝ้าเพดาน (Ceiling Type Fan-coil Unit)

จำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมดในอาคารมีจำนวน 49 ชุด คือมี ชุดระบายลมร้อน 49 เครื่อง แต่มีชุดส่งลมเย็น 51 เครื่อง เนื่องจากมีเครื่องปรับอากาศจำนวน 2 ชุด ที่ใช้ ชุดระบายลมร้อน 1 เครื่อง กับ ชุดส่งลมเย็น 2 เครื่อง

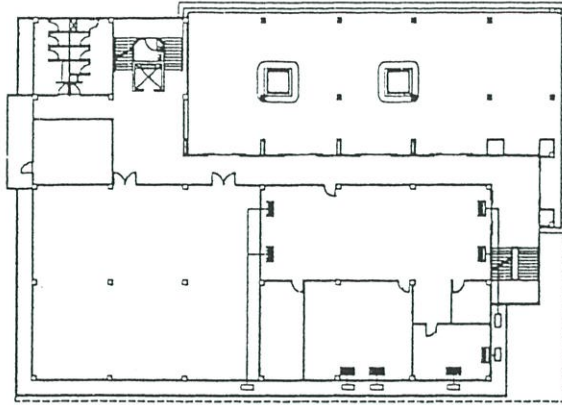
ผังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในแต่ละส่วนของอาคาร แสดงไว้ในภาพที่ 3.40 – 3.43



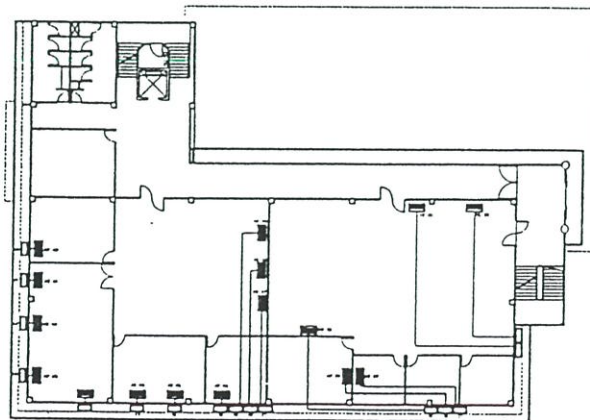
ภาพที่ 3.40 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1



ภาพที่ 3.41 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2



ภาพที่ 3.42 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3



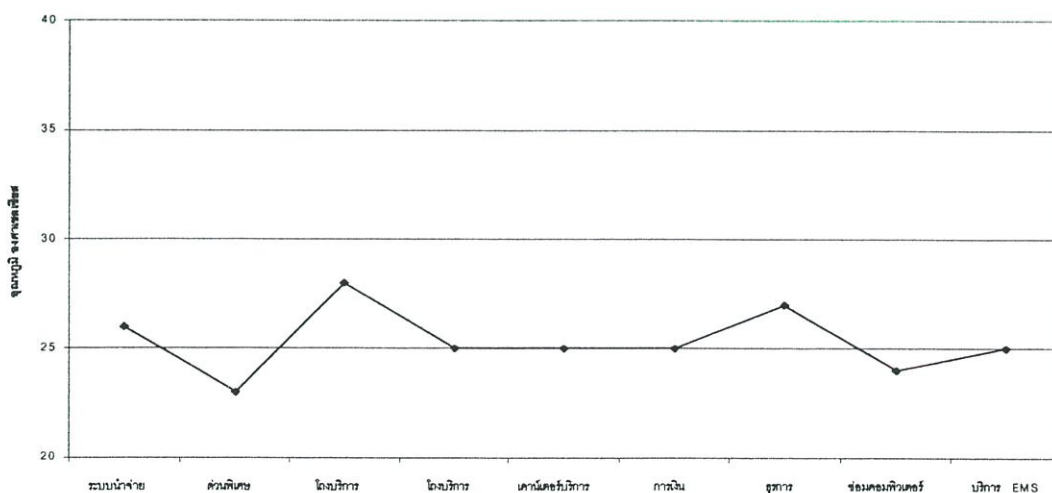
ภาพที่ 3.43 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4

ปริมาณการทำความเย็นรวมทั้งหมดของเครื่องปรับอากาศในอาคาร เท่ากับ 1,738,400 บีทียู และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศทั้งหมดเท่ากับ 167,465 วัตต์ โดยมีรายละเอียดแยกตามพื้นที่ดังนี้

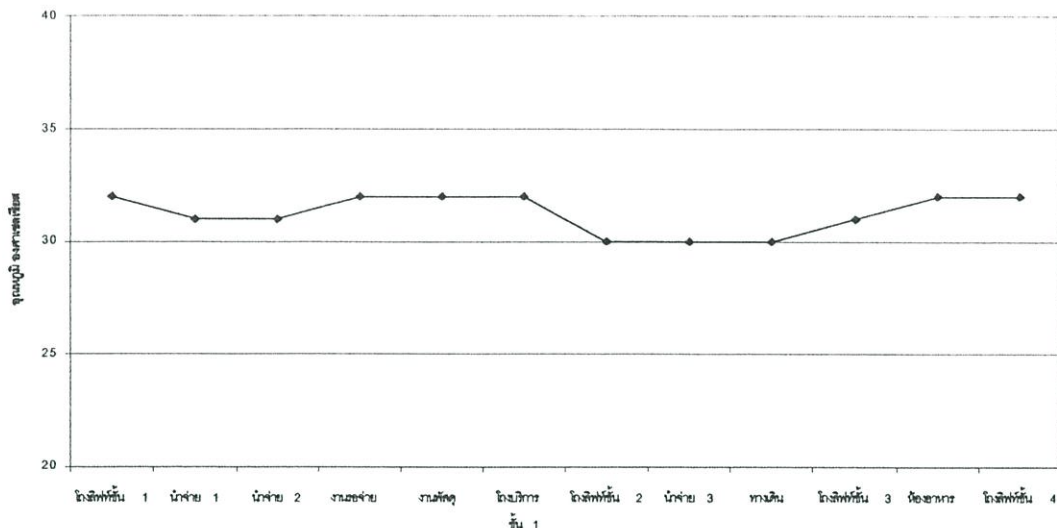
ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณการทำความเย็นรวมและปริมาณการใช้พลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ต่างๆ

พื้นที่ปรับอากาศ	ปริมาณการทำความเย็นรวม (BTU/h)	ปริมาณการใช้พลังงานรวม (watt)
แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก - ขาเข้า	231,000	28,446
งานปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์	194,300	18,820
แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ	206,600	20,120
แผนกบริการไปรษณีย์	281,900	28,870
แผนกการเงิน	38,900	3,820
แผนกธุรการ	175,300	11,180
ห้องประชุม	106,000	5,823
แผนกบริการลูกค้าอีเอ็มเอสระหว่างประเทศ	229,800	17,046
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์	274,600	33,340

จากการตรวจวัดสภาวะความสบายในอาคาร เพื่อพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานของพื้นที่ที่มีระบบปรับอากาศกับพื้นที่ที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ทำการตรวจวัดเมื่อวันที่ 16 - 17 พฤษภาคม 2544 เวลา 12.00 น แสดงไว้ตามภาพที่ 3.44 และ 3.45



ภาพที่ 3.44 แสดงระดับอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ



ภาพที่ 3.45 แสดงระดับอุณหภูมิในพื้นที่ไม่ปรับอากาศ

3.7 เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร

เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคารหมายถึงอุปกรณ์สำนักงาน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร และอุปกรณ์ทางด้านบริการไปรษณีย์ เช่น เครื่องชั่ง เครื่องพิมพ์ตรา นอกจากนั้นก็เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ ซึ่งมีทั้งของใช้ส่วนตัวและของส่วนกลาง เช่น เครื่องทำน้ำเย็น ตู้เย็น กาต้มน้ำร้อน โทรทัศน์ วิทยุ ซึ่งไม่รวมถึงอุปกรณ์อาคาร เช่น ลิฟท์ เครื่องสูบน้ำ

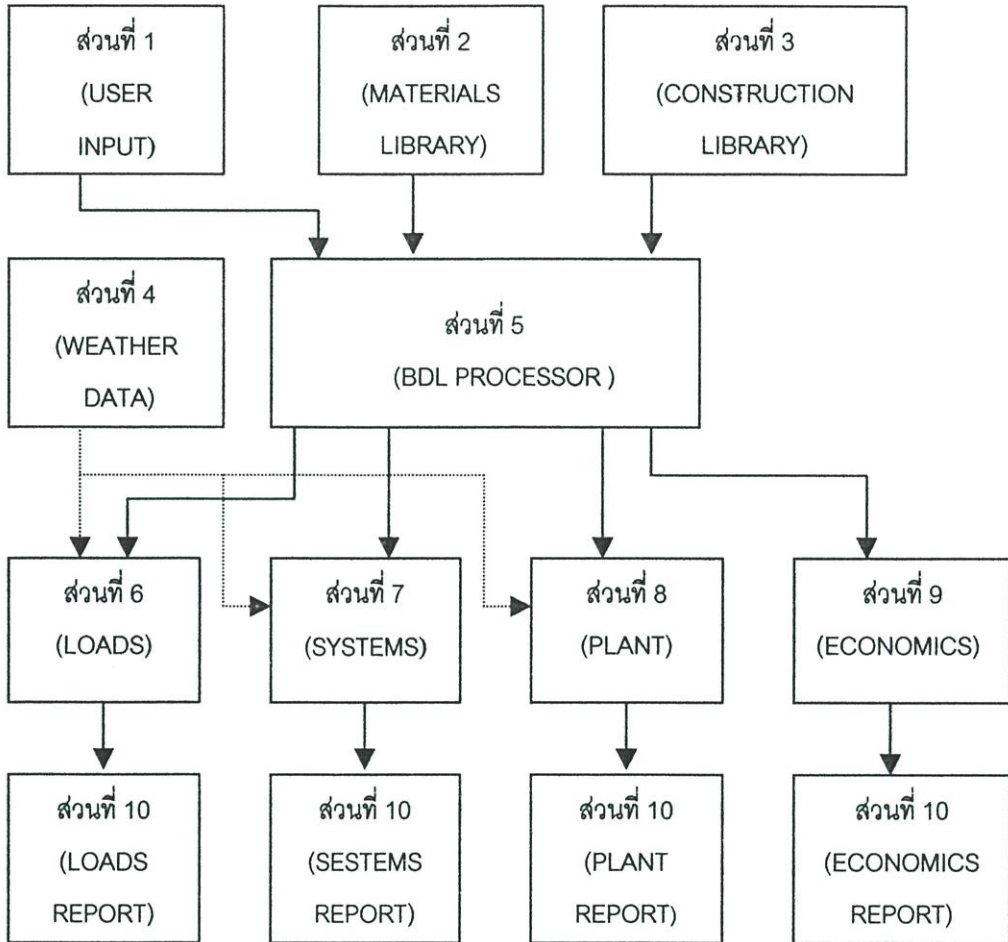
ปริมาณการใช้พลังงานสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารจากการสำรวจแยกเป็นอุปกรณ์ในส่วนปรับอากาศและในส่วนไม่ปรับอากาศ สรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในส่วนปรับอากาศ 19,131 วัตต์
- ปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในส่วนไม่ปรับอากาศ 1,576 วัตต์

บทที่ 4

การจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคาร

4.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคารของโปรแกรมโด 2.1 (DOE 2.1 D)



ภาพที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โด 2.1

การที่โปรแกรมโด 2.1 จะรับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปเพื่อใช้ในการจำลองสภาพอาคารนั้น จะต้องทำการป้อนข้อมูลในรูปแบบที่โปรแกรมเข้าใจได้ ซึ่งรูปแบบนี้เรียกว่าบิลดิงเดสคริปชัน แลงเกวจ (Building Description Language , BDL) โดยโปรแกรมจะแปลงข้อมูลผ่านส่วนที่เรียกว่าบีดีแอลโพรเซสเซอร์ (BDL Processor)

บีดีแอลมีลักษณะคล้ายกับประโยคในภาษาอังกฤษ ในชุดข้อมูลแต่ละชุดจะมีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วน คือ

- ส่วนเริ่มข้อมูล (Command หรือ Instruction)
- ส่วนของข้อมูล (Data)
- ส่วนการหยุดข้อมูล (Stop)

ตัวอย่างการป้อนข้อมูล เช่น การบอกช่วงเวลาทำการจำลองสภาพ

RUN PERIOD JAN 1 1985 THRU DEC 31 1985 ..

- เมื่อ RUN-PERIOD เป็นคำสั่งบอกให้ทราบว่าเป็นการบอกช่วงเวลาในการจำลองสภาพ
- เมื่อ JAN 1 1985 THRU DEC 31 1985 บอกช่วงเวลาที่กำหนดให้
- เครื่องหมาย .. คือคำสั่งสิ้นสุดชุดข้อมูลนี้

ในการป้อนข้อมูลต่าง ๆ นั้น ข้อมูลส่วนที่ยุ่งยากมากที่สุดคือ การอธิบายลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารให้โปรแกรมเข้าใจ ก่อนที่จะป้อนข้อมูลในส่วนนี้ต้องทำความเข้าใจก่อนว่าโปรแกรมไม่ได้ต้องการทราบรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมที่ครบถ้วนถูกต้องทุกส่วน โปรแกรมต้องการเพียงขอบเขตที่จำเป็นต้องใช้ในการจำลองสภาพการถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นผิวหรือพื้นที่ที่สนใจเท่านั้น เพื่อเป็นการลดจำนวนของข้อมูลและเวลาในการเตรียมข้อมูล การกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการจำลองสภาพนั้นไม่จำเป็นต้องกำหนดตามจำนวนห้องจริง แต่สามารถจะกำหนดห้องต่างๆรวมกันเป็นพื้นที่เดียวกันได้ โดยพิจารณาจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนในห้องต่างๆว่ามีลักษณะที่คล้ายคลึงกันหรือไม่ พื้นที่ที่แบ่งเป็นส่วนต่างๆเพื่อการจำลองสภาพนี้ โปรแกรมในส่วนที่ทำการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นหรือโปรแกรมส่วนของโหลด

(LOADS) จะเรียกพื้นที่นี้ว่าสเปซ (SPACE) แต่โปรแกรมในส่วนที่คำนวณขนาดของเครื่องปรับอากาศหรือส่วนของซิสเต็ม (SYSTEMS) จะเรียกพื้นที่เดียวกันนี้ว่าโซน (ZONE) โดยมีการกำหนดชื่อเรียกกำกับเป็นชื่อเดียวกัน

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณหาภาระการทำความเย็น

โปรแกรมจะคำนวณหาภาระการทำความเย็น โดยแบ่งภาระออกเป็นสองส่วนคือ

- ก. ภาระการทำความเย็นจากภายนอก มีผลมาจาก
 - การนำความร้อนผ่านทางผนังภายนอก

- การนำความร้อนผ่านทางกระจก
 - การรั่วซึมของอากาศผ่านทางหน้าต่างและผนัง
 - การแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจก
- ข. ภาระการทำความร้อนจากภายใน มีผลมาจาก
- จำนวนผู้ใช้อาคาร
 - ประเภทของดวงโคมในอาคาร
 - จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร

การคำนวณภาระการทำความร้อน จะถือว่าไม่มีอุปกรณ์ใดๆของระบบปรับอากาศทำงานอยู่ และอุณหภูมิภายในพื้นที่ที่ศึกษานั้นเป็นอุณหภูมิคงที่ตามที่ต้องการ ดังนั้นภาระการทำความร้อนที่คำนวณได้จึงเป็นค่าการใช้พลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่โดยไม่มีผลกระทบจากการระบายอากาศอีกด้วย

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณภาระการทำความร้อนคือ

- ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของอาคาร (Building Latitude , Building Longitude)
- ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (Building Altitude)
- เขตเวลา (Building Location Time-zone)
- ทิศทางการวางอาคาร (Building Orientation)
- อุณหภูมิกระเปาะแห้งรายชั่วโมง (Hourly Ambient Dry-bulb Temperature)
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกรายชั่วโมง (Hourly Ambient Wet-bulb Temperature)
- ระดับความกดอากาศรายชั่วโมง (Hourly Atmospheric Pressure)
- ความเร็วลมรายชั่วโมง (Hourly Wind Speed)
- ทิศทางลมรายชั่วโมง (Hourly Wind Direction)
- ปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์รายชั่วโมง (Hourly Insolation)
- ตารางการใช้งานของผู้ใช้อาคาร (Schedule for Occupants)
- ตารางการใช้งานของดวงโคมไฟฟ้า (Schedule for Lighting)
- ตารางการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า (Schedule for Equipment)
- อัตราการรั่วซึมของอากาศรายชั่วโมง (Hourly Infiltration Rate)
- ขนาดของพื้นผิวภายนอกอาคาร,ภายในอาคาร,พื้นผิวใต้ดิน (Size of Exterior , Interior , Underground Surfaces)
- วัสดุก่อสร้างของพื้นผิวภายนอก,ภายในอาคาร,พื้นผิวใต้ดิน (Construction of Exterior , Interior , Underground Surfaces)
- ตำแหน่งของพื้นผิวภายนอก,ภายในอาคาร,พื้นผิวใต้ดิน

(Position of Exterior , Interior , Underground Surfaces)

4.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

4.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็นในโปรแกรม โด 2.1 ส่วนของโหลด (LOADS)

4.3.1.1 ช่วงเวลาที่ต้องการจำลองสภาพอาคาร อาจจะเป็นในรอบ 1 วัน , 1 อาทิตย์ , 1 เดือน หรือ 1 ปี ก็ได้ ในการป้อนข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบคือ

RUN PERIOD JAN 1 1985 THRU DEC 31 1985 ..

บอกให้รู้ว่าทำการจำลองสภาพในช่วงวันที่ 1 มกราคม คศ.1985 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม คศ. 1985 เนื่องจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในรูปแบบที่โปรแกรมต้องการนั้น เป็นข้อมูลของปี คศ.1985 ดังนั้นในการจำลองสภาพอาคารจึงต้องกำหนดรอบการคำนวณไว้ในปีนั้น

4.3.1.2 ตำแหน่งของอาคาร คือตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ , ทิศทางการวางอาคารและพื้นที่ใช้งานของอาคาร ในการป้อนข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบคือ

BUILDING-LOCATION
 LATITUDE=13.44 LONGITUDE=-100.06
 ALTITUDE=2.02 TIME-ZONE=-7
 GROSS-AREA=4228.55 AZIMUTH=180 ..

4.3.1.3 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุก่อสร้าง รวมทั้งคุณสมบัติต่างๆของกระจกที่ใช้ในอาคาร ตัวอย่าง เช่น

MATERIALS
 BRICK=MATERIAL THICKNESS=0.07 CONDUCTION=1.211
 DENSITY=1872 SPECIFIC HEAT=800 ..
 AIRGAP-1=MATERIAL RESISTANCE=0.174 ..
 C-GLASS=GLASSTYPE PANES=1
 SHADING COEFFICIENT=0.95
 GLASS CONDUCTANCE=8.3466 ..

4.3.1.4 รายละเอียดการจัดลำดับชั้นของวัสดุในการก่อสร้างพื้นผิวต่างๆ

ตัวอย่าง เช่น

LAY-1= LAYERS MATERIAL=(PLASTER,BRICK,PLASTER)
THICKNESS=(0.015,0.07,0.015)
INSIDE-FILM-RESISTANCE=0.12 ..

ค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก โปรแกรมจะคำนวณเอง ขึ้นอยู่กับค่าความหนาของพื้นผิวภายนอกและความเร็วลม

4.3.1.5 รายละเอียดวิธีการก่อสร้างของพื้นผิวต่างๆรวมทั้งประตูที่ไม่ใช่กระจกการกำหนดวิธีก่อสร้างจะอ้างถึงชั้นของวัสดุที่กำหนดไว้ในคำสั่ง เลเยอร์ (Layer) และต้องกำหนดค่าการดูดกลืนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์พร้อมทั้งค่าความหนาของผิวภายนอก ตัวอย่าง เช่น

WALL-1= CONSTRUCTONS
LAYER=LAY-1 ABSORBTANCE=0.65 ROUGHNESS=3 ..

4.3.1.6 รายละเอียดของอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคาร บอกถึงขนาดและทิศทางของอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคาร ตัวอย่าง เช่น

SH-1E = BUILDING SHADE
H=1.5 W=54 X=-1.5 Y=48.5 Z=4.4
TRANSMITTANCE=0 TILT=0 AZIMUTH=270 ..

4.3.1.7 การบอกสัดส่วนของผู้ใช้อาคารในช่วงเวลาต่างๆ ของอาคาร โดยสัดส่วนนี้จะนำไปคูณกับกับจำนวนผู้ใช้อาคารที่กำหนดไว้เพื่อบอกถึงปริมาณผู้ใช้อาคารในเวลาต่างๆ การกำหนดค่านี้จะต้องกำหนดทั้งรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือนและรายปี ซึ่งจะมีการอ้างอิงถึงกันเป็นลำดับ ตัวอย่าง เช่น

OCC-SC-6=DAY-SCHEDULE
(1,24) (0,0,0,0,0,.3,.3,.3,.8,.9,1,1,.7,.7,.7,.3,.3,.1,0,0,0,0,0) ..

ชุดข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ตารางการใช้งานรายวัน ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนับตั้งแต่เวลา 1 นาฬิกา นั้น ในช่วงเวลา 1 นาฬิกา-5 นาฬิกา และ 19 นาฬิกา-24 นาฬิกา นั้น ไม่มีผู้ใช้อาคารเลย

4.3.1.8 การบอกสัดส่วนการรั่วซึมของอากาศในช่วงเวลาต่างๆ ของอาคาร โดยสัดส่วนนี้จะนำไปคูณกับปริมาณการรั่วซึมของอากาศที่กำหนดให้สำหรับพื้นที่นั้นๆ เพื่อบอกถึงปริมาณการรั่วซึมของอากาศที่เข้ามาในอาคารเวลาต่างๆ การกำหนดค่านี้จะต้องกำหนดทั้งรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือนและรายปี ซึ่งจะมีการอ้างอิงถึงกันเป็นลำดับ ตัวอย่าง เช่น

INFIL-SC= DAY-SCHEDULE (1,24) (1) ..

ชุดข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนั้น กำหนดให้ค่าการรั่วซึมของอากาศเป็นค่าคงที่ตลอดเวลาหรือมีการรั่วซึมของอากาศเท่ากันทุกช่วงเวลา

4.3.1.9 การบอกสัดส่วนของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลาต่างๆ ของอาคารโดยสัดส่วนนี้จะนำไปคูณกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างที่กำหนดไว้เพื่อบอกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างในเวลาต่างๆ การกำหนดค่านี้จะต้องกำหนดทั้งรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือนและรายปี ซึ่งจะมีการอ้างอิงถึงกันเป็นลำดับ ตัวอย่าง เช่น

LI-SC-6= DAY-SCHEDULE
(1,24) (0,0,0,0,0,.5,.5,1,1,1,1,1,1,1,1,.8,.8,5,0,0,0,0) ..

ชุดข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ตารางการใช้งานรายวัน ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนับตั้งแต่เวลา 1 นาฬิกา นั้น ในช่วงเวลา 1 นาฬิกา-5 นาฬิกา และ 20 นาฬิกา-24 นาฬิกา นั้น ไม่มีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเลย

4.3.1.10 การบอกสัดส่วนของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของอาคาร โดยสัดส่วนนี้จะนำไปคูณกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กำหนดไว้เพื่อบอกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าช่วงเวลาต่างๆ การกำหนดค่านี้จะต้องกำหนดทั้งรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือนและรายปี ซึ่งจะมีการอ้างอิงถึงกันเป็นลำดับ ตัวอย่าง เช่น

EQ-SC-6=DAY-SCHEDULE (1,24)
(0,0,0,0,0,0,.5,.5,1,1,1,1,1,1,.5,.5,0,0,0,0) ..

ชุดข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ตารางการใช้งานรายวัน ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนับตั้งแต่เวลา 1 นาฬิกา นั้น ในช่วงเวลา 1 นาฬิกา-6 นาฬิกาและ 20 นาฬิกา-24 นาฬิกา นั้น ไม่มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเลย

4.3.1.11 ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งมีผลต่อภาระการทำความร้อน ข้อมูลจะเกี่ยวกับจำนวนผู้ใช้ , ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง , เครื่องใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ และการรั่วซึมของอากาศ

```

OFF-AC-1= SPACE CONDITIONS
TEMPERATURE=(25) PEOPLE-HEAT-GAIN=130
NUMBER-OF-PEOPLE=24 PEOPLE-SCHEDULE=SCH-3
LIGHTING- SCHEDULE =L-3 LIGHTING -KW=4.606
EQUIPMENT- SCHEDULE =EQ-3 EQUIPMENT-KW=0.5
INFILTRATION- SCHEDULE =INFIL-1
INFILTRATION -METHOD=AIR-CHANGE
INFILTRATION -CFM=0.1 ZONE-TYPE=CONDITIONED
LIGHTING-TYPE=RECESSED-FLUORESCENT-NOT VENTED ..

```

4.3.1.12 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางกายภาพของพื้นที่ที่ศึกษา คือขนาดพื้นที่ใช้สอย , ปริมาตร , ตำแหน่งของพื้นที่ในอาคาร , ตำแหน่งของพื้นผิวทุกส่วนที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและข้อมูลทางสภาพแวดล้อมภายในที่กำหนดไว้แล้ว

```

SPACE & SURFACE
ZONE-OFF-AC-1=SPACE AREA=212 VOLUMN=636
X=0 Y=24 Z=1.2
AZ=0 SPACE-CONDITIONS =OFF-AC-1 ..

CEIL-1A=INTERIOR-WALL
H=6.5 W=18.75 CONSTRUCTION=SLAB-2
TILT=0 X=18.75 Y=12.5 Z=3
NEXT-TO=ZONE-OFF-4 ..

```

4.3.1.13 การบอกสัดส่วนของการใช้อุปกรณ์ประจำอาคาร เช่น ลิฟท์ , เครื่องสูบน้ำ , เครื่องทำน้ำร้อน ในช่วงเวลาต่างๆ ของอาคาร โดยสัดส่วนนี้จะนำไปคูณกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่กำหนดไว้แล้ว เพื่อบอกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์เหล่านี้ในเวลาต่างๆ การกำหนดค่านี้จะต้องกำหนดทั้งรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือนและรายปี ซึ่งจะมีการอ้างอิงถึงกันเป็นลำดับ ตัวอย่าง เช่น

ตารางการทำงานนี้บอกให้รู้ว่า ในรอบ 24 ชั่วโมง ได้ตั้งอุณหภูมิของระบบปรับอากาศตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 17.00 น. ไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

4.3.2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพการปรับอากาศในพื้นที่ที่ศึกษา เช่น เป็นพื้นที่ปรับอากาศหรือไม่ , วิธีการควบคุมการปรับอากาศ

```

ZONE DESCRIPTION
ZONE-OFF-AC-1=ZONE ZONE-TYPE=CONDITIONED
ZONE-CONTROL=AC1-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

```

4.3.2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับระบบปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่ศึกษา

```

SYSTEM DESCRIPTION
SYS-AC-1=SYSTEM
SYSTEM-TYPE=RESYS ZONE-NAME=(ZONE-OFF-AC-1)
MAX-SET-TEMPERATURE=24
MIN-SET-TEMPERATURE =18
COOLING CAPACITY=67742          COOLING EIR=0.42
COOLING-SCHEDULE=SCH-AC1 ..

```

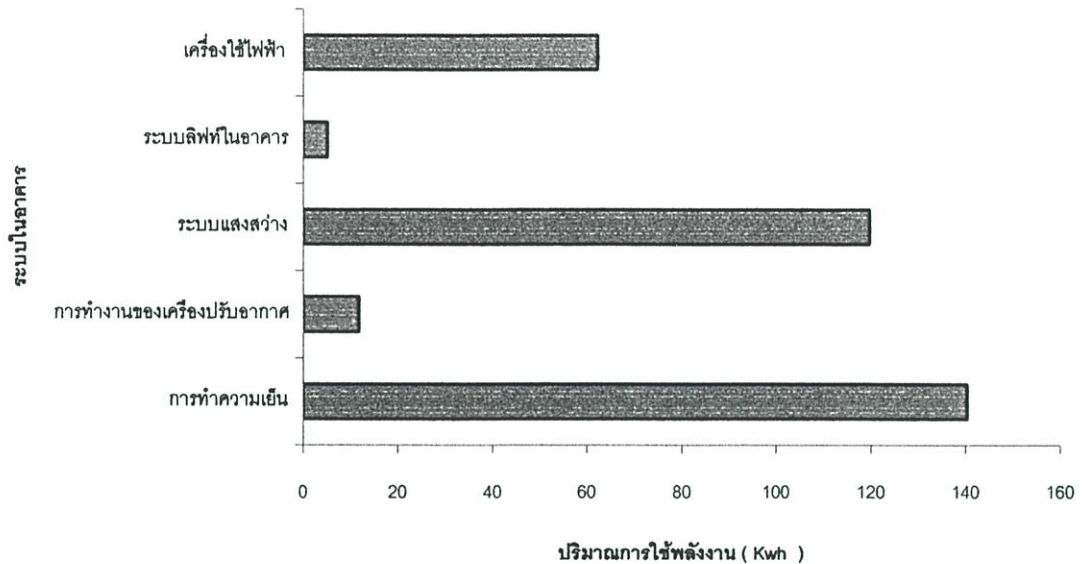
4.4 บัญชีการใช้พลังงานจากการจำลองสภาพอาคาร

เนื่องจากระบบการจ่ายไฟฟ้าในอาคารเป็นระบบรวม คือรับไฟฟ้าแรงสูงผ่านหม้อแปลงเข้าสู่อาคารแล้วจ่ายผ่านมาตรวัดกระแสไฟฟ้าแยกตามพื้นที่ต่างๆ แต่ไม่ได้แยกระบบการจ่ายไฟฟ้าออกจากกันระหว่างระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง ดังนั้นจึงไม่สามารถตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างได้โดยตรง การตรวจสอบบัญชีการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงต้องอาศัยการจำลองสภาพจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แทน

ในการจำลองสภาพของโปรแกรม โด 2.1 จำแนกการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

- การทำความเย็น	145.46	เมกกะวัตต์
- การทำงานของเครื่องปรับอากาศ	12.24	เมกกะวัตต์
- ระบบแสงสว่าง	119.69	เมกกะวัตต์

- ระบบลิฟท์ในอาคาร	5.14	เมกกะวัตต์
- เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร	62.22	เมกกะวัตต์
รวม	344.74	เมกกะวัตต์



ภาพที่ 4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา

การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็น มีสัดส่วนสูงสุดคือ 42 % เมื่อรวมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ อีก 4 % ดังนั้นการใช้พลังงานทั้งหมดของระบบปรับอากาศจึงรวมกันถึง 46 % หรือเกือบครึ่งหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างมีสัดส่วนถึง 35 % สูงรองลงมาจากระบบปรับอากาศ ดังนั้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงต้องพิจารณาถึงการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเป็นอันดับแรก และระบบแสงสว่างเป็นอันดับรองลงมา

4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

การปรับอากาศในเขตร้อนชื้น มีจุดประสงค์เพื่อลดความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงในอากาศเพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้ใช้อาคาร ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงโดยตรง ซึ่งความร้อนทั้งสองชนิดนี้ในการปรับอากาศจะเรียกว่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load)

ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของปีจะมีปริมาณไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ จากการใช้โปรแกรม โด 2.1 จำลองภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นรายเดือนได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นและปริมาณการใช้พลังงานรายเดือน

เดือน	ภาระการทำความเย็น (KBTU/H)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (MWH)
มกราคม	140.52	29.400
กุมภาพันธ์	145.36	26.597
มีนาคม	174.81	30.357
เมษายน	173.08	31.280
พฤษภาคม	163.01	30.408
มิถุนายน	148.46	27.778
กรกฎาคม	147.15	29.509
สิงหาคม	158.34	30.279
กันยายน	137.62	26.809
ตุลาคม	135.28	29.032
พฤศจิกายน	132.85	26.108
ธันวาคม	126.89	27.272

ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นประจำ (Annual Cooling Load) คือภาระที่เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานในการกำจัดออกไป หากมีปริมาณภาระการทำความเย็นสูง ย่อมทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากขึ้น หากลดปริมาณภาระการทำความเย็นลงได้จะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้โดยตรง

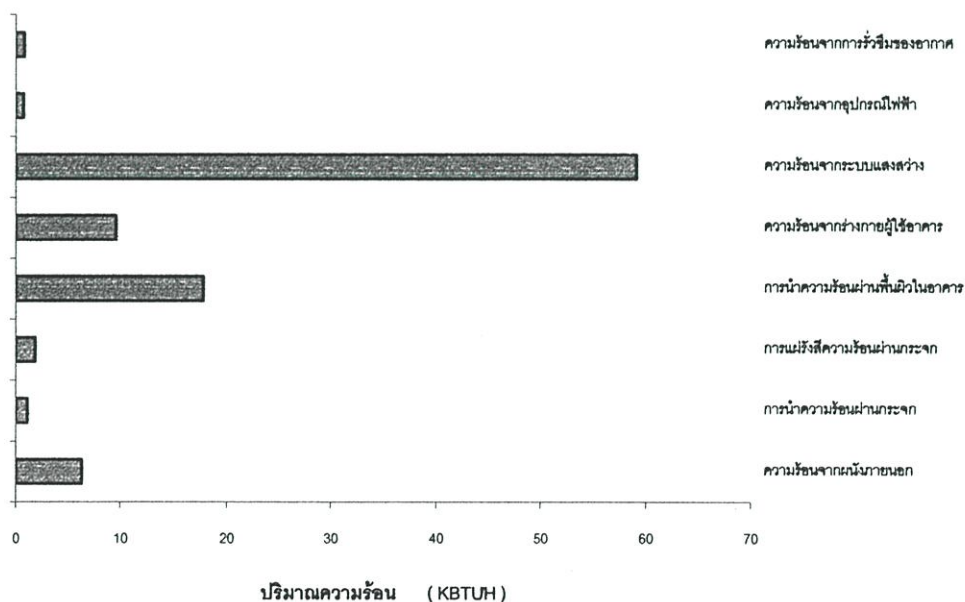
นอกจากนั้นยังมีภาระการทำความเย็นอีกชนิดหนึ่งคือ ภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ภาระการทำความเย็นสูงสุดนี้จะเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบว่า ณ วัน เวลาใดที่อาคารจะมีการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศสูงสุดในอาคาร แต่ปริมาณของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศแต่ละพื้นที่นั้นจะเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ซึ่งจะต้องคำนวณแยกแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่นั้นๆ ภาระการทำความเย็นสูงสุดของแต่ละพื้นที่ ที่โปรแกรม โด 2.1 คำนวณได้ มีดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆของอาคาร

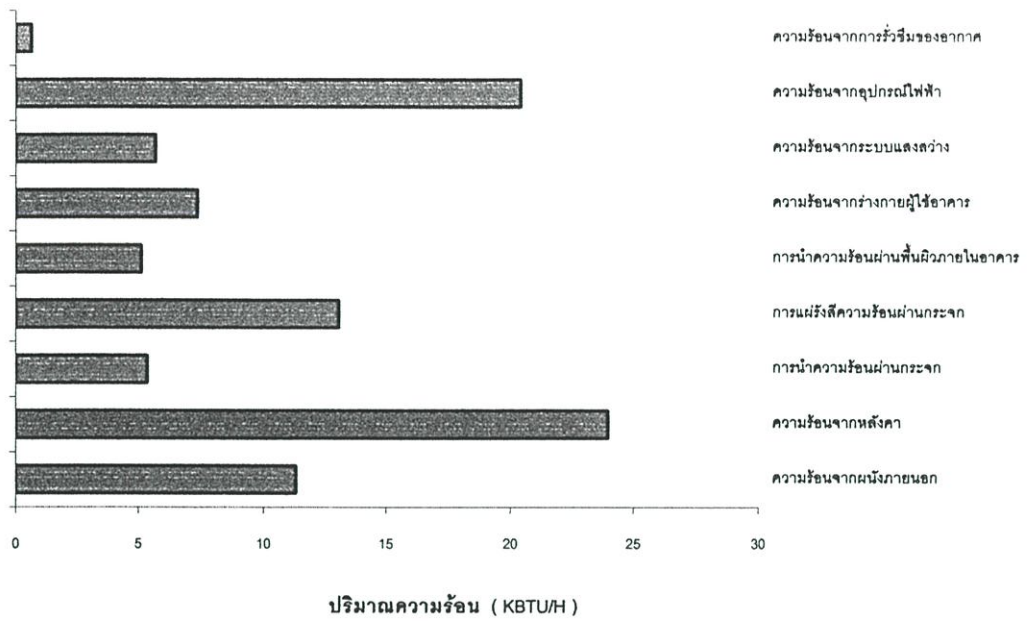
บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ	ภาระการทำความเย็นสูงสุด (BTU/H)	วันที่	เวลา (นาฬิกา)
แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก – ขาเข้า	97509	7 พค.	5.00
งานปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์	92962	12 เมษ.	16.00
แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด้วยพิเศษ	48083	12 เมษ.	15.00
แผนกบริการไปรษณีย์	83879	11 เมษ.	16.00
แผนกการเงิน	11307	1 พค.	16.00
แผนกธุรการ	46400	12 เมษ.	16.00
ห้องประชุมแผนกธุรการ	19966	1 พค.	12.00
แผนกบริการลูกค้า EMS ระหว่างประเทศ	89508	1 พค.	13.00
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์	103508	1 พค.	13.00

จากการจำลองสภาพของโปรแกรม โด 2.1 ยังได้แสดงถึงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นจากแหล่งความร้อนต่างๆ ซึ่งภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ นั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งในอาคารอีกด้วย

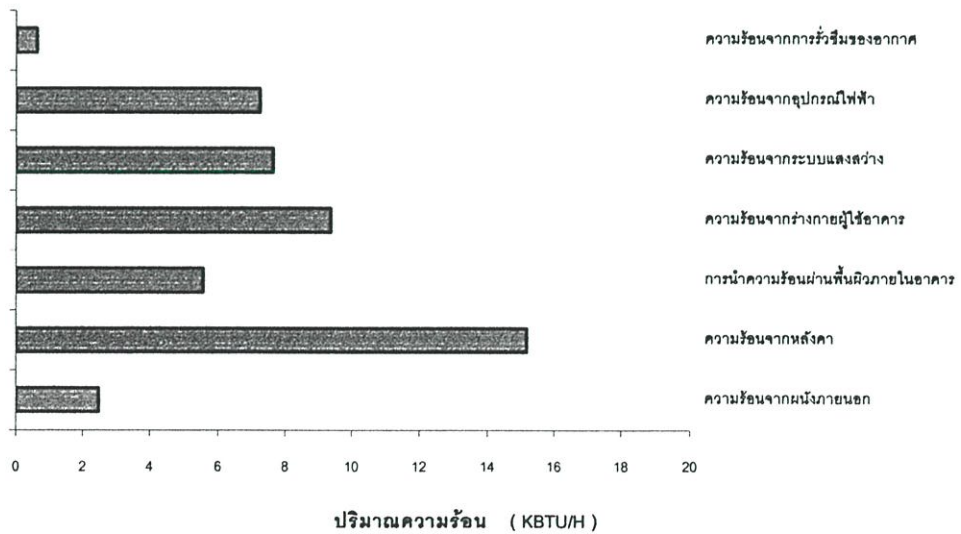
สัดส่วนของภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆแสดงได้ด้วยภาพดังต่อไปนี้



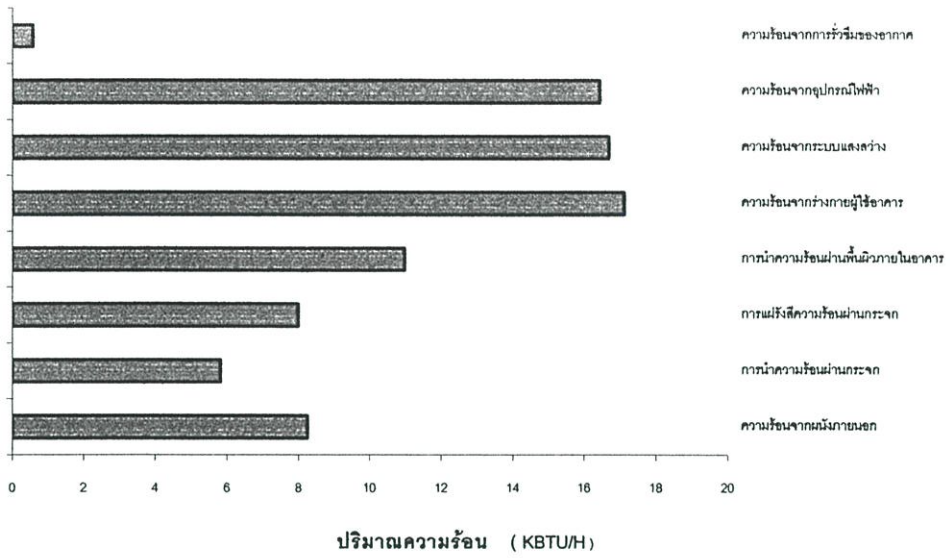
ภาพที่ 4.3 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก-ขาเข้า



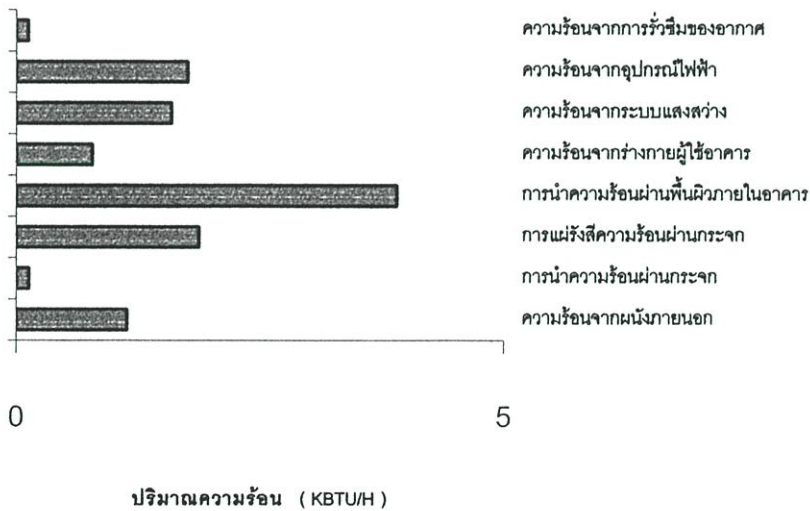
ภาพที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์



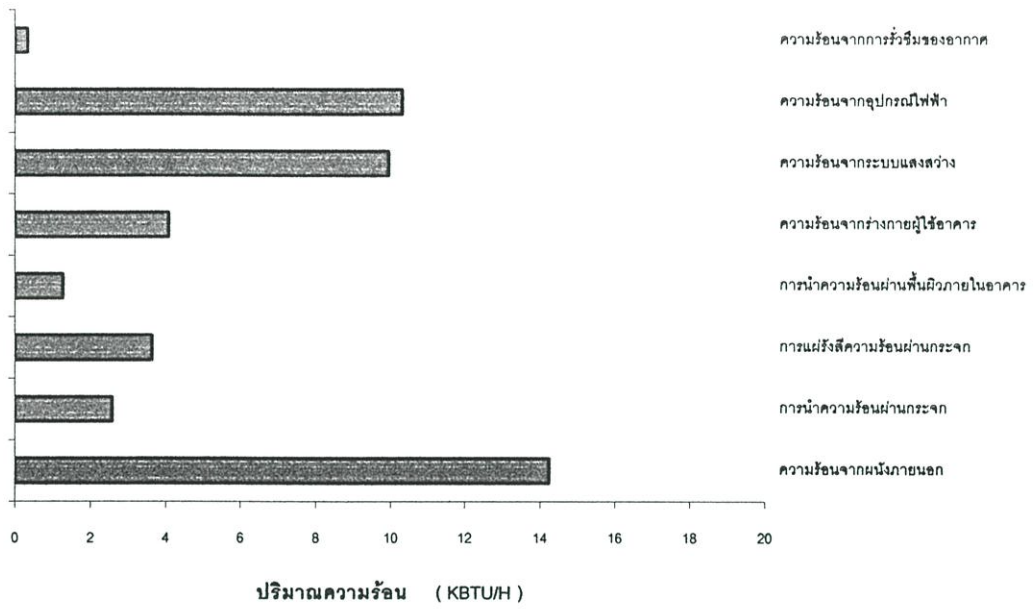
ภาพที่ 4.5 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ



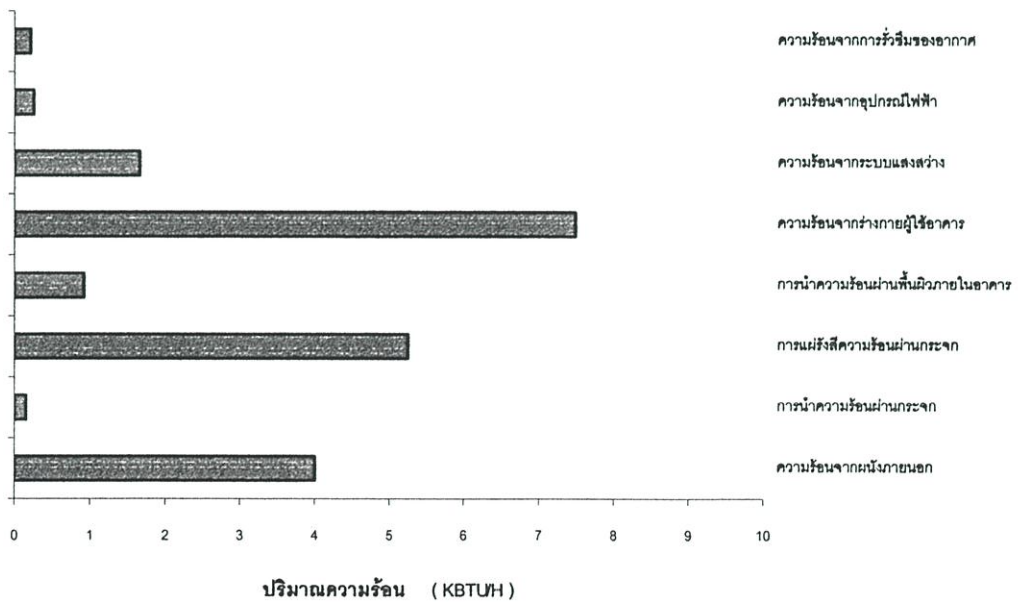
ภาพที่ 4.6 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกบริการไปรษณีย์



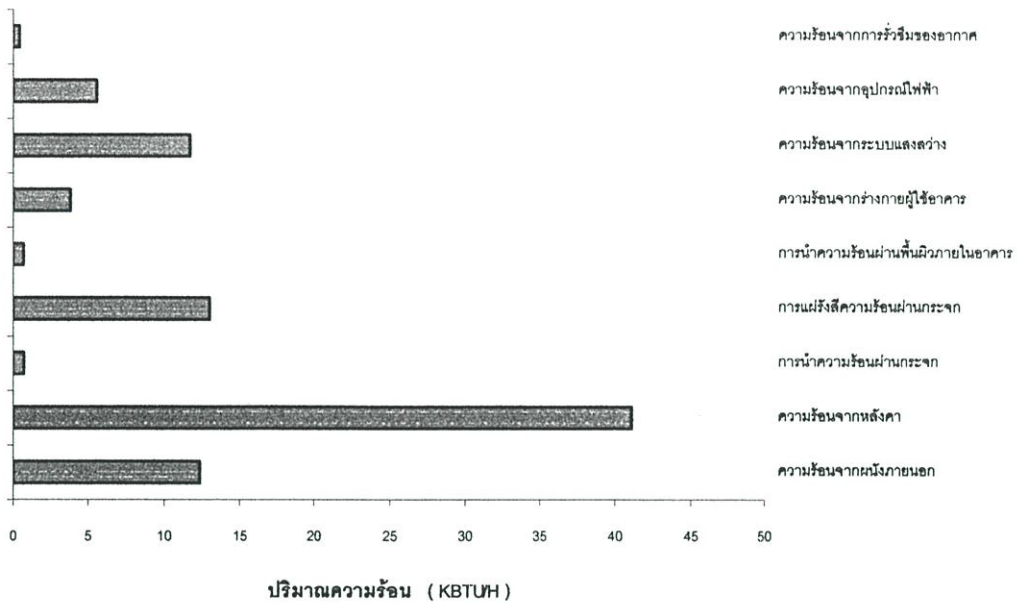
ภาพที่ 4.7 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกการเงิน



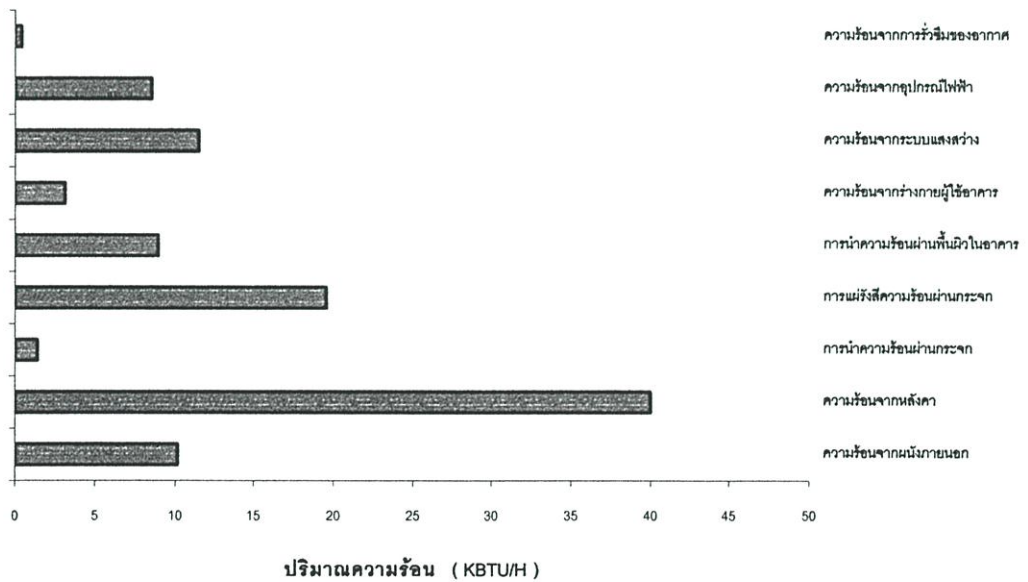
ภาพที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกธุรการ



ภาพที่ 4.9 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในห้องประชุมแผนกธุรการ



ภาพที่ 4.10 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกบริการลูกค้า
ไปรษณีย์ด่วนพิเศษระหว่างประเทศ



ภาพที่ 4.11 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผนกซ่อมคอมพิวเตอร์

ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากแหล่งความร้อนต่างๆ จะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งในอาคารของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะทำให้พื้นที่นั้นๆ ได้รับความร้อนในช่วงเช้าหรือช่วงบ่าย มากกว่ากัน

บทที่ 5

การวิเคราะห์แนวทางลดการใช้พลังงาน

จากการจำลองสภาพการใช้พลังงาน พบว่ามีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงที่สุดและมี การใช้พลังงานในระบบแสงสว่างมากเป็นอันดับที่สอง แต่เนื่องจากระบบแสงสว่างมีปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยที่ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้ว ในขณะนี้จึงพิจารณาการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศก่อนแล้วจะพิจารณาถึงการลดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างในลำดับต่อไป ซึ่ง แนวทางการลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศจะแบ่งออกเป็นสองแนวทางคือ

- การลดการใช้พลังงานด้วยการจัดการ โดยไม่ต้องลงทุน
- การลดการใช้พลังงานด้วยการลดภาระการปรับอากาศโดยต้องลงทุน

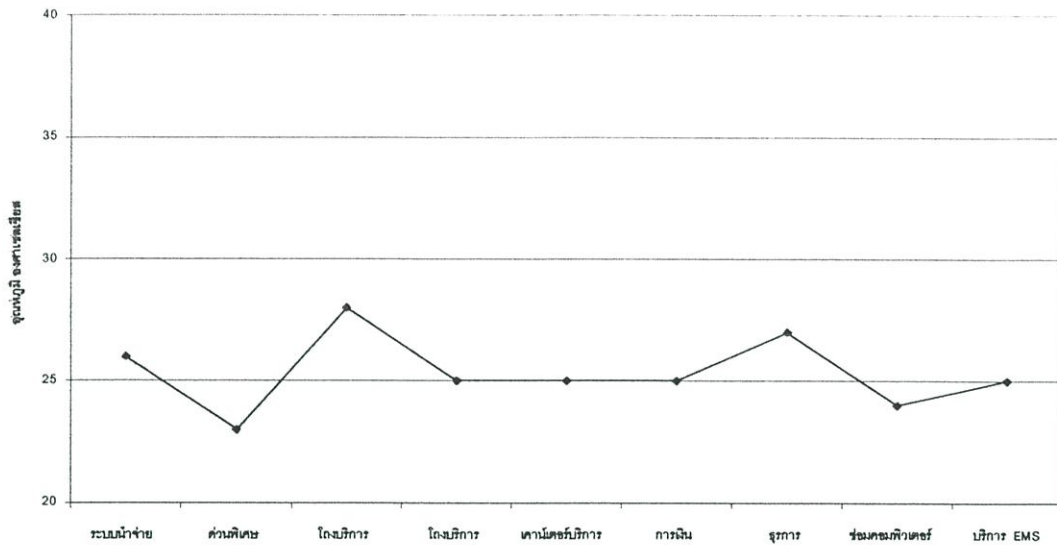
5.1 การลดการใช้พลังงานด้วยการจัดการโดยไม่ต้องลงทุน

แนวทางนี้เป็นการลดการใช้พลังงานโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้วยการปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง และการลดภาระการปรับอากาศ โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แนวทางคือ

- การปรับระดับอุณหภูมิความสบายให้สูงขึ้น
- การลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงเท่าที่จำเป็น
- การลดแหล่งความร้อนภายในอาคารโดยไม่ต้องลงทุน ด้วยการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศ

5.1.1 การปรับระดับอุณหภูมิความสบายให้สูงขึ้น

จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ เวลา 12.00 น. วันที่ 16 พฤษภาคม 2544 พบว่าอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศมีค่าตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แสดงระดับอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ

อุณหภูมิอากาศในพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเฉลี่ย 25 - 27 องศาเซลเซียส ซึ่งระดับอุณหภูมิระดับนี้ถือว่าเป็นระดับของอุณหภูมิความสบายที่เหมาะสมกับกรุงเทพมหานครแล้ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องปรับตั้งระดับอุณหภูมิในห้องให้สูงขึ้นอีก ควรที่จะพิจารณาการจัดการในลำดับต่อไป คือ การลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงเท่าที่จำเป็น

5.1.2 การลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงเท่าที่จำเป็น

ในตารางที่ 5.1 แสดงขนาดเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ส่วนต่างๆกับปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นที่คำนวณโดยโปรแกรม โด 2.1 จะเห็นว่า ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณการทำความเย็นสูงกว่าภาระการปรับอากาศสูงสุดที่คำนวณได้จากโปรแกรม โด 2.1 มาก และเนื่องจากระบบปรับอากาศเป็นระบบแยกส่วน (Split type) จึงสามารถจะเลือกเปิดเครื่องปรับอากาศในบริเวณนั้นๆให้มีปริมาณการทำความเย็นที่ใกล้เคียงกับภาระการทำความเย็นมากที่สุดได้ ซึ่งจะมีส่วนในการลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลงได้โดยตรง

ตารางที่ 5.1 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศเปรียบเทียบกับขนาดเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้

พื้นที่ปรับอากาศ	ขนาดเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา (BTU/H)	ภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณด้วยโปรแกรมโต 2.1 (BTU/H)
แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก – ขาเข้า	231000	95509
งานปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์	194300	92962
แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ	206,600	48083
แผนกบริการไปรษณีย์	281900	83879
แผนกการเงิน	38900	11307
แผนกธุรการ	175300	46400
ห้องประชุม	106000	19966
แผนกบริการลูกค้าอีเอ็มเอสระหว่างประเทศ	229,800	89508
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์	274,600	103580

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศและปริมาณการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องแล้ว สรุปเป็นปริมาณการทำความเย็นที่ควรเปิดใช้ในแต่ละพื้นที่ดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศเปรียบเทียบกับขนาดเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้และขนาดเครื่องปรับอากาศที่ควรเปิดใช้จริง

พื้นที่ปรับอากาศ	ภาระการทำความเย็นสูงสุดที่คำนวณได้ (BTU/H)	ปริมาณการทำความเย็นรวมของเครื่องปรับอากาศทั้งหมด (BTU/H)	ปริมาณการทำความเย็นรวมของเครื่องปรับอากาศที่ควรเปิดใช้จริง (BTU/H)
แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก – ขาเข้า	95,509	231,000	158,900
งานปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์	92,962	194,300	142,500
แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ	48,083	206,600	103,300
แผนกบริการไปรษณีย์	83,879	281,900	155,600
แผนกการเงิน	11,307	38,900	38,900

ตารางที่ 5.2 ต่อ

แผนกธุรการ	46,400	175,300	140,000
ห้องประชุม	19,966	106,000	46,000
แผนกบริการลูกค้าอีเอ็มเอสระหว่างประเทศ	89,508	229,800	158,900
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์	103,580	274,600	124,100

จากการทดสอบด้วยโปรแกรม โด 2.1 พบว่า การลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารลงได้ประมาณ 6.8 %

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปจากการลดจำนวนการเปิดเครื่องปรับอากาศลง

	อาคารเดิม	ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร (kwh)	344,739	321,228	6.8

5.1.3 การลดแหล่งความร้อนภายในโดยไม่ต้องลงทุน ด้วยการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นในการทำงานออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศ

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นอุปกรณ์สำนักงานนั้นไม่สามารถจะย้ายออกไปได้ แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เช่น โทรทัศน์ หม้อต้มน้ำไฟฟ้า เครื่องทำน้ำเย็น ตู้เย็น นั้นหากสามารถนำออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศได้ ก็จะเป็นการลดภาระการทำความเย็นลงได้ส่วนหนึ่งโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ในการสำรวจจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศ สามารถแบ่งจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศ

ชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้พลังงาน (W)
- อุปกรณ์สำนักงาน	17,583
- อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	6,587

เมื่อนำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศแล้ว ทำการจำลองสภาพอาคารพบว่า ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดและภาระการทำความเย็นรายปีเปลี่ยนแปลงลดลง ดังนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระการทำความเย็นรายปีที่ลดลง

	อาคารเดิม	ย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้า ออกไป	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ภาระการทำความเย็นรายปี (Kwh)	522,986	327,725	37.33
ภาระการทำความเย็นสูงสุด (Kwh)	516.471	491.942	4.75
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	154.05	2.30

การย้ายเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้ภาระการทำความเย็นรายปีลดลง 37.33 % ภาระการทำความเย็นสูงสุดลดลง 4.75 % และทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารลดลงประมาณ 4.9 %

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

วิธีการปรับปรุง	การใช้พลังงานไฟฟ้า เดิม (kwh)	การใช้พลังงานไฟฟ้า ใหม่ (kwh)	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ย้ายเครื่องใช้ไฟฟ้าออกจากพื้นที่ปรับ อากาศ	344,739	327,853	4.9

5.2 การลดการใช้พลังงานด้วยการลดภาระการปรับอากาศโดยต้องมีการลงทุน

การลดภาระการปรับอากาศจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนแนวทางการลดความร้อนทำได้ 2 แนวทาง คือ

- ลดปริมาตรของพื้นที่ปรับอากาศ
- ลดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศ

5.2.1 การลดปริมาตรของพื้นที่ปรับอากาศ

การลดปริมาตรของพื้นที่ปรับอากาศทำได้ด้วยการลดระดับฝ้าเพดานลง เนื่องจากอาคารเดิมไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อการปรับอากาศ จึงมีระดับฝ้าเพดานสูงถึง 3.00 ม. เมื่อทำการปรับอากาศแล้วสามารถที่จะลดระดับความสูงลงได้อีก ซึ่งตามเทศบัญญัติแล้วสามารถที่ลดลงมาได้ต่ำสุดที่ระดับ 2.40 ม. แต่เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ใช้งานที่ค่อนข้างเป็นพื้นที่กว้าง หากลดความสูงเหลือเพียง 2.40 ม. อาจจะทำให้รู้สึกอึดอัดเกินไปดังนั้นในการทดสอบนี้จึงกำหนดให้ระดับความสูงฝ้าเพดานใหม่เป็นระดับ 2.50 ม.

จากการจำลองสภาพอาคารพบว่า การลดระดับฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ลงได้ประมาณ 0.6 %

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณการใช้พลังงานในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปจากการลดระดับฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศ

วิธีการปรับปรุง	การใช้พลังงานไฟฟ้าเดิม (kwh)	การใช้พลังงานไฟฟ้าใหม่ (kwh)	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ลดระดับฝ้าเพดานเหลือ 2.50 ม.	344,739	342,590	0.6

5.2.2 การลดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศ

สัดส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.3 - ภาพที่ 4.11 ได้นำมาสรุปเป็นตารางที่ 5.8 แสดงถึงความร้อนที่มีสัดส่วนสูงมากของแต่ละพื้นที่ที่ควรควบคุมและแนวทางการแก้ไข

ตารางที่ 5.8 แสดงแหล่งความร้อนที่มีปริมาณสูงของพื้นที่ปรับอากาศส่วนต่างๆ , สัดส่วนร้อยละของความร้อนและแนวทางการลดความร้อน

ความร้อนที่มีสัดส่วนสูงมาก	สัดส่วนของภาระ (%)	แนวทางแก้ปัญหา
<p>แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก — ขาเข้า</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง 2. การนำความร้อนผ่านพื้นผิวภายในอาคาร 3. ความร้อนจากร่างกายผู้ใช้อาคาร 	<p>60 18 10</p>	<p>เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ไม่สามารถลดได้</p>
<p>โครงการปรับปรุงระบบไปรษณีย์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความร้อนจากหลังคา 2. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง 3. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก 4. ความร้อนจากผนังภายนอก 	<p>25 22 14 12</p>	<p>ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม</p>
<p>แผนกไปรษณีย์ด่วนพิเศษ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความร้อนจากหลังคา 2. ความร้อนจากร่างกายผู้ใช้อาคาร 3. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง 4. ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า 	<p>33 21 17 16</p>	<p>ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ไม่สามารถลดได้ เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง ลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นลง</p>
<p>แผนกบริการไปรษณีย์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า 2. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง 3. ความร้อนจากร่างกายผู้ใช้อาคาร 4. การนำความร้อนผ่านพื้นผิวภายในอาคาร 5. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก 6. ความร้อนจากผนังภายนอก 	<p>20 20 19 13 10 10</p>	<p>ลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นลง เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง ไม่สามารถลดได้ ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม</p>
<p>แผนกการเงิน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การนำความร้อนผ่านพื้นผิวภายในอาคาร 2. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก 3. ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า 4. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง 	<p>34 17 16 14</p>	<p>ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก ลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นลง เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง</p>

ตารางที่ 5.8 ต่อ

แผนกธุรการ		
1. ความร้อนจากผนังภายนอก	30	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม
2. ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	22	ลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นลง
3. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง	21	เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง
ห้องประชุมแผนกธุรการ		
1. ความร้อนจากร่างกายผู้ใช้อาคาร	38	ไม่สามารถลดได้
2. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก	26	ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก
3. ความร้อนจากผนังภายนอก	20	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม
แผนกบริการลูกค้า EMS ระหว่างประเทศ		
1. ความร้อนจากหลังคา	46	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม
2. ความร้อนจากผนังภายนอก	14	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม
3. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง	14	เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง
4. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก	10	ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์		
1. ความร้อนจากหลังคา	39	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม
2. การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก	14	ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดหรือปรับปรุงกระจก
3. ความร้อนจากระบบแสงสว่าง	12	เปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความร้อนน้อยลง
4. ความร้อนจากผนังภายนอก	10	ใส่ฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม

จากตารางที่ 5.8 เมื่อพิจารณาในภาพรวมของอาคารแล้ว พบว่าสัดส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุดมาจากส่วนของกรอบอาคาร และยังพบว่าสัดส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบแสงสว่าง ก็มีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงนำมาจำแนกประเภทของภาระการปรับอากาศที่ควรจะต้องปรับลดลงได้ดังนี้

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกรอบอาคาร

- การนำความร้อนจากทางหลังคาชั้น 4
- การนำความร้อนจากทางหลังคาคอนกรีตชั้น
- การนำความร้อนจากทางผนังภายนอก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจกหน้าต่าง

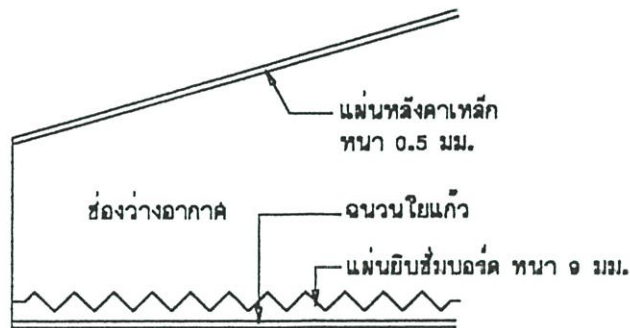
ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร

- ความร้อนจากระบบแสงสว่าง

เมื่อทราบถึงแหล่งของความร้อนที่มีปริมาณมากแล้ว จึงทำการพิจารณาถึงวิธีลดความร้อนนั้นๆซึ่งมีวิธีการดังนี้

5.2.2.1 การลดความร้อนจากทางหลังคาชั้น 4

หลังคาชั้น 4 เป็นแผ่นหลังคาเหล็กกรีดลอน ความหนา 0.05 มม. เหนือฝ้าเพดานชั้น 4 มีฉนวนกันความร้อนแบบใยแก้ว ความหนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ม.³ หลังคาชั้น 4 มีชั้นวัสดุตามที่แสดงในภาพที่ 5.2 และมีคุณสมบัติทางความร้อน ตามที่แสดงในตารางที่ 5.9



ภาพที่ 5.2 แสดงชั้นวัสดุของหลังคาชั้น 4

ตารางที่ 5.9 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนหลังคาชั้น 4

ชั้นวัสดุของหลังคาชั้น 4	ความหนา (ม.)	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน (K ,w/m.k)	การต้านทานความ ร้อน (R-value , M ² .kw)
- ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	0.055
- เซรามิคโคตติ้ง			
- แผ่นหลังคาเหล็ก	0.005	4.7	0.001
- ช่องว่างอากาศเฉียง			0.165

ตารางที่ 5.9 ต่อ

- โยแก้ว 2 "/ หนาแน่น 24 กก.-ม. ³	0.05		1.351
- แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.	0.009		0.032
- ฟิล์มอากาศภายใน			0.12
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			1.765
ค่าการนำความร้อน (U , 1/R)			0.566

การลดความร้อนจากภายนอกอาคารทำได้ด้วยการเพิ่มวัสดุฉนวนกันความร้อนเพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้สูงขึ้น ฉนวนกันความร้อนที่สามารถใช้ได้มี 2 ประเภท คือ

- ฉนวนกันความร้อนชนิดติดตั้งภายนอกอาคาร ชนิดเซรามิกโคตติ้ง
- ฉนวนกันความร้อนชนิดติดตั้งภายในอาคารแบบแผ่นกันความร้อนหรือแบบฉีดยึด

เนื่องจากบนฝ้าเพดานเดิมมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดโยแก้วไว้แล้ว การที่จะติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในอาคารเพิ่มเติมอาจจะเกิดปัญหากับผู้ใช้อาคารได้ เนื่องจากบริเวณชั้น 4 เป็นที่ตั้งของแผนกซ่อมคอมพิวเตอร์และแผนกบริการลูกค้าไอเอ็มเอสระหว่างประเทศซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานตลอดเวลาประกอบกับฝ้าเพดานของแผนกบริการลูกค้าไอเอ็มเอสระหว่างประเทศ เป็นฝ้าชนิดแผ่นยิปซัมบอร์ดฉาบรอยต่อเรียบ การที่จะรื้อฝ้าเพดานเพื่อติดตั้งฉนวนกันความร้อนค่อนข้างทำได้ค่อนข้างยาก และในการรื้อฝ้าเพดานก็จะทำให้เกิดฝุ่นละอองของผงโยแก้วกระจายออกมาเป็นผลเสียต่อสุขภาพของพนักงานได้ ดังนั้นการลดความร้อนจากหลังคาจึงจะพิจารณาใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดภายนอกอาคารแบบเซรามิกโคตติ้งเพียงอย่างเดียว

คุณสมบัติของฉนวนชนิดเซรามิกโคตติ้ง (Ceramic coating)

เป็นสารผสมระหว่างเซรามิกโพลีเมอร์กับน้ำ มีลักษณะคล้ายสี ใช้พ่นเคลือบลงบนพื้นผิววัสดุโดยตรง อนุภาคของเซรามิกมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ออกไปคล้ายกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ เซรามิกโคตติ้งมีคุณสมบัติทางความร้อนดังนี้

- การสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Emissivity) 93 %
- การสะท้อนความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Thermal Emissivity) 92 %
- การดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Absorbivity) 7 %
- ค่าความต้านทานความร้อน (R-value) 3.7 m².kw
- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (conductance ,k) 0.000081 w/m.k
(ที่ความหนา 0.0003 ม.)

เมื่อติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติงแล้วทำให้คุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

ตารางที่ 5.10 แสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาชั้น 4 ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติง

หลังคาชั้น 4 ชั้นวัสดุ	หลังคาเดิม			หลังคาปรับปรุงใหม่		
	ความหนา (ม.)	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	การต้านทานความร้อน (R-value , M ² .kw)	ความหนา (ม.)	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	การต้านทานความร้อน (R-value , M ² .kw)
ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	0.055	-	-	0.055
เซรามิคโคตติง				0.0003	0.000081	3.7
แผ่นหลังคาเหล็ก	0.005	4.7	0.001	0.005	4.7	0.001
ช่องว่างอากาศเอียง			0.165			0.165
ใยแก้ว 2 "/ 24 กก.-ม. ³	0.05		1.351	0.05		1.351
แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.	0.009		0.032	0.009		0.032
ฟิล์มอากาศภายใน			0.12			0.12
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			1.765			5.465
ค่าการนำความร้อน (U)			0.566			0.183

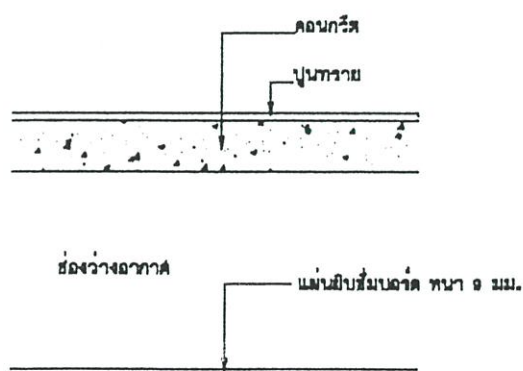
ผลทดสอบพบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด , ภาระการทำความเย็นรายปีและปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงลดลงดังนี้

ตารางที่ 5.11 แสดงภาวะการทำความเย็นสูงสุด , ภาวะการทำความเย็นรายปีและปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิกโคตติ้ง

	อาคารเดิม	พ่นฉนวนชนิดเซรามิกโคตติ้งบนหลังคาชั้น 4	สัดส่วนที่ลดลง %
ภาวะการทำความเย็นรายปี (Kwh)	522,986	476,030	8.98
ภาวะการทำความเย็นสูงสุด (Kwh)	516.471	473.645	8.29
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	144.17	8.58

5.2.2.2 การลดความร้อนจากทางหลังคาคอนกรีตชั้น 2

หลังคาคอนกรีตชั้น 2 มีชั้นวัสดุตามที่แสดงในภาพที่ 5.3 และมีคุณสมบัติทางความร้อน ตามที่แสดงในตารางที่ 5.12



ภาพที่ 5.3 แสดงชั้นวัสดุของหลังคาคอนกรีตชั้น 2

ตารางที่ 5.12 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาคอนกรีตชั้น 2

ชั้นวัสดุหลังคาชั้น 2	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การ นำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทาน ความร้อน (R-value , m ² .kw)
- ฟิล์มอากาศภายนอก			0.055
- ปูนทราย	0.015	0.535	0.028
- คอนกรีต	0.10	1.45	0.069
- ช่องว่างอากาศแนวราบ			0.174
- โยแก้ว 1 " /16 กก.-ม. ³			
- แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.	0.009	0.28	0.032
- ฟิล์มอากาศภายใน			0.162
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			0.52
ค่าการนำความร้อน (U , 1/R)			1.923

การลดความร้อนในส่วนนี้ใช้หลักการเดียวกันกับการลดความร้อนจากหลังคาชั้น 4 คือการเพิ่มฉนวนกันความร้อนชนิดภายนอกอาคารหรือชนิดภายในอาคาร เมื่อพิจารณาจากลักษณะการใช้งานพบว่า หลังคาชั้น 2 มีลักษณะเป็นเฉลียงที่สามารถออกมาเดินได้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมกับการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดภายนอกอาคารแบบเซรามิคโคตติง เพราะจะถูกขูดขีดจนเสียคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน นอกจากนั้นฝ้าเพดานใต้หลังคาส่วนนี้เป็นฝ้าเพดานชนิดโครงเคร่าที่บาร์ พร้อมแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.และไม่มีการติดตั้งฉนวนใดๆ ดังนั้นจึงสามารถเปิดออกติดตั้งฉนวนใหม่ได้โดยง่าย จึงควรพิจารณาเลือกใช้ฉนวนชนิดภายในอาคารที่เหมาะสม ตัวอย่างของฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันทั่วไปและคุณสมบัติทางความร้อนแสดงไว้ในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางความร้อนของฉนวนชนิดต่างๆ

ประเภทของฉนวน	ลักษณะของฉนวน	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m.k)
ใยแก้ว (glasswool)	แบบเซลเปิด เป็นแผ่นม้วน	0.035 - 0.038
ใยหิน (rockwool , mineral wool)	แบบเซลเปิด เป็นแผ่นแข็งหรือแผ่นม้วน	0.035 - 0.090
เยื่อกระดาษ (cellulose)	แบบเซลเปิด พ่นกับที่	0.039 - 0.045
โพลียูเรเทนโฟม (polyurethane foam)	แบบเซลกึ่งปิด เป็นแผ่นแข็ง	0.023 – 0.025
โพลีสไตรีนโฟม (polystyrene foam)	แบบเซลกึ่งปิด เป็นแผ่นแข็ง	0.033 – 0.038
โพลีเอทเธลีนโฟม (polyethylene foam)	แบบเซลกึ่งปิด เป็นแผ่นม้วน	0.030 – 0.037

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและความสะดวกในการติดตั้งเนื่องจากเป็นอาคารที่มีการใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้นฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับการใช้ในการปรับปรุงอาคารเดิม คือ ฉนวนแบบแผ่นม้วนและแบบแผ่นแข็งที่สามารถติดตั้งได้สะดวกกว่าแบบพ่นในที่ซึ่งจะรบกวนการทำงานของผู้อยู่อาศัยมาก หากเปรียบเทียบฉนวนแบบแผ่นม้วนคือฉนวนใยแก้วกับฉนวนแบบแผ่นแข็งเช่นฉนวนโพลีสไตรีนโฟมจะพบว่าฉนวนใยแก้วจะมีความแพร่หลายในการใช้งานมากกว่าและมีคุณสมบัติที่ดีในการไม่ติดไฟและไม่มีการคายพิษจากการเผาไหม้ การจำลองสภาพการใช้อาคารจึงเลือกใช้ฉนวนใยแก้วขนาดต่างๆเป็นตัวอย่างในการทดลอง

ในการจำลองสภาพอาคารได้ทำการทดสอบฉนวนใยแก้วที่มีความหนาและความหนาแน่นต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้รับ โดยแบ่งเป็น 3 ทางเลือก คือ

- ทางเลือกที่ 1 ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1” ความหนาแน่น 16 กก. / ม.³
- ทางเลือกที่ 2 ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 2” ความหนาแน่น 16 กก. / ม.³
- ทางเลือกที่ 3 ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 2” ความหนาแน่น 24 กก. / ม.³

ตัวอย่างการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 1 “ ความหนาแน่น 16 กก. / ม.³ เหนือฝ้าเพดานเดิมนั้น จะทำให้หลังคาคอนกรีตชั้น 2 มีคุณสมบัติทางความร้อนเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

ตารางที่ 5.14 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาคอนกรีตชั้น 2 ที่ปรับปรุงใส่นนวนใยแก้วหนา 1 “ ความหนาแน่น 16 กก./ม.³

หลังคาชั้น 2 ชั้นวัสดุ	หลังคาเดิม			หลังคาปรับปรุงใหม่		
	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)
ฟิล์มอากาศภายนอก			0.055			0.055
ปูนทราย	0.015	0.535	0.028	0.015	0.535	0.028
คอนกรีต	0.10	1.45	0.069	0.10	1.45	0.069
ช่องว่างอากาศแนวราบ			0.174			0.174
ใยแก้ว 1 “/16 กก.-ม. ³				0.025		0.581
แผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.	0.009	0.28	0.032	0.009	0.28	0.032
ฟิล์มอากาศภายใน			0.162			0.162
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			0.52			1.101
ค่าการนำความร้อน (U)			1.923			0.908

เมื่อทำการจำลองสภาพอาคารพบว่าค่าภาระการทำความร้อนสูงสุดและภาระการทำความร้อนรายปีเปลี่ยนแปลงลดลง เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วที่มีความหนาและความหนาแน่นต่างๆดังนี้

ตารางที่ 5.15 แสดงภาวะการทำความเย็นสูงสุด , ภาวะการทำความเย็นรายปีและปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วชนิดต่างๆ

	หลังคาเดิม	ทางเลือก ที่ 1	สัดส่วนที่ ลดลง (%)	ทางเลือก ที่ 2	สัดส่วนที่ ลดลง (%)	ทางเลือก ที่ 3	สัดส่วนที่ ลดลง (%)
ภาวะการทำความเย็นรายปี (Kwh)	522,986	462,132	11.63	457,266	12.57	456,360	12.74
ภาวะการทำความเย็นสูงสุด (Kwh)	516.471	453.533	12.19	447.241	13.40	446.107	13.62
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	140.94	10.63	139.89	11.29	139.68	11.43

ฉนวนใยแก้วความหนา 2 “ ความหนาแน่น 16 กก./ม.3 ช่วยลดความร้อนได้มากกว่าฉนวนใยแก้วความหนา 1 “ ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ ค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่ฉนวนใยแก้วความหนา 2 “ ความหนาแน่น 24 กก./ม.³ จะช่วยลดความร้อนได้มากกว่า ฉนวนใยแก้วความหนา 2 “ ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ อีกเล็กน้อย

5.2.2.3 การลดความร้อนจากผนังภายนอก

การป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารทำได้ด้วยการเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังโดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารหรือภายในอาคาร ซึ่งต้องพิจารณาความสะดวกในการติดตั้งกรณีที่เป็นอาคารเดิมด้วย ฉนวนกันความร้อนสามารถเลือกใช้ได้เช่นเดียวกับการป้องกันความร้อนจากทางหลังคาเหล็กชั้น 4 และหลังคาคอนกรีตชั้น 2 คือ ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งภายนอกอาคารชนิดเซรามิคโคตติงหรือฉนวนกันความร้อนชนิดแผ่นแข็ง

การติดตั้งฉนวนภายนอกอาคารชนิดเซรามิคโคตติงสามารถติดตั้งได้ง่าย ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานของผู้ใช้อาคาร แต่การติดตั้งฉนวนภายในอาคารทำได้ด้วยการทำผนังชั้นที่สองภายในอาคารซึ่งได้เลือกผนังแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 12 มม.เป็นตัวช่วยในการจำลองผล เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้งานอย่างแพร่หลายและติดตั้งได้ง่ายไม่รบกวนการทำงานของผู้อาคารมากเกินไป ในช่องว่างระหว่างผนังนั้นจะติดตั้งฉนวนกันความร้อนด้วย

การติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติง



ภาพที่ 5.4 แสดงลักษณะการปรับปรุงผนังภายนอกด้วยการติดตั้งฉนวนเซรามิคโคตติง

ตารางที่ 5.16 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของผนังเดิมและผนังที่ติดตั้งฉนวนเซรามิคโคตติง

ผนังภายนอก ชั้นวัสดุ	ผนังเดิม			ผนังปรับปรุงใหม่		
	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)
ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	0.044	-	-	0.044
เซรามิคโคตติง	-	-	-	0.0003	0.000081	3.7
ปูนฉาบ	0.015	0.533	0.028	0.015	0.533	0.028
อิฐมวลเบา	0.07	1.211	0.148	0.07	1.211	0.148
ปูนฉาบ	0.015	0.533	0.028	0.015	0.573	0.028
ฟิล์มอากาศภายใน	-	-	0.12	-	-	0.12
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			0.368			4.068
ค่าการนำความร้อน (U)			2.715			0.246

การติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิกโคตติงบนผนังทำให้ค่าการนำความร้อนรวมของผนังลดลงประมาณ 91 % เมื่อจำลองสภาพอาคาร พบว่าค่าภาระการทำความร้อนสูงสุดและภาระการทำความร้อนรายปีเปลี่ยนแปลงลดลงดังนี้

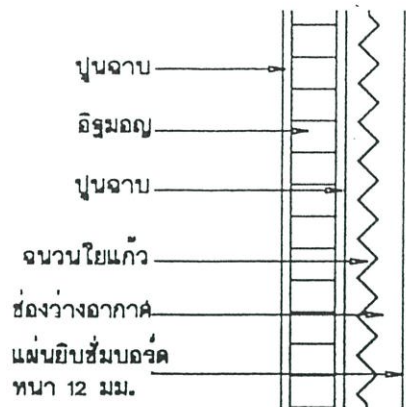
ตารางที่ 5.17 แสดงเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความร้อนรายปีและปริมาณภาระการทำความร้อนสูงสุดที่ลดลงจากการติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิกโคตติงบนผนังภายนอก

	ผนังเดิม	ผนังพ่นเซรามิกโคตติง	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ภาระการทำความร้อนรายปี (Kwh)	522,986	488,056	6.68
ภาระการทำความร้อนสูงสุด (Kwh)	151.262	134.852	10.83
ปริมาณพลังงานในการทำ ความร้อน (Mwh)	157.7	154.38	2.1

การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอก ช่วยลดการนำความร้อนผ่านทางผนังภายนอก ทำให้ภาระการทำความร้อนสูงสุดลดลง 10.83 % ภาระการทำความร้อนรายปีลดลง 6.68 % ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความร้อนลดลง 2.1 %

การติดตั้งฉนวนภายในอาคาร

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและความสะดวกในการติดตั้งเนื่องจากเป็นอาคารที่มีการใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้นฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับการใช้ในการปรับปรุงอาคารเดิม คือ ฉนวนแบบแผ่นม้วนและแบบแผ่นแข็งที่สามารถติดตั้งได้สะดวกกว่าแบบพ่นในซึ่งจะรบกวนการทำงานของผู้อยู่อาศัยมาก เช่นเดียวกันกับการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับหลังคองกริตชั้น 2 ได้เลือกใช้ ฉนวนใยแก้ว ซึ่งมีความแพร่หลายในการใช้งานและมีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันความร้อนและไม่ติดไฟ สำหรับจำลองสภาพการใช้อาคารรวมกับการติดตั้งผนังยิปซัมบอร์ด ความหนา 12 มม.ภายในอาคาร



ภาพที่ 5.5 แสดงลักษณะการปรับปรุงผนังภายนอกด้วยการทำผนังสองชั้นและติดตั้งฉนวนใยแก้วในช่องว่างผนัง

ตัวอย่างการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ ร่วมกับการทำผนังยิปซัมบอร์ดหนา 12 มม. จะทำให้ผนังภายนอกมีคุณสมบัติทางความร้อนเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

ตารางที่ 5.18 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของผนังที่ปรับปรุงใหม่ด้วยการทำผนังสองชั้นและติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ ในช่องว่างผนัง

ผนังภายนอก ชั้นวัสดุ	ผนังเดิม			ผนังปรับปรุงใหม่		
	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)	ความหนา (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K ,w/m.k)	ค่าการต้านทานความร้อน (R-value , m ² .kw)
ฟิล์มอากาศภายนอก	-	-	0.044	-	-	0.044
ปูนฉาบ	0.015	0.533	0.028	0.015	0.533	0.028
อิฐมวลเบา	0.07	1.211	0.148	0.07	1.211	0.148
ปูนฉาบ	0.015	0.533	0.028	0.015	0.573	0.028
ช่องว่างอากาศ	-	-	-	-	-	0.148

ตารางที่ 5.18 ต่อ

ใยแก้ว หนา 1"/16 กก.ม. ³	-	-	-	0.025	-	0.581
แผ่นยิปซัมบอร์ด 12 มม.	-	-	-	0.012	-	0.043
ฟิล์มอากาศภายใน	-	-	0.12	-	-	0.12
รวมค่าการต้านทานความร้อน (R)			0.368			1.14
ค่าการนำความร้อน (U)			2.715			0.877

ในการจำลองสภาพอาคารได้ทำการทดสอบฉนวนใยแก้วที่มีความหนาและความหนาแน่นต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้รับ โดยแบ่งเป็น 3 ทางเลือก คือ

- ทางเลือกที่ 1 ใสฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก. / ม.³
- ทางเลือกที่ 2 ใสฉนวนใยแก้วหนา 2" ความหนาแน่น 16 กก. / ม.³
- ทางเลือกที่ 3 ใสฉนวนใยแก้วหนา 2" ความหนาแน่น 24 กก. / ม.³

ตารางที่ 5.19 แสดงเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความร้อนสูงสุดและปริมาณภาระทำความเย็นรายปีที่ลดลงจากการทำผนังสองชั้นและติดตั้งฉนวนใยแก้ว ในช่องว่างผนัง

	ผนังเดิม	ทางเลือก ที่ 1	สัดส่วนที่ ลดลง (%)	ทางเลือก ที่ 2	สัดส่วนที่ ลดลง (%)	ทางเลือก ที่ 3	สัดส่วนที่ ลดลง (%)
ภาระการทำความร้อนรายปี (Kwh)	522,986	496,868	4.99	6.68	5.65	492,838	5.76
ภาระการทำความร้อนสูงสุด (Kwh)	151.262	134.852	8.45	10.83	9.47	136.661	0.65
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	154.38	1.55	2.1	1.63	155.12	1.64

5.2.2.4 การลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจก
การลดการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจกนั้นทำได้ 2 แนวทาง คือ

- การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคาร
- การเปลี่ยนกระจกหน้าต่างเดิมเป็นกระจกสะท้อนความร้อน หรือการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนที่กระจกเดิม

การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคาร

การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดมีเป้าหมายเพื่อให้สามารถป้องกันแดดได้ในช่วงเวลาใช้งานของพื้นที่ที่ปรับอากาศและสามารถป้องกันแดดได้เกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนซึ่งมีความร้อนสูงมาก วัสดุที่ใช้ปรับปรุงอุปกรณ์กันแดด ควรที่จะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักไม่มากนักเพื่อไม่ให้กระทบกระเทือนต่อการรับน้ำหนักของส่วนของอาคารเดิมและเป็นวัสดุที่ตลาดที่สามารถหาได้ทั่วไป มีราคาไม่สูงนัก ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจึงเลือกใช้แผงกันแดดสำเร็จรูปชนิดเกล็ดอลูมิเนียมอบสีพร้อมอุปกรณ์โครงเคร่าโลหะสำเร็จรูปที่สามารถติดตั้งได้ง่าย มีน้ำหนักเบา



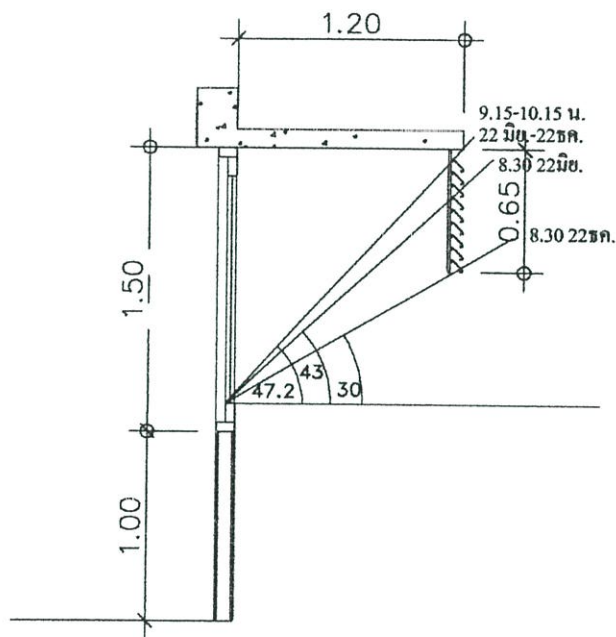
ภาพที่ 5.6 แสดงรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมอบสีและโครงเคร่าสำเร็จรูป

ขนาดของแผงกันแดดที่เหมาะสมสำหรับทิศต่างๆ จะต้องพิจารณาจากชั้นชาร์ทไดอแกรม (Sunchart Diagram) เพื่อให้ทราบถึงช่วงเวลาการใช้งานที่มีปัญหามากที่สุดและขนาดที่เหมาะสมซึ่งจะต้องพิจารณาไปที่ละด้าน

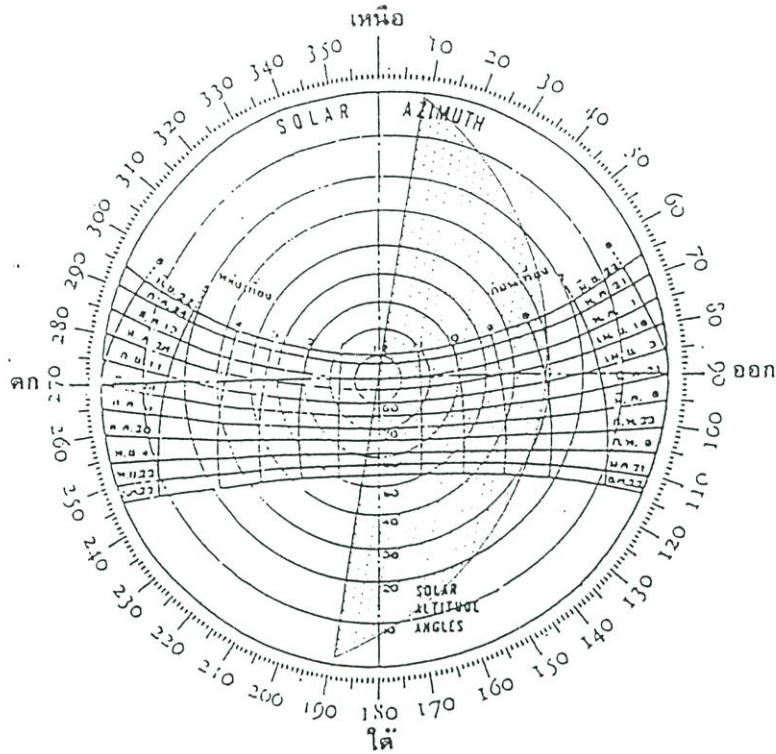
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E2)

- พื้นที่แผนกบริการไปรษณีย์, แผนกการเงิน เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดเดิมกันแดดได้ตั้งแต่เวลา 9.15 น. ในฤดูร้อน และเวลา 10.15 น. ในฤดูหนาว เนื่องจากเวลาทำงานของส่วนนี้เริ่มตั้งแต่ 8.30 น. จึงควรปรับปรุงให้กันแดดได้ตั้งแต่เวลานี้ การปรับปรุงจึงต้องทำแผงกันแดดใหม่ยื่นลงมาจกแผงกันแดดเดิมประมาณ 0.65 ม.ซึ่งจะทำให้สามารถกันแดดได้ตลอดทั้งปี



ภาพที่ 5.7 แสดงรูปแบบปรับปรุงใหม่ของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E2)



ภาพที่ 5.8 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 2 ทิศใต้ (แผงกันแดด S2)

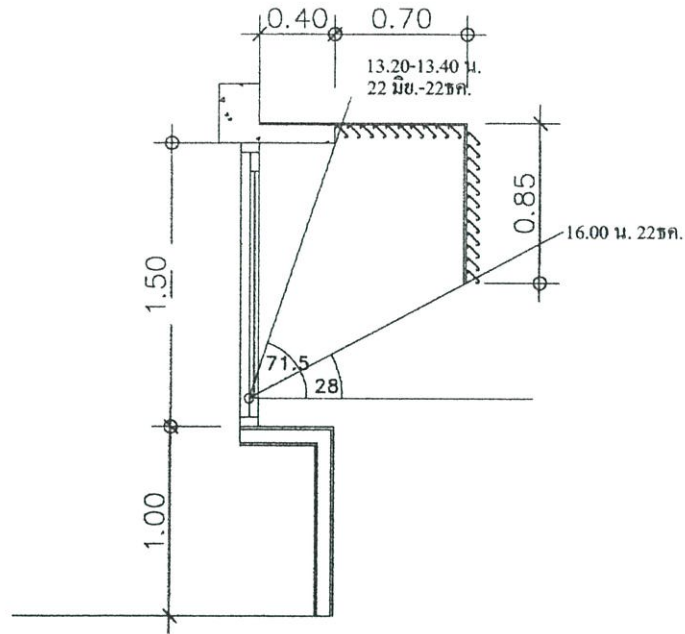
- แผนกนำช่างหลักสี 3 เวลาทำงาน 7.30 น. – 15.30 น.

แผงกันแดดเดิมกันแดดได้ตั้งแต่เวลา 7.45 น. – 14.45 น. ในฤดูหนาว แต่เมื่อพิจารณาจากเวลาการใช้งานและ ชั้นซาร์ทไดอาแกรมจะพบว่าสามารถกันแดดได้เกือบตลอดทั้งปีแล้ว จะมีแดดส่องเข้าไปได้ในบางช่วงเวลาจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแผงกันแดดด้านนี้

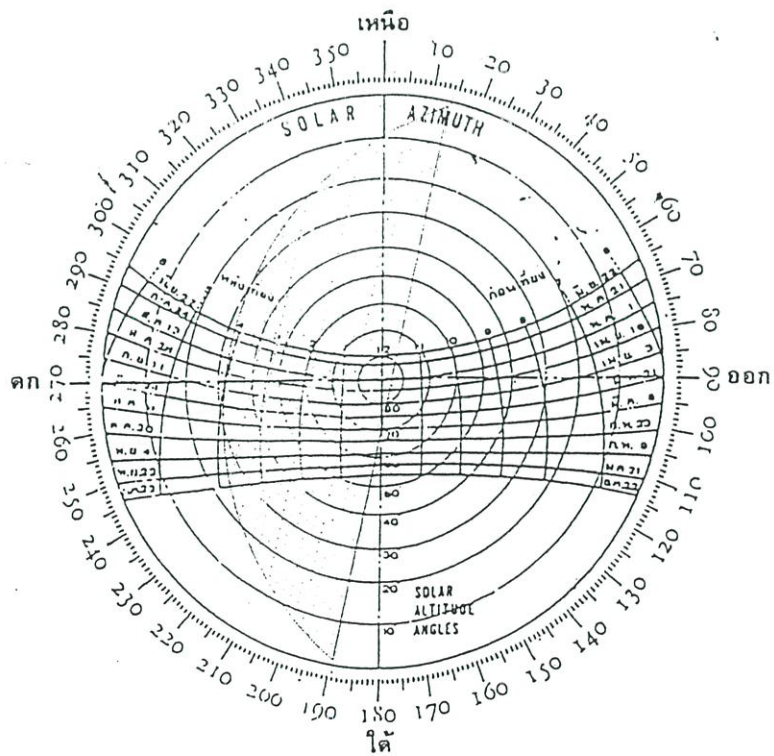
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตก (แผงกันแดด W2)

- แผนกควบคุมคุณภาพไปรษณีย์ เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดเดิมมีลักษณะที่สั้นมากสามารถกันแดดได้ถึงเวลา 13.20 น. ในฤดูร้อนและ 13.40 น. ในฤดูหนาว หากต้องการการกันแดดได้ถึงเวลา 16.30 น. ในฤดูหนาว จะต้องยื่นแผงกันแดดใหม่ลงอีกจนเกือบปิดหน้าต่างทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ปิดบังมุมมองจากภายในทั้งหมด ในการปรับปรุงจึงเลือกที่จะยื่นแผงกันแดดใหม่ลงมาเพียงแค่ระดับสายตาเท่านั้น ซึ่งสามารถจะกันแดดได้ถึงเวลา 16.00 น. ในฤดูหนาว และ 16.15 น. ในฤดูร้อน และจากการที่ภายในห้องเดิมมีมู่ลี่ปรับแสงเดิมอยู่แล้ว ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าไปได้นั้นสามารถปรับมู่ลี่บังแสงช่วยได้ เพราะเป็นช่วงเวลาใกล้เลิกงาน



ภาพที่ 5.9 แสดงรูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตก (แผงกันแดด W2)

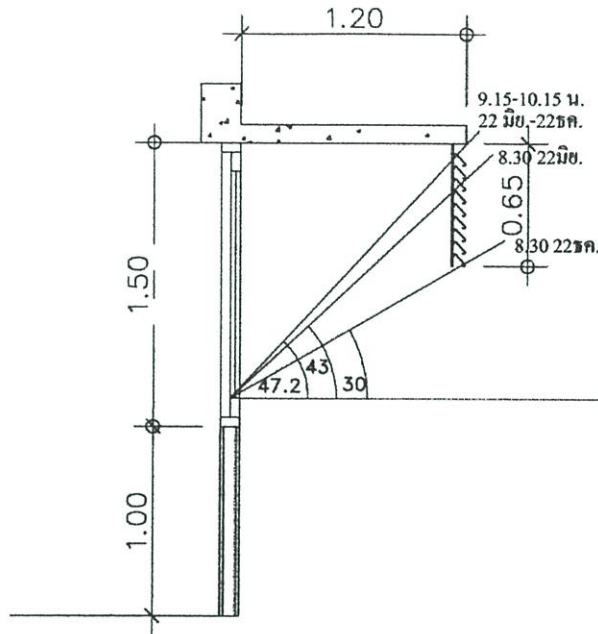


ภาพที่ 5.10 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันตกที่ปรับปรุงใหม่

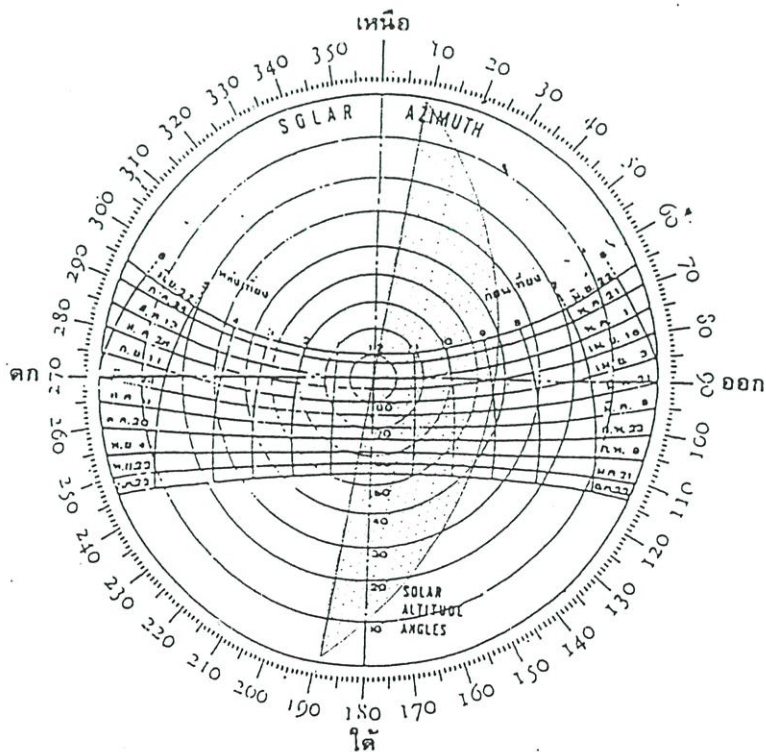
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 3 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E3)

- แผนกฐรการ , แผนกการเงิน เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดด้านนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับกับแผงกันแดดชั้น 2 และมีช่วงเวลาทำงานเหมือนกัน ดังนั้นการปรับปรุงจึงเหมือนกับแผงกันแดดชั้น 2



ภาพที่ 5.11 แสดงรูปแบบของแผงกันแดดชั้น 2 ทิศตะวันออก ปรับปรุงใหม่(แผงกันแดด E3)



ภาพที่ 5.12 แสดงเงการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 3 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่

การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 3 ทิศใต้ (แผงกันแดด S3)

- ห้องอาหาร เวลาใช้งาน 11.00 น.-13.30 น.

แผงกันแดดเดิมกันแดดได้ในเวลา 7.45 น.- 14.45 น. ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาใช้งานแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแผงกันแดดด้านนี้

การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 3 ทิศตะวันตก (แผงกันแดด W3)

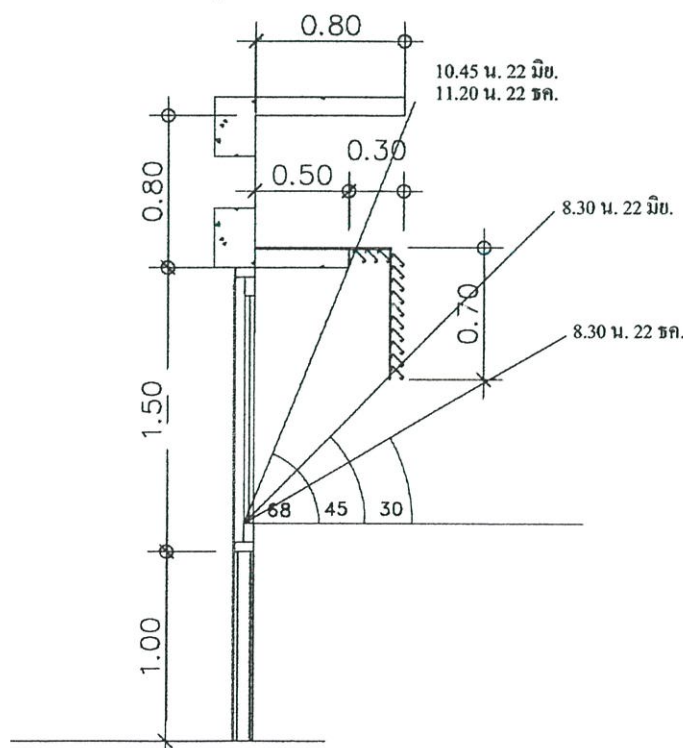
- แผนกธุรการ เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดเดิมสามารถกันแดดได้ถึงเวลา 16.45 น. ในฤดูร้อน และ 16.15 น. ในฤดูหนาวซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาใช้งานเกือบทั้งหมดแล้วจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแผงกันแดดด้านนี้

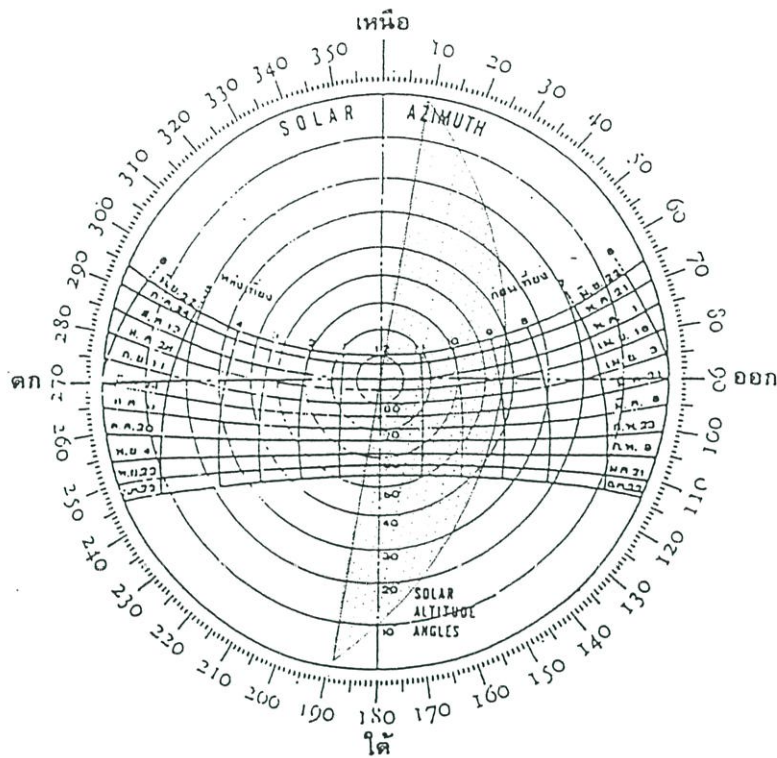
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E4)

- แผนกบริการอีเอ็มเอส ระหว่างประเทศ เวลาทำงาน 7.30 น. – 18.00 น.
- แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์ เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดเดิมสามารถกันแดดได้ในเวลา 10.30 น.ในฤดูร้อน และ 11.00 น.ในฤดูหนาว หากต้องการกันแดดตั้งแต่เวลา 8.30 น. จะต้องยื่นแผงกันแดดใหม่ลงมาอีกประมาณ 0.85 ม.ซึ่งจะปิดบังระดับสายตา จึงเลือกที่จะยื่นลงมาเพียง 0.50 ม.เท่านั้นซึ่งสามารถกันแดดได้ในเวลา 8.30 น.ในฤดูร้อนและสามารถครอบคลุมช่วงเวลาใช้งานเกือบทั้งปี



ภาพที่ 5.13 แสดงรูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันออก (แผงกันแดด E4)

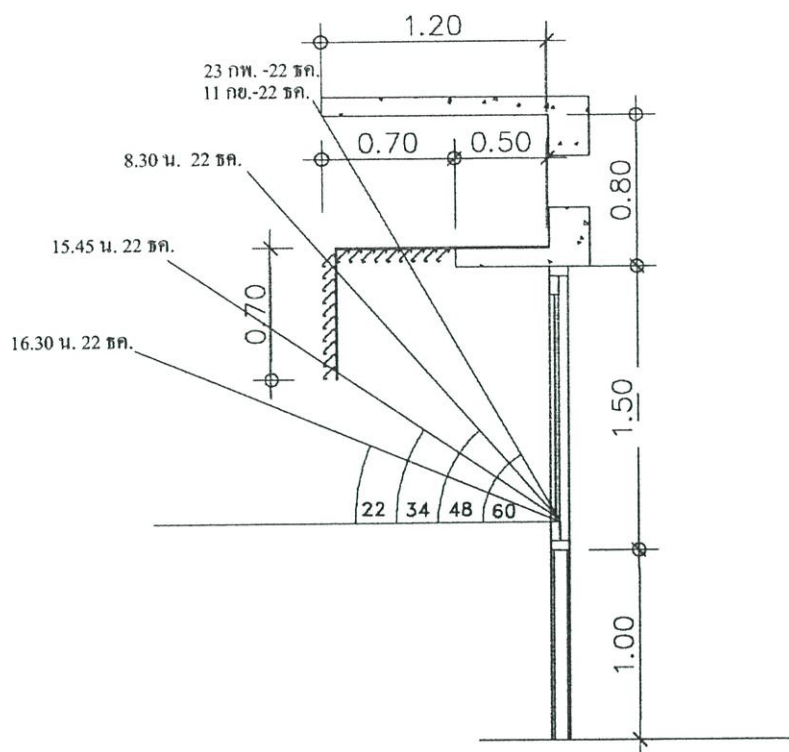


ภาพที่ 5.14 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันออกที่ปรับปรุงใหม่

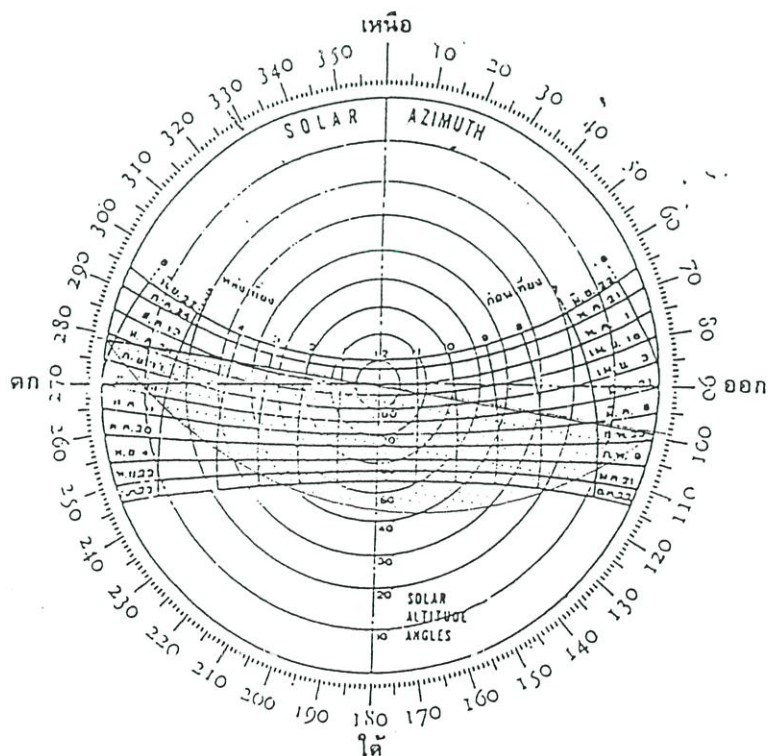
การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 4 ทิศใต้ (แผงกันแดด S4)

- แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์ เวลาทำงาน 8.30 น. – 16.30 น.

แผงกันแดดเดิมสามารถกันแดดได้ในช่วงเดือน มีค.- สค. และไม่สามารถกันแดดได้เลยในช่วงเดือน มค.-กพ.และกย.-ธค. หากจะกันแดดได้ทั้งปี ต้องยื่นแผงกันแดดใหม่ลงมาอีก 0.85 ม. แต่จะบังระดับสายตา จึงเลือกปรับปรุงยื่นลงเพียง 0.50 ม.ซึ่งจะช่วยกันแดดได้เกือบตลอดทั้งปี มีเพียงบางช่วงเวลาของฤดูหนาวเท่านั้นที่จะมีแดดส่องเข้าได้บ้างซึ่งสามารถป้องกันได้ด้วยมู่ลี่ปรับแสงภายในอาคารของเดิม



ภาพที่ 5.15 แสดงรูปแบบการปรับปรุงแผงกันแดดชั้น 4 ทิศใต้ (แผงกันแดด S4)



ภาพที่ 5.16 แสดงเงาการบังแดดของแผงกันแดดชั้น 4 ทิศใต้ที่ปรับปรุงใหม่

การวิเคราะห์แผงกันแดดชั้น 4 ทิศตะวันตก (แผงกันแดด W4)

- แผนกบริการอีเอ็มเอสระหว่างประเทศ เวลาทำงาน 7.30 น. – 18.00 น.

แผงกันแดดเดิมสามารถกันแดดได้ถึงเวลา 16.45 น. ในฤดูร้อน และ 16.15 น. ในฤดูหนาวซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาที่ใช้งานเกือบทั้งหมดแล้วจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแผงกันแดดด้านนี้

จากการจำลองสภาพอาคาร เมื่อปรับปรุงแผงกันแดดทุกด้านตามรูปแบบที่เสนอนั้น พบว่า ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด , ภาระการทำความเย็นรายปีและปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

ตารางที่ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระการทำความเย็นรายปีที่ลดลงจากการ ปรับปรุงแผงกันแดด

	อาคารเดิม	ปรับปรุงแผงกันแดด	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ภาระการทำความเย็นรายปี (Kwh)	522,986	492,336	5.86
ภาระการทำความเย็นสูงสุด (Kwh)	151.262	144.703	4.34
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	151.57	3.89

การเปลี่ยนกระจกหน้าต่างเดิมเป็นกระจกสะท้อนความร้อนหรือติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนบนกระจกเดิม

คุณสมบัติของกระจกชั้นความร้อนและกระจกสะท้อนความร้อนแสดงไว้ในตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกใสหนา 5 มม. , กระจกชั้นความร้อนหนา 6 มม. และราคา (ผลิตภัณฑ์ของบริษัทไทย-อาซาฮี จำกัด)

กระจกชั้นความร้อน (Heat Absorbing Glass)	สัมประสิทธิ์ การกันแดด (SC)	สัดส่วนแสงส่อง ผ่าน (%)	สัดส่วนการลด ความร้อน (%)	ราคาค่ากระจก ไม่ รวมค่าติดตั้ง (บาท/ฟุต ³)
สีชาเข้ม (Dark cool gray)	0.50	15	76	24
สีชา (Cool gray)	0.64	38	57	32
สีฟ้า (skyblue)	0.68	55	58	40
สีเขียว (oceangreen)	0.65	58	72	40

ตารางที่ 5.22 แสดง คุณสมบัติทางความร้อนของกระจกสะท้อนความร้อนและราคา
(ผลิตภัณฑ์ของบริษัทไทย-อาซาฮี จำกัด)

กระจกสะท้อนความร้อน (Heat reflecting Glass)	สัมประสิทธิ์ การกันแดด SC	สัดส่วนแสงส่อง ผ่าน (%)	สัดส่วนการลด ความร้อน (%)	ราคาค่ากระจก ไม่รวมค่าติดตั้ง (บาท/ฟุต ³)
สีฟ้า (SS 508)	0.26	6	96	80
สีเขียว (SS 214)	0.30	12	93	80

คุณสมบัติของฟิล์มสะท้อนความร้อนแสดงไว้ในตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 แสดงคุณสมบัติของฟิล์มสะท้อนความร้อน (ผลิตภัณฑ์ของบริษัท 3 เอ็ม)

รุ่น	สัมประสิทธิ์ การกันแดด SC	สัดส่วนแสงส่อง ผ่าน (%)	สัดส่วนการลด ความร้อน (%)	ราคาค่าฟิล์ม รวม ค่าติดตั้ง (บาท/ฟุต ³)
สีเทาเข้ม (P18)	0.26	19	77	80
สีเทา (RE 35 SIARL)	0.40	33	65	100
สีเทาอ่อน (RE 35 NEARL)	0.51	37	56	110

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกันแดด (Shading Co-efficiency , SC) ของกระจกเปรียบเทียบกับราคาของวัสดุแล้วจะเห็นว่า กระจกสะท้อนความร้อนจะมีราคาใกล้เคียงกับฟิล์มสะท้อนความร้อน หากคำนึงถึงค่าติดตั้งและความสะดวกในการทำงานแล้ว ในกรณีของการปรับปรุงอาคารเดิม การติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อน ที่กระจกเดิมจะมีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

ในการจำลองสภาพอาคาร เมื่อติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนพบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดและภาระการทำความเย็นรายปีเปลี่ยนแปลงลดลงดังนี้

ตารางที่ 5.24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความร้อนสูงสุดและปริมาณภาระการทำความร้อนรายปีที่ลดลงจากการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนบนกระจกเดิม

	อาคารเดิม	ฟิล์ม สีเทา (SC=0.40)	สัดส่วนที่ ลดลง (%)	ฟิล์ม สีเทา อ่อน (SC=0.26)	สัดส่วนที่ ลดลง (%)
ภาระการทำความร้อนรายปี (Kwh)	522,986	476,820	8.83	465,094	11.07
ภาระการทำความร้อนสูงสุด (Kwh)	516.471	479.774	7.10	470.433	8.91
ปริมาณพลังงานในการทำความร้อน (Mwh)	157.7	147.9	6.21	145.54	7.71

การติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนบนกระจกเดิม ช่วยลดการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจก
ลงได้ ทำให้ภาระการทำความร้อนสูงสุดลดลง 7.10 - 8.91 % ภาระการทำความร้อนรายปีลดลง
8.83 – 11.07 % และทำให้การใช้พลังงานในการทำความร้อนลดลง 6.21 – 7.71 %

5.2.2.5 การเปลี่ยนอุปกรณ์ดวงโคมในอาคาร

ดวงโคมที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดที่ใช้กับหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ และบัลลาสต์ชนิดสูญเสียพลังงานต่ำ (Low Lost Ballast) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้าที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Capacitor) อีกด้วย ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างจะต่ำกว่ามาตรฐานการใช้พลังงานแล้ว โดยยังไม่คำนึงถึงสภาพความส่องสว่างในอาคาร การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างนั้น สามารถทำได้ด้วยการเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือ การใช้บัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แบบสูญเสียพลังงานต่ำของเดิม ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือ แทบไม่มีการสูญเสียพลังงานเลย ทำให้มีผลดี 2 ประการคือ ช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างโดยตรงและช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นการลดภาระการทำความร้อนของระบบปรับอากาศอีกด้วย

ตาราง 5.25 แสดงคุณสมบัติการใช้พลังงานของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ

ประเภทของบัลลาสต์	การสูญเสียพลังงานในบัลลาสต์ (W)
- บัลลาสต์ธรรมดา	10
- บัลลาสต์ชนิดสูญเสียพลังงานต่ำ (Low Lost Ballast)	5
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)	0

ผลทดสอบพบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดและภาระการทำความเย็นรายปีเปลี่ยนแปลงลดลงดังนี้

ตารางที่ 5.26 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดและปริมาณภาระการทำความเย็นรายปีที่ลดลง

	อาคารเดิม	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	สัดส่วนที่ลดลง (%)
ภาระการทำความเย็นรายปี (Kwh)	522,986	327,725	37.33
ภาระการทำความเย็นสูงสุด (Kwh)	516.471	491.942	4.75
ปริมาณพลังงานในการทำความเย็น (Mwh)	157.7	154.05	2.30

การเปลี่ยนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ภาระการทำความเย็นสูงสุดลดลง 4.75 %
ภาระการทำความเย็นรายปีลดลง 37.33 %

5.3 สรุปแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อนในพื้นที่ปรับอากาศ

จากการทดลองจำลองสภาพอาคารเพื่อทำการลดความร้อนจากกรอบอาคารและความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร แล้วนำผลการลดความร้อนมาเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนการปรับปรุงวิธีนั้นๆ จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.27 แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่ลดลงเปรียบเทียบกับราคา
ค่าลงทุนปรับปรุงอาคาร

วิธีการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อน	สัดส่วนของการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่ลดลง (%)	ราคาค่าลงทุน (บาท)
ลดระดับฝ้าเพดาน	1.37	96,880
หลังคาชั้น 4 พ่นฉนวนเซรามิคโคตติง	8.58	164,250
หลังคา คสล.ชั้น 2 ใส่ฉนวนใยแก้วใต้หลังคา		
● ทางเลือกที่ 1 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	10.63	35,525
● ทางเลือกที่ 2 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	11.29	56,840
● ทางเลือกที่ 3 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 24 กก./ม. ³	11.43	76,378
ผนังภายนอกพ่นฉนวนเซรามิคโคตติง	2.1	152,187.5
ผนังภายนอก ด้านในทำผนังยิปซัมบอร์ด หนา 9 มม. และใส่ใยแก้วในช่องว่างผนัง		
● ทางเลือกที่ 1 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	1.55	264,355
● ทางเลือกที่ 2 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	1.63	300,880
● ทางเลือกที่ 3 ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 24 กก./ม. ³	1.64	334,362
ปรับปรุงแผงกันแดดทิศทางต่างๆ	3.89	164,234
ติดฟิล์มสะท้อนความร้อนสีเทา (SC 0.40) บนกระจกหน้าต่างเดิม	6.21	21,000
เปลี่ยนบัลลาสท์ชนิดสูญเสียพลังงานต่ำเป็นบัลลาสท์อิเล็กทรอนิกส์	2.16	189,000

ในการพิจารณาเลือกวิธีปรับปรุงอาคารที่จะนำมาใช้ร่วมกันนั้น ไม่ได้พิจารณาเฉพาะประสิทธิภาพในการลดความร้อนเท่านั้น จะต้องพิจารณาถึงราคาค่าลงทุนที่เหมาะสมด้วย เพราะหากเลือกแต่วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดแต่ก็มีราคาค่าลงทุนสูงมากด้วยแล้ว เมื่อดำเนินจุดคุ้มทุนออกมาแล้ว อาจจะมีระยะเวลาานานมากจนไม่มีความเหมาะสมในการลงทุนก็ได้ ดังนั้นแนวทางการคัดเลือกแนวทางปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมจึงจะนำประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานที่ได้รับกับราคาค่าลงทุนมาทำการถ่วงน้ำหนักเพื่อหาค่าคะแนนรวมของวิธีนั้นๆออกมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกวิธีปรับปรุงอาคารรวม

การให้น้ำหนักแยกเป็น การให้น้ำหนักของประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศ กับน้ำหนักของราคาค่าลงทุน โดยกำหนดเป็นคะแนนดังนี้

การให้น้ำหนักของประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานในการทำความเย็น

- 5 = มีประสิทธิภาพสูงมาก
 4 = มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง
 3 = มีประสิทธิภาพปานกลาง
 2 = มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ
 1 = มีประสิทธิภาพต่ำมาก

การให้น้ำหนักของราคาต้นทุน

- 5 = มีราคาถูกลงมาก
 4 = มีราคาค่อนข้างถูก
 3 = มีราคาปานกลาง
 2 = มีราคาค่อนข้างสูง
 1 = มีราคาสูงมาก

เมื่อนำมาจัดให้น้ำหนักจะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.28 แสดงการให้น้ำหนักของวิธีปรับปรุงอาคาร

วิธีการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อน	น้ำหนักของการใช้พลังงานในการทำความเย็นที่ลดลง	น้ำหนักของราคาต้นทุน	น้ำหนักรวม
ลดระดับฝ้าเพดาน	1	3	4
หลังคาชั้น 4 พ่นฉนวนเซรามิคโคตติง	4	2	6
หลังคา คสล.ชั้น 2 ใส่ฉนวนใยแก้วใต้หลังคา			
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	5	5	10
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	5	4	9
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 24 กก./ม. ³	5	3	8

ตารางที่ 5.28 ต่อ

ผนังภายนอกพ่นฉนวนเซรามิกโคตติง	2	2	4
ผนังภายนอก ด้านในทำผนังยิปซัมบอร์ด หนา 9 มม. และใส่ใยแก้วในช่องว่างผนัง			
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	1	1	2
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	1	1	2
- ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2" ความหนาแน่น 24 กก./ม. ³	1	1	2
ปรับปรุงแผงกันแดดทิศทางต่างๆ	3	2	5
ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา (SC 0.40) บนกระจกหน้าต่างเดิม	4	5	9
เปลี่ยนบัลลัสท์เป็นบัลลัสท์อิเล็กทรอนิกส์	2	2	4

จากการให้นำหน้าในตารางที่ 5.28 นำมาจัดลำดับเป็นวิธีปรับปรุงอาคารที่ควรนำมาพิจารณา โดยจัดลำดับจากวิธีที่ได้คะแนนสูงที่สุด 5 ลำดับแรก คือ

ตารางที่ 5.29 แสดงลำดับของวิธีปรับปรุงอาคารที่ควรนำมาพิจารณา

ลำดับที่	วิธีการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความร้อน	คะแนนรวม
1	หลังคา คสล. ชั้น 2 ใส่ฉนวนใยแก้วใต้หลังคา - ใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³	10
2	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา (SC 0.40) บนกระจกหน้าต่างเดิม	9
3	หลังคาชั้น 4 พ่นฉนวนเซรามิกโคตติง	6
4	ลดระดับฝ้าเพดาน	4
5	เปลี่ยนบัลลัสท์เป็นบัลลัสท์อิเล็กทรอนิกส์	4

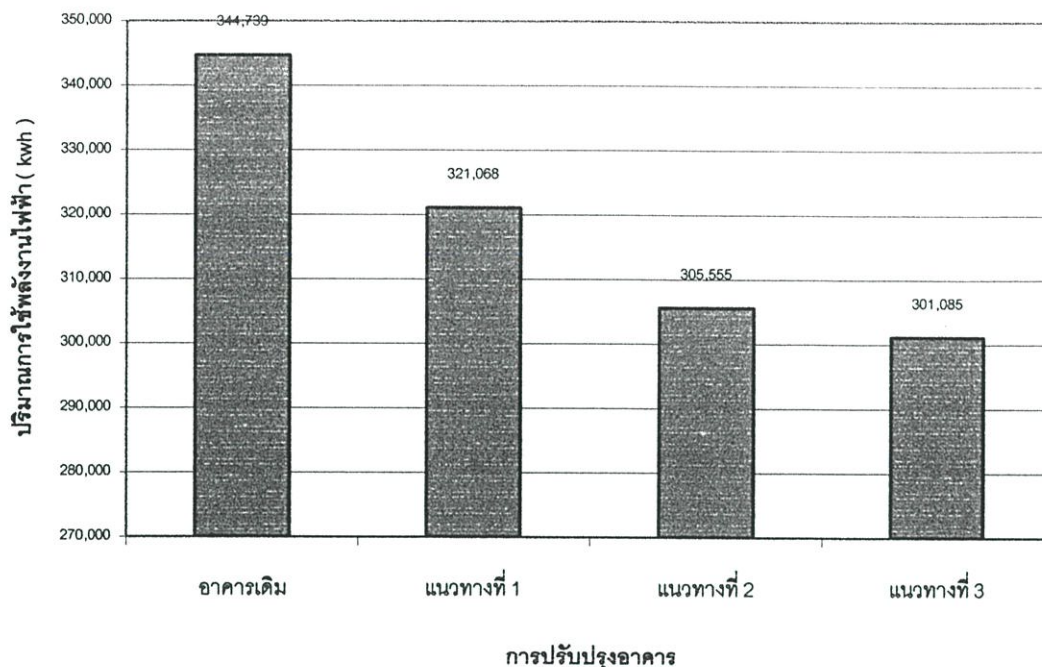
ถึงแม้ว่าการปรับปรุงอาคารตามลำดับที่ 4 และลำดับที่ 5 จะได้คะแนนรวมเท่ากัน แต่การลดระดับฝ้าเพดานช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงเพียง 1.37 % ส่วนการเปลี่ยนบัลลัสท์เป็นบัลลัสท์อิเล็กทรอนิกส์นอกจากจะช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้มากกว่าคือลดลง 2.16 % แล้ว การเปลี่ยนเป็นบัลลัสท์อิเล็กทรอนิกส์ยังจะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างได้อีกด้วย

ดังนั้นในการพิจารณาถึงแนวทางการปรับปรุงอาคารโดยรวมจึงจะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยน บัลลาสต์ทึลอุดรอนิคเท่านั้น โดยสรุปแนวทางการทดสอบการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานได้ดังนี้

ตารางที่ 5.30 แสดงแนวทางปรับปรุงอาคารที่จะทำการทดสอบ

แนวทางที่ 1	
องค์ประกอบของอาคาร	วิธีการปรับปรุง
หลังคาเหล็ก ชั้น 4	พ่นฉนวนเซรามิคโคตติงบนหลังคา
หลังคา คสล. ชั้น 2	ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ บนฝ้าเพดาน
กระจกหน้าต่าง	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
ดวงโคมแสงสว่าง	ไม่ปรับปรุง
แนวทางที่ 2	
องค์ประกอบของอาคาร	วิธีการปรับปรุง
หลังคาเหล็ก ชั้น 4	พ่นฉนวนเซรามิคโคตติงบนหลังคา
หลังคา คสล. ชั้น 2	ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ บนฝ้าเพดาน
กระจกหน้าต่าง	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
ดวงโคมแสงสว่าง	เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ทึลอุดรอนิค เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
แนวทางที่ 3	
องค์ประกอบของอาคาร	วิธีการปรับปรุง
หลังคาเหล็ก ชั้น 4	พ่นฉนวนเซรามิคโคตติงบนหลังคา
หลังคา คสล. ชั้น 2	ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ บนฝ้าเพดาน
กระจกหน้าต่าง	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
ดวงโคมแสงสว่าง	เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ทึลอุดรอนิค ทั้งหมดในอาคาร

จากผลการทดสอบแนวทางปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทาง มีผลให้การใช้พลังงานในอาคารเปลี่ยนแปลงไปดังนี้



ภาพที่ 5.17 แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงอาคารตามแนวทางต่างๆ

การปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 1 จะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 6.86 % เมื่อทำการเปลี่ยนวัสดุในพื้นที่ยกพื้นเป็นวัสดุอิเลคทรอนิกส์ ตามแนวทางที่ 2 จะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 11.36 % และเมื่อเปลี่ยนวัสดุทั้งหมดในอาคารเป็นวัสดุอิเลคทรอนิกส์ตามแนวทางที่ 3 จะช่วยลดการใช้พลังงานลงประมาณ 12.66 %
 ราคาค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทาง มีดังนี้

ตารางที่ 5.31 แสดงราคาค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทาง

การปรับปรุงอาคาร	ต้นทุน (บาท)	อัตราค่าดำเนินการ	ค่าดำเนินการ(บาท)	รวมเป็นเงิน(บาท)
- แนวทางที่ 1	220,775	23.725 %	52,379	273,154
- แนวทางที่ 2	409,775	20.695%	84,803	494,578
- แนวทางที่ 3	607,875	19.685%	119,660	727,535

การลงทุนปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 2 จะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากแนวทางที่ 1 ประมาณ 44.77 % และช่วยให้ประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 4.8 % หากลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงอาคารอาคารตามแนวทางที่ 3 จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มจากแนวทางที่ 2 ประมาณ 32 % และช่วยให้ประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้นจากแนวทางที่ 2 อีกประมาณ 1.46 %

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการลงทุนที่เพิ่มขึ้นต่อการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้น คือ การลงทุนเพิ่มจากแนวทางที่ 1 เป็นแนวทางที่ 2 จะมีสัดส่วน 44.77 / 4.8 หรือ 9.31 / 1 ส่วนการลงทุนเพิ่มจากแนวทางที่ 2 เป็นแนวทางที่ 3 จะมีสัดส่วนการลงทุนต่อการประหยัดพลังงานเป็น 32 / 1.46 หรือ 21.92 / 1 จะเห็นว่าการที่จะเพิ่มการลงทุนจากแนวทางที่ 1 เป็นแนวทางที่ 2 นั้น มีความคุ้มค่ามากกว่าการลงทุนเพิ่มเติมจากแนวทางที่ 2 เป็นแนวทางที่ 3 มาก จึงสรุปว่าการปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 3 ด้วยการเปลี่ยนบัลลาสต์ทั้งหมดในอาคารเป็นบัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์นั้นไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน เนื่องจากให้ผลในการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ ควรจะพิจารณาเฉพาะการปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 เท่านั้น

ในการปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 จะมีผลต่อราคาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารดังนี้

ตารางที่ 5.32 แสดงราคาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงลดลงจากการปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 1 และ 2

	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าไฟฟ้าลดลง (บาท)	สัดส่วนที่ลดลง (%)
- อาคารเดิม	1,123,468		
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 1	1,021,659	101,808	9.06
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 2	975,824	147,644	13.14

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน ด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \ln \left\{ \frac{[(r-d) \cdot c + 1] / A}{\ln \left\{ (1+r) / (1+d) \right\}} \right\}$$

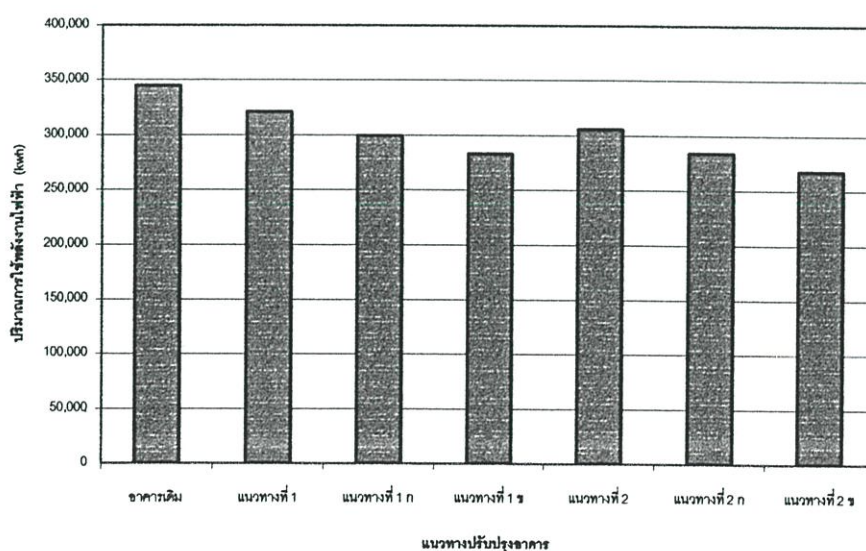
เมื่อ r = อัตราเงินเพื่อ คิดที่ 1 %

D = อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก คิดที่ 2 %

ตารางที่ 5.33 ต่อ

แนวทางที่ 2 ก	
องค์ประกอบของอาคาร	วิธีการปรับปรุง
หลังคาเหล็ก ชั้น 4	พ่นฉนวนเซรามิกโคตติงบนหลังคา
หลังคา คสล. ชั้น 2	ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ บนฝ้าเพดาน
กระจกหน้าต่าง	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
ดวงโคมแสงสว่าง	เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
	ลดการใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็น
แนวทางที่ 2 ข	
องค์ประกอบของอาคาร	วิธีการปรับปรุง
หลังคาเหล็ก ชั้น 4	พ่นฉนวนเซรามิกโคตติงบนหลังคา
หลังคา คสล. ชั้น 2	ใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1" ความหนาแน่น 16 กก./ม. ³ บนฝ้าเพดาน
กระจกหน้าต่าง	ติดฟิล์มสะท้อนความร้อน สีเทา เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
ดวงโคมแสงสว่าง	เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เฉพาะบริเวณปรับอากาศ
	ลดการใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็น
	ลดจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกจากพื้นที่ปรับอากาศ

การปรับปรุงอาคารตามแนวทางที่ 1, 1 ก, 1 ข, 2, 2 ก, 2 ข จะมีผลต่อการใช้พลังงานดังนี้



ภาพที่ 5.18 แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงอาคารตามแนวทางต่างๆ

การปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 1 เมื่อร่วมกับการลดการใช้เครื่องปรับอากาศและลดจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกไปแล้ว จะช่วยลดการใช้พลังงานลงอีกประมาณ 6.73 % และ 11.92 % ส่วนแนวทางที่ 2 เมื่อร่วมกับการลดการใช้เครื่องปรับอากาศและลดจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกไปแล้ว จะช่วยลดการใช้พลังงานลงอีกประมาณ 7.01 % และ 12.46 และทำให้ค่าไฟฟ้าเปลี่ยนไปดังนี้

ตารางที่ 5.34 แสดงราคาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงลงจากการปรับปรุงอาคาร

	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าไฟฟ้านลดลง (บาท)	สัดส่วนที่ลดลง (%)
- อาคารเดิม	1,123,468		
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 1	1,021,659	101,808	9.06
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 1 ก	947,602	175,865	5.65
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 1 ข	890,038	233,429	20.78
- การปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2	975,824	147,644	13.14
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 2 ก	902,533	220,937	19.66
- การปรับปรุงอาคาร แนวทางที่ 2 ข	845,026	278,441	24.78

เมื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนใหม่ จะได้ผลดังนี้

- การปรับปรุงแนวทางที่ 1 ก

ค่าลงทุน	273,154	บาท
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	175,865	บาท
จุดคุ้มทุน	1.59	ปี

- การปรับปรุงแนวทางที่ 1 ข

ค่าลงทุน	273,154	บาท
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	233,429	บาท
จุดคุ้มทุน	1.19	ปี

-	การปรับปรุงแนวทางที่ 2 ก		
	ค่าลงทุน	494,578	บาท
	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	220,937	บาท
	จุดคุ้มทุน	2.3	ปี
-	การปรับปรุงแนวทางที่ 1 ก		
	ค่าลงทุน	494,578	บาท
	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	278,441	บาท
	จุดคุ้มทุน	1.82	ปี

แนวทางการประหยัดพลังงานที่ผสมผสานระหว่างการจัดการการใช้งานที่เหมาะสมกับการลดภาระของเครื่องปรับอากาศ จะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้มากและทำให้การลงทุนมีระยะเวลาคืนทุนที่ไม่ยาวนาน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปทดลองปฏิบัติต่อไป

บทที่ 6

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์

จากการทดลองจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่า ก่อนที่จะติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร ระบบแสงสว่างจะมีการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อทำการติดตั้งระบบปรับอากาศแล้ว ระบบปรับอากาศจะมีการใช้พลังงานมากที่สุดแทน ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ติดตั้งระบบปรับอากาศตลอดทั้งอาคารก็ตาม แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการคำนึงถึงการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ จากการที่ระบบปรับอากาศมีหน้าที่ในการดึงความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศ แนวทางการออกแบบอาคารที่เหมาะสมจะช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งจากกรอบอาคารและภายในอาคารได้ตั้งแต่แรกซึ่งทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลงได้โดยตรง

จากการวิเคราะห์พบว่าความร้อนที่เกิดจากกรอบอาคาร มาจากส่วนของหลังคามากที่สุด เนื่องจากหลังคามีอยู่สองส่วน คือ ส่วนที่เป็นหลังคาเหล็กรีดลอนซึ่งเป็นวัสดุที่เกือบจะไม่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนเลย ถึงแม้จะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนแบบใยแก้วไว้ใต้หลังคาแล้วก็ยังไม่เพียงพอที่จะป้องกันความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหลังคาส่วนที่สองคือหลังคาคอนกรีตที่ระดับชั้น 2 ซึ่งไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใดๆ ทำให้มีปริมาณการถ่ายเทความร้อนในปริมาณที่สูงมาก ความร้อนที่เกิดขึ้นจากผนังภายนอกและจากแสงแดดที่ส่องเข้าไปในอาคารมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน แต่การลงทุนป้องกันความร้อนจากผนังภายนอกได้ผลที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับจำนวนเงินลงทุนจึงไม่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงอาคารส่วนนี้ การลงทุนป้องกันความร้อนจากแสงแดดด้วยการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนที่กระจกหน้าต่างเดิม จะมีการลงทุนต่ำและให้ประสิทธิภาพการลดความร้อนสูงกว่าการทำแผงกันแดดนอกอาคารเพิ่มเติมมาก ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้งหมด สามารถสรุปเป็นแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานได้ดังนี้

6.1 การลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

6.1.1 การลดการใช้พลังงานด้วยการจัดการโดยไม่ต้องลงทุน ด้วยการลดการใช้เครื่องปรับอากาศ จากการปิดเครื่องปรับอากาศบางส่วน จะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ 6.8 % ส่วนการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศ จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ 4 % ซึ่งการประหยัดพลังงานที่ได้จากมาตรการนี้เป็นการได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย จึงเป็นแนวทางที่ควรจะนำไปทดลองปฏิบัติได้ทันที

6.1.2 การลดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศซึ่งต้องมีการลงทุน

6.1.2.1 การลดความร้อนจากทางหลังคา

การพ่นฉนวนกันความร้อนเซรามิคโคตติงบนหลังคาเหล็กชั้น 4 ช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้ประมาณ 8.58 % ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนชนิดนี้จะค่อนข้างสูง แต่จากการคำนวณหาจุดคุ้มทุนเมื่อทำการติดตั้งฉนวนชนิดนี้ร่วมกับการป้องกันความร้อนของหลังคา คอนกรีตและการป้องกันความร้อนจากแสงแดด ก็ยังมีระยะเวลาคืนทุนไม่ถึง 3 ปี จึงถือว่าการติดตั้งฉนวนชนิดเซรามิคโคตติงนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ในส่วนของ การติดตั้งฉนวนใยแก้วใต้หลังคาคอนกรีตชั้น 2 หากพิจารณาเฉพาะคุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนใยแก้วที่มีความหนาต่างๆกันแล้ว อาจพิจารณาว่าฉนวนที่มีความหนามากกว่าและมีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่า ก็น่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้มากกว่า แต่จากผลการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กลับพบว่า ฉนวนใยแก้วที่มีความหนา 1 " ความหนาแน่น 16 กก./ม.³ กลับมีความคุ้มค่าในการใช้งานมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้รับจากการช่วยลดการใช้พลังงานกับราคาตัววัสดุ แสดงให้เห็นว่าการที่จะเลือกใช้วัสดุฉนวนกันความร้อนชนิดใดๆ หากมีการคำนวณหาผลที่ได้ในการป้องกันความร้อนเพื่อเปรียบเทียบกับราคาที่ต้องลงทุนก่อนแล้ว จะช่วยให้มีการเลือกใช้วัสดุได้อย่างมีความคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

6.1.2.2 การลดความร้อนจากผนังภายนอกอาคาร

ถึงแม้ว่าผนังอาคารซึ่งเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีค่าการนำความร้อนที่ค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากไม่ได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทุกส่วนในอาคาร ทำให้พื้นที่ที่ปรับอากาศมีพื้นที่ผนังภายนอกไม่มากนัก ผนังทางด้านทิศตะวันตกซึ่งน่าจะได้รับความร้อนสูงในเวลาบ่ายนั้นส่วนใหญ่จะมีทางเดินภายนอก ทำหน้าที่เป็นอุปสรรคกันแดดที่สามารถป้องกันความร้อนตอนบ่ายได้เกือบตลอดทั้งวัน จึงทำให้ได้รับความร้อนค่อนข้างน้อย เมื่อทดสอบการลดความร้อนจากผนังภายนอกด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆแล้ว จะเห็นว่ามีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้น้อยมากไม่ถึง 1% แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูงมากจึงไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

6.1.2.3 การลดความร้อนจากแสงแดด

จากรูปแบบของอาคารที่มีอุปกรณ์กันแดดภายนอกโดยรอบอาคาร ซึ่งช่วยในการป้องกันความร้อนจากแสงแดดได้ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะทางทิศตะวันตก แต่จากการที่อุปกรณ์กันแดดบางส่วนยังไม่สามารถป้องกันแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางการแก้ไขที่ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติม และการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนที่กระจกเดิมพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติมจะมีข้อจำกัดในเรื่องของมุมมองจากภายใน

อาคาร จึงไม่สามารถจะติดตั้งอุปกรณ์กันแดดให้สามารถกันแดดได้ตลอดเวลาการใช้งาน ทำให้แสงแดดสามารถจะส่องเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศได้ในบางช่วงเวลา การติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติมจึงช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้เพียง 3.89 % ส่วนการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนที่กระจกเดิมช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้ 7.71 % ถึงแม้ว่าอายุการใช้งานของฟิล์มสะท้อนความร้อนโดยปกติจะมีอายุประมาณ 5 ปี แต่จากการที่ฟิล์มสะท้อนความร้อนมีราคาในการติดตั้งครั้งแรกถูกกว่าการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์กันแดดภายนอกถึง 87 % ทำให้มีการลงทุนที่ต่ำมาก จึงสามารถจะเปลี่ยนได้หลายครั้งตลอดอายุการใช้งานของอาคารโดยที่ยังมีค่าใช้จ่ายรวมไม่ต่างจากการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติม

6.1.2.4 การลดความร้อนจากระบบแสงสว่าง

ความร้อนจากระบบแสงสว่างมีส่วนที่ค่อนข้างสูง การเลือกใช้อุปกรณ์ของระบบแสงสว่างที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลงได้ การเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดเป็นบัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้ 2.30 % หากพิจารณาเฉพาะในจุดนี้อาจจะเห็นว่าไม่มีส่วนในการช่วยลดการใช้พลังงานลงได้มากนัก แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีการสูญเสียพลังงานในตัวบัลลาสต์ (ballast lost) จึงช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมลงได้อีก การลงทุนเปลี่ยนบัลลาสต์ในพื้นที่ปรับอากาศรวมกับการป้องกันความร้อนจากกรอบอาคาร มีระยะเวลาคืนทุนเพียง 3.46 ปีเท่านั้น ซึ่งยังถือว่าเป็นระยะเวลาที่สั้น จึงมีความเหมาะสมที่จะลงทุนในส่วนนี้

6.2 การลดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง

เนื่องจากอาคารเดิมมีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ที่ 14.96 วัตต์/ม.^2 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคือ 16 วัตต์/ม.^2 เมื่อทดสอบการเปลี่ยนบัลลาสต์ทั้งหมดในอาคารเป็นบัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์พบว่า สัดส่วนของการใช้พลังงานที่ลดลงต่อจำนวนเงินลงทุนเป็นสัดส่วนที่ต่ำมาก จึงพิจารณาว่าไม่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงในส่วนนี้

6.3 สรุปแนวทางการลดการใช้พลังงานในอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดสรุปได้ว่า การลดการใช้พลังงานในอาคารนั้น ต้องทำการลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ซึ่งมีแนวทางการลดการใช้พลังงานเป็น 4 แนวทาง คือ

6.3.1 การลดการใช้พลังงานด้วยการจัดการโดยไม่ต้องลงทุน

6.3.1.1 การลดจำนวนการใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมลงได้ 6.8 %

6.3.1.2 การลดจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมลงได้ 4.9%

6.3.2 การลงทุนป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร

การลงทุนติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดเซรามิคโคตติงบนหลังคาเหล็กชั้น 4 , การติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนา 1 “ ความหนาแน่น 16 ก./ม.³ และการติดตั้งฟิล์มสะท้อนความร้อนที่กระจกหน้าต่างของพื้นที่ปรับอากาศ จะต้องลงทุนเป็นเงิน 273,154 บาท จะช่วยประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 101,808 บาท มีระยะเวลาคู้มทุน 2.76 ปี

6.3.3 การลงทุนป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารและภายในอาคาร

การลงทุนเปลี่ยนบัลลัสท์ของระบบแสงสว่างในพื้นที่ปรับอากาศ จากบัลลัสท์ชนิดขดลวดเป็นบัลลัสท์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับการลงทุนตามข้อ 6.3.2 จะต้องลงทุนเป็นเงิน 494,578 บาท จะช่วยประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 147,644 บาท มีระยะเวลาคู้มทุน 3.46 ปี

6.3.4 การลดการใช้พลังงานตามข้อ 6.3.1 ร่วมกับการลงทุน ตามข้อ 6.3.2 และ 6.3.3

การลงทุนตามข้อ 6.3.2 และ 6.3.3 มีระยะเวลาดำเนินการที่ค่อนข้างสั้น ในสภาพของอัตราดอกเบี้ยเงินฝากยังอยู่ในระดับต่ำ หากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากมีการปรับตัวสูงขึ้น ระยะเวลาดำเนินการก็จะมีความยาวมากขึ้น แต่ระยะเวลาดำเนินการจากการปรับปรุงตามข้อ 6.3.2 และ 6.3.3 นั้น เป็นการคำนวณจากผลการประหยัดพลังงานที่ได้รับจากการลงทุนปรับปรุงอาคารเท่านั้น ยังไม่ได้นำผลที่ได้จากการจัดการตามข้อ 6.3.1 มาพิจารณาด้วย ซึ่งเมื่อนำผลการประหยัดพลังงานที่ได้จากข้อ 6.3.1 มาร่วมพิจารณาแล้วจะได้ผลดังนี้

6.3.4.1 การปรับปรุงตามข้อ 6.3.1.1 ร่วมกับการปรับปรุงตามข้อ 6.3.2 จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 175,865 บาท ระยะเวลาดำเนินการ 1.59 ปี

6.3.4.2 การปรับปรุงตามข้อ 6.3.1.1 และ 6.3.1.2 ร่วมกับการปรับปรุงตามข้อ 6.3.2 จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 233,429 บาท ระยะเวลาดำเนินการ 1.19 ปี

6.3.4.3 การปรับปรุงตามข้อ 6.3.1.1 ร่วมกับการปรับปรุงตามข้อ 6.3.3 จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 220,937 บาท ระยะเวลาดำเนินการ 2.30 ปี

6.3.4.4 การปรับปรุงตามข้อ 6.3.1.1 และ 6.3.1.2 ร่วมกับการปรับปรุงตามข้อ 6.3.3 จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 278,441 บาท ระยะเวลาดำเนินการ 1.82 ปี

6.4 แนวทางการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับการลงทุนมากที่สุด คือ แนวทางการลงทุนตามข้อ 6.3.4.2 เป็นการลงทุนปรับปรุงอาคารร่วมกับการจัดการ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้มาก , มีการลงทุนน้อยและมีระยะเวลาคู้มทุนที่สั้นที่สุด คือมีระยะเวลาคู้มทุนเพียง 1.19 ปี ดังนั้นถึงแม้ว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากจะปรับสูงขึ้นในภายหลัง ก็ยังมีความเหมาะสมที่จะลงทุนในส่วนนี้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม หากผู้ออกแบบมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการใช้พลังงานในอาคารและความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับลักษณะทางสถาปัตยกรรมแล้วจะมีส่วนช่วยให้เกิดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษา จึงนำมาสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ดังนี้

6.2.1 สำหรับอาคารที่มีระดับความสูงไม่มากนัก (Low rise building) ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำการปรับอากาศในทุกส่วนของอาคารก็ตาม หากมีพื้นที่ปรับอากาศซึ่งอยู่ใต้หลังคาแล้ว ความร้อนจากทางหลังคาก็ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของระบบปรับอากาศ การพิจารณาป้องกันความร้อนจากทางหลังคาด้วยการติดตั้งวัสดุกันความร้อนที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศและช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารได้โดยตรง

6.2.2 การเลือกใช้วัสดุกันความร้อน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติในการกันความร้อนเพียงอย่างเดียว อาจจะไม่มีความเหมาะสมในการเลือกใช้ เนื่องจากเมื่อวัสดุนั้นมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นก็ย่อมมีราคาที่สูงขึ้นด้วย แต่สัดส่วนของราคาที่สูงขึ้นกับความสามารถในการป้องกันความร้อนที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ได้เป็นสัดส่วนกันโดยตรง หากสามารถทำการคำนวณผลที่ได้ในการป้องกันความร้อนจากวัสดุกันความร้อนที่เลือกใช้เพื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของราคาต่อวัสดุที่เพิ่มขึ้นก่อนที่จะตัดสินใจแล้ว จะช่วยให้เห็นถึงระดับความคุ้มค่าในการเลือกใช้วัสดุกันความร้อนได้อย่างชัดเจน

6.2.3 อุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคารมีความสำคัญอย่างมากที่จะช่วยลดความร้อนจากแสงแดดที่จะส่องเข้าในอาคารทางหน้าต่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์กันแดดสำหรับด้านทิศตะวันตก ถึงแม้ว่าอาคารจะถูกวางให้แกนทางยาวหันในทิศเหนือ - ใต้ ซึ่งจะทำให้กรอบอาคารด้านตะวันออกและตะวันตกได้รับแดดอย่างเต็มที่ก็ตาม หากมีอุปกรณ์กันแดดที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยลดความร้อนจากแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการพิจารณาเลือกใช้กระจกที่สามารถลดความร้อนจากแสงแดดได้ในการก่อสร้างอาคารครั้งแรก จะทำให้เกิดความคุ้มค่ากับการลงทุนได้ในเวลาไม่นาน เนื่องจากมีราคาที่สูงกว่ากระจกใสไม่มากนัก โดยเฉพาะเมื่อใช้กับอาคารทั่วไปที่จะมีสัดส่วนของพื้นที่กระจกลดน้อยกว่าพื้นที่ของผนังทึบ

6.2.4 การใช้วัสดุก่อสร้างผนังภายนอกเช่นผนังก่ออิฐฉาบปูนซึ่งเป็นวัสดุมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปนั้น ถึงแม้ว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนจะยังมีค่าการนำความร้อนที่ค่อนข้างสูง แต่ก็มีระยะเวลาหน่วงความร้อน (Time lag) ค่อนข้างนานเช่นกัน หากสามารถป้องกันให้ผนังได้รับแสงแดดเพียงช่วงเวลาสั้นๆแล้ว ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าไปในอาคารก็จะมีปริมาณน้อยหรืออาจจะถ่ายเทเข้ามาในเวลาที่เกิดใช้งานแล้ว ซึ่งไม่เป็นการเพิ่มภาระแก่ระบบปรับอากาศ

6.2.5 อาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ควรทดลองเปิดเครื่องปรับอากาศเพียงบางส่วน เพื่อทดสอบว่ายังสามารถรักษาระดับอุณหภูมิความสบายที่เหมาะสมไว้ได้หรือไม่ เนื่องจากในการออกแบบระบบปรับอากาศนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะใช้ปริมาณภาระการทำความเย็นสูงสุดที่ประเมินได้ เป็นตัวกำหนดปริมาณของการปรับอากาศที่ต้องการและยังอาจจะเผื่อปริมาณการปรับอากาศให้มากกว่าภาระที่คำนวณได้ เพื่อความแน่ใจว่าจะมีปริมาณการปรับอากาศที่เพียงพออย่างแน่นอน ซึ่งวันเวลาที่จะมีปริมาณภาระการปรับอากาศสูงสุดนั้น จะเป็นวันในฤดูร้อน เช่น ในเดือนเมษายนหรือเดือนพฤษภาคม แต่ในช่วงเวลาอื่นๆของปี ปริมาณภาระการปรับอากาศจะลดลง ทำให้จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้อาจจะเกินความจำเป็น หากปิดเครื่องปรับอากาศบางเครื่องแล้วยังสามารถรักษาระดับอุณหภูมิความสบายที่ต้องการไว้ได้แล้ว ย่อมจะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้

6.2.6 จากการที่อาคารที่ทำการไปรษณีย์ไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อติดตั้งเครื่องปรับอากาศตั้งแต่แรก เมื่อต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายหลัง การติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบแยกส่วน (Split Type) จึงมีความสะดวกที่สุดในการติดตั้ง แต่การใช้เครื่องปรับอากาศระบบแยกส่วนขนาดเล็กหลายๆเครื่องสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ จะมีการใช้พลังงานมากกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาดใหญ่เพียงเครื่องเดียวที่มีขนาดการทำความเย็นเท่ากัน ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่แผนกบริการไปรษณีย์ซึ่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศ จำนวน 9 เครื่อง มีขนาดการทำความเย็นรวม 281,900 บีทียู จะมีการใช้พลังงานรวมทั้งหมด 28,870 วัตต์ หากเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เครื่องเดียวที่มีขนาดการทำความเย็นเท่ากัน จะใช้พลังงานเพียง 22,128 วัตต์ หรือน้อยกว่าประมาณ 23 % ซึ่งในระยะยาวแล้วย่อมจะช่วยประหยัดการใช้พลังงานลงได้มาก ถึงแม้ว่าในการติดตั้งครั้งแรกจะต้องลงทุนค่าติดตั้งมากกว่าก็ตาม เนื่องจากจะต้องมีการติดตั้งท่อส่งลมเย็นด้วย แต่ก็จะมีการคุ้มทุนในเวลาไม่นาน ดังนั้นหากมีการวางแผนการใช้งานอาคารที่ดีและมีการเตรียมการสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานแล้ว จะมีส่วนในการประหยัดพลังงานลงได้มาก

6.2.7 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช่อุปกรณ์สำนักงาน มีส่วนไม่น้อยในการสร้างความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปรับอากาศ ในการออกแบบอาคาร หากคำนึงถึงชีวิตประจำวันหรือลักษณะการใช้อาคารที่เกิดขึ้นจริงแล้ว จะเห็นว่าผู้ใช้อาคารมีความจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆเพิ่มเติมจากอุปกรณ์สำนักงาน เช่น หม้อต้มน้ำร้อน เครื่องทำน้ำเย็น ตู้เย็น โทรทัศน์ วิทยุ ดังนั้นหากสามารถออกแบบให้มีพื้นที่ส่วนกลาง สำหรับติดตั้งเครื่องใช้เหล่านี้ไว้นอกพื้นที่ปรับอากาศได้แล้ว ก็จะช่วยลดภาระการปรับอากาศลงได้ไม่น้อย และจะมีส่วนในการลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลงได้

บรรณานุกรม

ผศ.สุรพล พุกกะพานิช, 2529 , การปรับอากาศ หลักการและระบบ , กรุงเทพฯ :

ฟิลิปปส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ , เทคนิคการส่องสว่าง , กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 2542 , เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน , กรุงเทพฯ :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมาคมสถาปนิกสยาม, 2529 , การประหยัดพลังงานในอาคารและเมือง , กรุงเทพฯ

ร.อ.หญิง ปริมลภา วสุวัต, 2542 , กลยุทธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

งานราชการ , วิทยานิพนธ์หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ

บริษัท แมททีเรียลส์พหลาย อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด, 2542 , ฉนวนป้องกันความร้อนและหลัก

เกณฑ์การเลือกใช้ฉนวนเส้นใย , ยาง , โฟม และเซรามิค ใต้ตั้งสำหรับประเทศ

ไทย , กรุงเทพฯ

BARUCH GIVONI, 1994, PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING OF BUILDING

D.J. FISK , THERMAL CONTROL OF BUILDING,1981 , APPLIED SCIENCE

PUBLISHERS LTD.

D.A. McINTYRE,1980 , INDOOR CLIMATE , APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD.

FRED S. DUBIN , CHALMERS G. LONG JR. , 1978, ENERGY CONSERVATION

STANDARDS FOR BUILDING DESIGN , CONSTRUCTION AND OPERATION

, McGRAW – HILL INC.

O.H. KOENIGSBERGER , T.G. INGERSOLL , ALAN MAYHEW , S.V. SZOKOLAY , 1978

MANUAL OF TROPICAL HOUSING AND BUILDING

PHILLIP STEADMAN, 1976 , ENERGY ENVIRONMENT AND BUILDING ,

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

ภาคผนวก

- ตัวอย่างการป้อนข้อมูลสำหรับโปรแกรมโด 2.1
- จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่
- จำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่และค่า WATT INPUT , COOLING CAPACITY
- การคำนวณค่าไฟฟ้าในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

ตัวอย่างการป้อนข้อมูลสำหรับโปรแกรมโด 2.1

```

INPUT LOADS
INPUT-UNITS=METRIC
OUTPUT-UNITS=METRIC  ..

RUN-PERIOD
    JAN 1 1985 THRU DEC 31 1985  ..
ABORT      ERRORS      ..
DIAGNOSTIC COMMENTS  ..
BUILDING-LOCATION
    LATITUDE=13.44      LONGITUDE=-100.06
    ALTITUDE=2.02      TIME-ZONE=-7
    GROSS-AREA=4228.55  AZIMUTH=180  ..

$MATERIALS
BRICK=MAT
    TH=0.07      COND=1.211
    DENS=1872    S-H=800      ..
PLASTER=MAT
    TH=0.015    COND=0.533
    DENS=1568    S-H=670      ..
CEMENT=MAT
    LIKE=PLASTER      ..
CONCRETE=MAT
    LIKE=PLASTER      ..
GYPSUM=MAT
    RES=0.05      ..
METAL-ROOF=MAT
    RES=0.00001    ..
GLASSWOOL1=MAT    $2in-24kg
    RES=1.359      ..
AIRGAP-1=MAT    $AIR-GAP ROOF TILT=0
    RES=0.174      ..
AIRGAP-2=MAT    $AIR-GAP ROOF TILT=10
    RES=0.170      ..

$GLASS-TYPE
C-GLASS=G-T
    P=1      S-C=0.95
    G-C=8.3466      ..

$LAYERS
LAY-1=LA    $WALL-1 E-W
    MAT=(PLASTER,BRICK,PLASTER)
    TH=(0.015,0.07,0.015)  I-F-R=0.12  ..
LAY-2=LA    $SLAB-1
    MAT=(CEMENT,CONCRETE)
    TH=(0.065,0.05)      I-F-R=0.12  ..
LAY-3=LA    $SLAB-2
    MAT=(CEMENT,CONCRETE,AIRGAP-1,GYPSUM)
    TH=(0.065,0.05,0.85,0.009)  I-F-R=0.12  ..
LAY-4=LA    $ROOF 4th FL
    MAT=(METAL-ROOF,AIRGAP-2,GLASSWOOL1,GYPSUM)
    TH=(0.005,2,0.05,0.009)      I-F-R=0.12  ..

$CONSTRUCTIONS
WALL-1=CONS
    LA=LAY-1      ABS=0.65      RO=3      ..
WALL-IN=CONS    U=2.82      ..
WALL-2=CONS    U=1.704      ..
WALL-3=CONS    U=0.604      ..
WALL-P=CONS    U=0.377      ..
GLASS-D=CONS    U=4.082      ..
SLAB-1=CONS    U=3.13      ..
SLAB-2=CONS    U=1.901      ..
DECK-1=CONS
    LA=LAY-3      ABS=0.65      RO=3      ..
DECK-2=CONS
    LA=LAY-2      ABS=0.65      RO=3      ..
METALROOF-1=CONS
    LA=LAY-4      ABS=0.86      RO=5      ..
METALROOF-2=CONS    U=100000      ..
METALDOOR=CONS    U=10000      ..
CEIL-1=CONS    U=0.61      ..

```

\$ HORIZONTAL BUILDING SHADE

SH-1E=B-S	H=1.5	W=54			
	X=-1.5	Y=48.5	Z=4.4		
	TR=0	TILT=0	AZ=270	..	
SH-1S=B-S	H=12	W=28.5			
	X=28.5	Y=48.5	Z=4.4		
	TR=0	TILT=0	AZ=0	..	
SH-1W=B-S	H=1	W=18			
	X=29.5	Y=6.5	Z=4.4		
	TR=0	TILT=0	AZ=90	..	
SH-1N=B-S	H=5.5	W=23			
	X=0	Y=-5.5	Z=4.4		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-2S=B-S	H=1.2	W=28.5			
	X=28.5	Y=37.7	Z=7.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=0	..	
SH-2W=B-S	H=0.5	W=18			
	X=29.5	Y=6.5	Z=7.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=90	..	
SH-2N1=B-S	H=5.5	W=17.6			
	X=12	Y=-5.5	Z=7.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-2N2=B-S	H=1.2	W=6			
	X=0	Y=-1.2	Z=7.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-2E=B-S	H=1.2	W=38.9			
	X=-1.2	Y=37.7	Z=7.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=270	..	
SH-3S=B-S	H=1.2	W=28.5			
	X=28.5	Y=37.7	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=0	..	
SH-3W=B-S	H=3.4	W=24			
	X=18.9	Y=0	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=90	..	
SH-3N1=B-S	H=4	W=12.9			
	X=6	Y=-4	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-3N2=B-S	H=1.2	W=6			
	X=0	Y=-1.2	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-3N3=B-S	H=4	W=7.5			
	X=6	Y=-4	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-3E=B-S	H=1.2	W=38.9			
	X=-1.2	Y=37.7	Z=11.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=270	..	
SH-4S=B-S	H=0.6	W=28.5			
	X=28.5	Y=37.1	Z=15.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=0	..	
SH-4W=B-S	H=3.4	W=24			
	X=18.9	Y=0	Z=15.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=90	..	
SH-4N1=B-S	H=4	W=12.9			
	X=6	Y=-4	Z=15.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-4N2=B-S	H=0.6	W=6			
	X=0	Y=-0.6	Z=15.7		
	TR=0	TILT=0	AZ=180	..	
SH-4E=B-S	H=0.6	W=37.7			

```

X=-0.6 Y=37.1 Z=15.7
TR=0 TILT=0 AZ=270 ..
SH-2NV=B-S
H=11.3 W=4
X=6 Y=0 Z=4.4
TR=0 TILT=90 AZ=270 ..
SH-3NV=B-S
H=11.3 W=4
X=6 Y=-4 Z=4.4
TR=0 TILT=90 AZ=180 ..

```

SOCCUPANT DAY SCHEDULE

```

OCC-SC-1=D-SCH $OFF-3$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,.8,1,1,1,1,1,1,1,.8,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-2=D-SCH $OFF-1$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-3=D-SCH $OFF-AC-1$
(1,24) (1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1) ..
OCC-SC-4=D-SCH $OFF-2,4$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,.7,.7,.8,.8,.9,1,.7,.7,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-5=D-SCH $OFF-AC-2,4,6,9$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-6=D-SCH $OFF-AC-3$
(1,24) (0,0,0,0,0,.3,.3,.3,.8,.9,1,1,.7,.7,.7,.3,.3,.1,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-7=D-SCH $OFF-AC-8$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,.6,.6,1,1,1,1,1,1,.4,.4,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SC-8=D-SCH $OFF-AC-7$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SAT-1=D-SCH $OFF-3$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,.5,.8,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC SAT 2=D SCH $OFF-1$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SAT-3=D-SCH $OFF-AC-4$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-SAT-4=D-SCH $OFF-AC-3$
(1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,.1,.1,.1,.1,.1,.05,.05,.05,0,0,0,0,0,0,0) ..
OCC-HOL=D-SCH $HOLIDAY$
(1,24) (0) ..

```

SOCCUPANT WEEK SCHEDULE

```

OCC-WK-1=W-SCH $OFF-3$
(WD) OCC-SC-1
(SAT) OCC-SAT-1
(SUN,HOL) OCC-HOL ..
OCC-WK-2=W-SCH $OFF-1$
(WD) OCC-SC-2
(SAT) OCC-SAT-2
(SUN,HOL) OCC-HOL ..
OCC-WK-3=W-SCH $OFF-AC-1$
(WD) OCC-SC-3
(SAT) OCC-SC-3
(SUN,HOL) OCC-HOL ..
OCC-WK-4=W-SCH $OFF-2,4$
(WD) OCC-SC-4
(WEH) OCC-HOL ..
OCC-WK-5=W-SCH $OFF-AC-2,5,6,9$
(WD) OCC-SC-5
(WEH) OCC-HOL ..
OCC-WK-5-AC-4=W-SCH $OFF-AC-4$
(WD) OCC-SC-5
(SAT) OCC-SAT-3
(SUN,HOL) OCC-HOL ..
OCC-WK-6=W-SCH $OFF-AC-3$
(WD) OCC-SC-6
(SAT) OCC-SAT-4
(SUN,HOL) OCC-HOL ..
OCC-WK-7=W-SCH $OFF-AC-8$
(WD) OCC-SC-7
(WEH) OCC-HOL ..
OCC-WK-8=W-SCH $OFF-AC-7$
(WD) OCC-SC-8
(WEH) OCC-HOL ..

```

SOCCUPANT SCHEDULE

```

SCH-1=SCH THRU DEC 31 W-SCH=OCC-WK-1 $OFF-3$ ..
SCH-2=SCH THRU DEC 31 W-SCH=OCC-WK-2 $OFF-1$ ..
SCH-3=SCH THRU DEC 31 W-SCH=OCC-WK-3 $OFF-AC-1$ ..

```



```

(WD)          EQ-SC-5
(SAT)         EQ-SAT-3
(SUN, HOL)    EQ-HOL          ..
EQ-WK-6=W-SCH
(WD)          EQ-SC-6
(SAT)         EQ-SAT-4
(SUN, HOL)    EQ-HOL          ..
EQ-WK-7=W-SCH
(WD)          EQ-SC-7
(WEH)         EQ-HOL          ..
EQ-WK-8=W-SCH
(WD)          EQ-SC-8
(WEH)         EQ-HOL          ..
EQ-WK-CAN=W-SCH
(ALL)         EQ-CAN          ..

```

\$EQUIPMENT SCHEDULE

```

EQ-1=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-1      ..
EQ-2=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-2      ..
EQ-3=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-3      ..
EQ-4=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-4      ..
EQ-5=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-5      ..
EQ-5A=SCH     THRU DEC 31   EQ-WK-5A     ..
EQ-6=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-6      ..
EQ-7=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-7      ..
EQ-8=SCH      THRU DEC 31   EQ-WK-8      ..
EQ-CANTEEN=SCH THRU DEC 31   EQ-WK-CAN    ..

```

\$\$SPACE CONDITIONS

```

OFF-AC-1=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N O P=24        P-SCH=SCH-3
  L-SCH=L-3       L-KW=4.606
  E-SCH=EQ-3      E-KW=0.5
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.1       Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..
OFF-AC-2=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N-O-P=18        P-SCH=SCH-5
  L-SCH=L-5       L-KW=1.992
  E-SCH=EQ-5      E-KW=6.73
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.1       Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..
OFF-AC-3=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N-O-P=32        P-SCH=SCH-6
  L-SCH=L-6       L-KW=2.614
  E-SCH=EQ-6      E-KW=2.4
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.1       Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..
OFF-AC-4=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N-O-P=42        P-SCH=SCH-5A
  L-SCH=L-5A      L-KW=5.851
  E-SCH=EQ-5A     E-KW=5.42
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.05      Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..
OFF-AC-5=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N-O-P=2         P-SCH=SCH-5
  L-SCH=L-5       L-KW=0.622
  E-SCH=EQ-5      E-KW=0.62
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.1       Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..
OFF-AC-6=S-C
  T=(25)          P-H-G=130
  N-O-P=10        P-SCH=SCH-5
  L-SCH=L-5       L-KW=3.486
  E-SCH=EQ-5      E-KW=3.4
  I-SCH=INFIL-1   I-M=AIR-CHANGE
  I-CFM=0.05      Z-TYPE=CONDITIONED
  L-T=REC-FLUOR-NV ..

```

OFF-AC-7=S-C			
T=(25)		P-H-G=130	
N-O-P=20		P-SCH=SCH .8	
L-SCH=L-8		L-KW=0.747	
E-SCH=EQ-8		E-KW=0.1	
I-SCH=INFIL-1		I-M=AIR-CHANGE	
I-CFM=0.1		Z-TYPE=CONDITIONED	
L-T=REC-FLUOR-NV		..	
OFF-AC-8=S-C			
T=(25)		P-H-G=130	
N-O-P=10		P-SCH=SCH-7	
L-SCH=L-7		L-KW=4.641	
E-SCH=EQ-7		E-KW=2	
I-SCH=INFIL-1		I-M=AIR-CHANGE	
I-CFM=0.05		Z-TYPE=CONDITIONED	
L-T=REC-FLUOR-NV		..	
OFF-AC-9=S-C			
T=(25)		P-H-G=130	
N-O-P=8		P-SCH=SCH-5	
L-SCH=L-5		L-KW=4.482	
E-SCH=EQ-5		E-KW=3	
I-SCH=INFIL-1		I-M=AIR-CHANGE	
I-CFM=0.05		Z-TYPE=CONDITIONED	
L-T=REC-FLUOR-NV		..	
§UNCONDITIONED SPACE			
OFF-1=S-C			
T=(29)		P-H-G=130	
N-O-P=11		P-SCH=SCH-2	
L-SCH=L-2		L-KW=2.49	
E-SCH=EQ-2		E-KW=0.3	
I-M=RESIDENTIAL		L-T=REC-FLUOR-NV	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		..	
OFF-2=S-C			
T=(29)		P-H-G=130	
N-O-P=12		P-SCH=SCH-4	
L-SCH=L-1		L-KW=4.731	
E-SCH=EQ-1		E-KW=0.3	
I-M=RESIDENTIAL		L-T=REC-FLUOR-NV	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		..	
OFF-3=S-C			
T=(29)		P-H-G=130	
N-O-P=30		P-SCH=SCH-1	
L-SCH=L-4		L-KW=5.727	
E-SCH=EQ-4		E-KW=1	
I-M=RESIDENTIAL		L-T=REC-FLUOR-NV	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		..	
OFF-4=S-C			
T=(29)		P-H-G=130	
N-O-P=29		P-SCH=SCH-4	
L-SCH=L-4		L-KW=4.465	
E-SCH=EQ-4		E-KW=1.576	
I-M=RESIDENTIAL		L-T=REC-FLUOR-NV	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		..	
CANTEEN=S-C			
T=(29)		P-H-G=130	
N-O-P=10		P-SCH=SCH-4	
L-SCH=L-NON		L-KW=5.229	
E-SCH=EQ-CANTEEN		E-KW=0.79	
I-M=RESIDENTIAL		L-T=REC-FLUOR-NV	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		..	
HALL-1=S-C			
T=(29)			
L-SCH=L-HALL		L-KW=0.859	
I-M=RESIDENTIAL		E-KW=0	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		L-T=REC-FLUOR-NV	..
HALL-2=S-C			
LIKE=HALL-1	L-KW=0.859	E-KW=0	..
HALL-3=S-C			
LIKE=HALL-1	L-KW=1.601	E-KW=0	..
HALL-4=S-C			
LIKE=HALL-1	L-KW=1.601	E-KW=0	..
STO-1=S-C			
T=(29)			
L-SCH=L-STO		L-KW=0.361	
I-M=RESIDENTIAL		E-KW=0	
Z-TYPE=UNCONDITIONED		L-T=REC-FLUOR-NV	..

STO-2=S-C
 T=(29)
 L-SCH=L-STO L-KW=0.373
 I-M=RESIDENTIAL E-KW=0
 Z-TYPE=UNCONDITIONED L-T=REC-FLUOR-NV ..
 BASEMENT=S-C
 T=(30) Z-TYPE=UNCONDITIONED ..
 TOP-ROOF=S-C
 T=(30) Z-TYPE=UNCONDITIONED ..

\$\$SPACE & SURFACE

ZONE-BASEMENT=SPACE

A=1386.4 V=1663.68
 X=0 Y=0 Z=0
 AZ=0 S-C=BASEMENT ..
 WALL-B1=E-W
 H=1.2 W=22.5 CONS=WALL-1
 X=22.5 Y=46.5 Z=0
 AZ=0 ..
 WALL-B2=E-W
 H=1.2 W=10 CONS=WALL-1
 X=22.5 Y=36.5 Z=0
 AZ=90 ..
 WALL-B3=E-W
 H=1.2 W=6 CONS=WALL-1
 X=28.5 Y=36.5 Z=0
 AZ=0 ..
 WALL-B4=E-W
 H=1.2 W=30 CONS=WALL-1
 X=28.5 Y=6.5 Z=0
 AZ=90 ..
 WALL-B5=E-W
 H=1.2 W=1 CONS=WALL-1
 X=29.5 Y=6.5 Z=0
 AZ=0 ..
 WALL-B6=E-W
 H=1.2 W=12.5 CONS=WALL-1
 X=29.5 Y=-6 Z=0
 AZ=90 ..
 WALL-B7=E-W
 H=1.2 W=17.5 CONS=WALL-1
 X=12 Y=-6 Z=0
 AZ=180 ..
 WALL-B8=E-W
 H=1.2 W=3 CONS=WALL-1
 X=12 Y=-3 Z=0
 AZ=270 ..
 WALL-B9=E-W
 H=1.2 W=12 CONS=WALL-1
 X=0 Y=-3 Z=0
 AZ=180 ..
 WALL-B10=E-W
 H=1.2 W=49.5 CONS=WALL-1
 X=0 Y=46.5 Z=0
 AZ=270 ..

ZONE-OFF-AC-1=SPACE

A=212 V=636
 X=0 Y=24 Z=1.2
 AZ=0 S-C=OFF-AC-1 ..
 FL-1=I-W
 A=187.5 CONS=SLAB-1 N-T=ZONE-BASEMENT
 TILT=180
 X=0 Y=6 Z=0 ..
 FL-2=I-W
 A=24.5 CONS=SLAB-1 N-T=ZONE-BASEMENT
 TILT=100
 X=15 Y=6 Z=0 ..
 CEIL-1A=I-W
 H=6.5 W=18.75 CONS=SLAB-2
 TILT=0 X=18.75 Y=12.5 Z=3
 N-T=ZONE-OFF-4 ..
 CEIL-2=I-W
 H=6 W=7 CONS=SLAB-2
 TILT=0 X=15 Y=6 Z=3
 N-T=ZONE-OFF-4 ..
 CEIL-3=I-W
 H=2.5 W=8 CONS=SLAB-2
 TILT=0 X=8 Y=6 Z=3

```

N-T=ZONE-OFF-4
CEIL-4=I-W
H=3.5      W=8      CONS=SLAB-2
TILT=0     X=8      Y=3.5      Z=3
N-T=ZONE-OFF-AC-5
EWALL-1=E-W
H=3        W=12.5   CONS=WALL-1
X=0        Y=12.5   AZ=270 ..
EWIN-1=WINDOW
H=1.5     W=11.5   G-T=C-GLASS
X=0.5     Y=1      ..
SWALL-1=E-W
H=3        W=8      CONS=WALL-1
X=8        Y=12.5   AZ=0 ..
SWIN-1=WINDOW
H=1.5     W=7      G-T=C-GLASS
X=.5      Y=1      ..
SWALL-2=E-W
H=3        W=3.75   CONS=WALL-1
X=18.75   Y=12.5   AZ=0 ..
SWALL-2A=E-W
H=3        W=7      CONS=METALDOOR
X=15       Y=12.5   AZ=0 ..
WWALL-1=I-W
H=3        W=6.5    CONS=WALL-IN
N-T=ZONE-HALL-1
X=18.75   Y=6      AZ=90 ..
WWALL-2=I-W
H=3        W=6      CONS=WALL-P
N-T=ZONE-CFF-2      X=15   Y=0      AZ=90 ..
NWALL-1=I-W
H=3        W=3.75   CONS=GLASS-D
N-T=ZONE-OFF-2      X=15   Y=6      AZ=180 ..
NWALL-2=I-W
H=3        W=15     CONS=WALL-P
N-T=ZONE-OFF-2      X=0     Y=0     Z=0      AZ=180 ..
ZONE-HALL-1=SPACE
A=117     V=351
X=18.75   Y=24.5   Z=1.2
AZ=0      S-C=HALL-1 ..
FL-3=I-W
A=117     CONS=SLAB-1
X=0       Y=0     Z=0      TILT=180
N-T=ZONE-BASEMENT
CEIL-6=I-W
H=12     W=9.75   CONS=SLAB-2
X=9.75   Y=12     Z=3      TILT=0
N-T=ZONE-HALL-2
SWALL-3=E-W
H=3        W=6.5    CONS=WALL-1
X=9.75     Y=12     AZ=0 ..
WWALL-3=E-W
H=3        W=12     CONS=WALL-1
X=9.75     Y=0      AZ=90 ..
WWIN-1=WINDOW
H=0.6     W=0.6    G-T=C-GLASS
X=10.7    Y=1.9    ..
WWIN-2=WINDOW
H=0.6     W=0.6    G-T=C-GLASS
X=6       Y=1.9    ..
NWALL-3=I-W
H=3        W=9.75   CONS=WALL-IN
X=0        Y=0      Z=0      AZ=180
N-T=ZONE-OFF-1
ZONE-OFF-1=SPACE
A=117     V=351
X=18.75   Y=12.5   Z=1.2
AZ=0      S-C=OFF-1 ..
CEIL-7=I-W
H=12     W=6.5    CONS=SLAB-2
X=9.75   Y=12     Z=3
TILT=0   N-T=ZONE-OFF-AC-2 ..
CEIL-8=I-W
H=12     W=3.25   CONS=SLAB-2
X=3.25   Y=12     Z=3
TILT=0   N-T=ZONE-OFF-AC-3 ..
WWALL-4=E-W
H=3        W=12     CONS=WALL-1
X=9.75     Y=0      AZ=90 ..
WWIN-3=WINDOW

```

H=1.5	W=11	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1	..	
NWALL-4=I-W			
H=3	W=9.75	CONS=WALL-IN	
X=0	Y=0	AZ=180	
N-T=ZONE-OFF-3		..	
EWALL-2=I-W			
H=3	W=12	CONS=WALL-IN	
X=0	Y=12	AZ=270	
N-T=ZONE-OFF-2		..	
FL-4=I-W			
A=117	CONS=SLAB-1	N-T=ZONE-BASEMENT	
X=0	Y=0	Z=0	TILT=180 ..
ZONE-OFF-2=SPACE			
A=238.125	V=714.375		
X=0	Y=12.5	Z=1.2	
AZ=0	S-C=OFF-2	..	
FL-5=I-W			
A=215.625	CONS=SLAB-1	N-T=ZONE-BASEMENT	
X=0	Y=0	Z=0	TILT=180 ..
FL-5A=I-W			
A=22.5	CONS=SLAB-1	N-T=ZONE-BASEMENT	
X=15	Y=11.5	Z=0	TILT=180 ..
CEIL-9=I-W			
H=6	W=3.75	CONS=SLAB-2	
X=18.75	Y=17.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-4	..	
CEIL-10=I-W			
H=11.5	W=3.75	CONS=SLAB-2	
X=18.75	Y=11.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-3	..	
CEIL-11=I-W			
H=3	W=4	CONS=SLAB-2	
X=12	Y=11.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-4	..	
CEIL-12=I-W			
H=3	W=5.5	CONS=SLAB-2	
X=8	Y=11.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-5	..	
CEIL-13=I-W			
H=3	W=2.5	CONS=SLAB-2	
X=2.5	Y=11.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-STO-1	..	
CEIL-14=I-W			
H=3	W=11	CONS=SLAB-2	
X=15	Y=8.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-4	..	
CEIL-15=I-W			
H=3	W=4	CONS=SLAB-2	
X=4	Y=8.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-STO-1	..	
CEIL-16=I-W			
H=5.5	W=15	CONS=SLAB-2	
X=15	Y=5.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-4	..	
NWALL-5=I-W			
H=3	W=18.75	CONS=WALL-IN	
X=0	Y=0	AZ=180	
N-T=ZONE-OFF-3		..	
EWALL-3=E-W			
H=3	W=11.5	CONS=WALL-1	
X=0	Y=11.5	AZ=270	..
EWIN-2=WINDOW			
H=1.5	W=11	G-T=C-GLASS	
X=0	Y=1	..	
ZONE-OFF-3=SPACE			
A=366.5	V=1099.5		
X=0	Y=0	Z=1.2	
AZ=0	S-C=OFF-3	..	
CEIL-17=I-W			
H=12.5	W=6.5	CONS=SLAB-2	
X=28.5	Y=12.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-2	..	
CEIL-17A=I-W			
H=6.5	W=1	CONS=SLAB-2	
X=29.5	Y=6.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-2	..	

CEIL-18=I-W			
H=12.5	W=7	CONS=SLAB-2	
X=22	Y=12.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-3	..	
CEIL-19=I-W			
H=12.5	W=15	CONS=SLAB-2	
X=15	Y=12.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-4	..	
WWALL-5=E-W			
H=3	W=6	CONS=WALL-1	
X=28.5	Y=6.5	AZ=90	..
WWIN-4=WINDOW			
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=0	Y=1	..	
EWALL-4=E-W			
H=3	W=12.5	CONS=WALL-1	
X=0	Y=12.5	AZ=270	..
EWIN-3=WINDOW			
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=6.5	Y=1	..	
EWIN-4=WINDOW			
H=0.6	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1.9	..	
NWALL-9=E-W			
H=3	W=7.5	CONS=WALL-1	
X=22	Y=0	AZ=180	..
WWALL-8=E-W			
H=3	W=1	CONS=WALL-1	
X=29.5	Y=6.5	AZ=0	..
WWALL-9=E-W			
H=3	W=6.5	CONS=WALL-1	
X=29.5	Y=0	AZ=90	..

§SECOND FLOOR

ZONE-OFF-AC-2=SPACE

A=174.75	V=524.25		
X=22	Y=0	Z=5.2	
AZ=0	S-C=OFF-AC-2	..	
CEIL-24=ROOF			
H=18	W=7.5	CONS=DECK-1	
X=7.5	Y=24.5	Z=3	
TILT=0	..		
CEIL-24A=ROOF			
H=6.5	W=7.5	CONS=DECK-1	
X=7.5	Y=6.5	Z=3	
TILT=0	..		
EWALL-6=I-W			
H=3	W=6	CONS=GLASS-D	
X=0	Y=6	AZ=270	
N-T=ZONE-OFF-AC-3		..	
EWALL-7=I-W			
H=3	W=18.5	CONS=WALL-IN	
X=0	Y=24.5	AZ=270	
N-T=ZONE-OFF-AC-3		..	
SWALL-4=I-W			
H=3	W=7.1	CONS=WALL-IN	
X=7.1	Y=24.5	AZ=0	
N-T=ZONE-HALL-2		..	
WWALL-10=E-W			
H=3	W=18	CONS=WALL-1	
X=7	Y=6.5	AZ=90	..
WWIN-5=WINDOW			
H=1.5	W=16.5	G-T=C-GLASS	
X=0.75	Y=1	..	
WWALL-11=E-W			
H=3	W=6.5	CONS=WALL-1	
X=7.5	Y=0	AZ=90	..
WWALL-11A=E-W			
H=3	W=0.5	CONS=WALL-1	
X=7.5	Y=6.5	AZ=0	..
NWALL-10A=E-W			
H=3	W=2	CONS=WALL-1	
X=5.5	Y=0	AZ=180	..
NWALL-11=E-W			
H=3	W=5.5	CONS=WALL-1	
X=0	Y=0	AZ=180	..
NWIN-1=WINDOW			
H=1.5	W=4.9	G-T=C-GLASS	

X=0.5	Y=1	..
ZONE-OFF-AC-3=SPACE		
A=171.5	V=514.5	
X=15	Y=0	Z=5.2
AZ=0	S-C=OFF-AC-3	..
CEIL-25=ROOF		
H=24.5	W=7	CONS=DECK-1
X=7	Y=24.5	Z=3
TILT=0	..	
EWALL-8=I-W		
H=3	W=15.5	CONS=WALL-IN
X=0	Y=21.5	AZ=270
N-T=ZONE-OFF-AC-4		..
EWALL-8A=I-W		
H=3	W=3	CONS=WALL-IN
X=0	Y=24.5	AZ=270
N-T=ZONE-OFF-4		..
EWALL-8B=I-W		
H=3	W=6	CONS=GLASS-D
X=0	Y=6	AZ=270
N-T=ZONE-OFF-AC-4		..
SWALL-5=I-W		
H=3	W=7	CONS=WALL-IN
X=7	Y=24.5	AZ=0
N-T=ZONE-HALL-2		..
NWALL-11B=E-W		
H=3	W=7	CONS=GLASS-D
X=0	Y=0	AZ=180
..		
ZONE-OFF-AC-4=SPACE		
A=308.5	V=925.5	
X=0	Y=0	Z=5.2
AZ=0	S-C=OFF-AC-4	..
CEIL-27=I-W		
H=18	W=7	CONS=SLAB-2
X=15	Y=18	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-6	..
CEIL-28=I-W		
H=6	W=8	CONS=SLAB-2
X=8	Y=6	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-6	..
CEIL-29=I-W		
H=9	W=8	CONS=SLAB-2
X=0	Y=15	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-6	..
CEIL-30=I-W		
H=3	W=8	CONS=SLAB-2
X=8	Y=18	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-STO-2	..
CEIL-31=I-W		
H=3.5	W=11	CONS=SLAB-2
X=15	Y=21.5	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
NWALL-12=E-W		
H=3	W=4	CONS=GLASS-D
X=11	Y=0	AZ=180
..		
NWALL-12A=E-W		
H=3	W=5	CONS=WALL-1
X=6	Y=0	AZ=180
..		
EWALL-9=E-W		
H=3	W=18	CONS=WALL-1
X=0	Y=18	AZ=270
..		
EWIN-6=WINDOW		
H=1.5	W=16.5	G-T=C-GLASS
X=1	Y=1	..
SWALL-6=I-W		
H=3	W=4	CONS=WALL-IN
X=4	Y=18	AZ=0
N-T=ZONE-STO-1		..
EWALL-10=I-W		
H=3	W=3.5	CONS=WALL-IN
X=4	Y=21.5	AZ=270
N-T=ZONE-STO-1		..
SWALL-7=I-W		
H=3	W=4	CONS=WALL-IN
X=8	Y=21.5	AZ=0
N-T=ZONE-OFF-AC-5		..
SWALL-8=I-W		
H=3	W=4	CONS=WALL-2
X=12	Y=21.5	AZ=0

N-T=ZONE-OFF-4		..
SWALL-9=I-W		
H=3	W=3	CONS=WALL-IN
X=1.5	Y=21.5	AZ=0
N-T=ZONE-OFF-4		..
NWALL-13=E-W		
H=3	W=6	CONS=WALL-1
X=0	Y=0	AZ=180
NWIN-2=WINDOW		..
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS
X=0.5	Y=1	..
ZONE-OFF-AC-5=SPACE		
A=40.5	V=121.5	
X=2.5	Y=21.5	Z=5.2
AZ=0	S-C=OFF-AC-5	..
CELL-32=I-W		
H=3	W=2.5	CONS=SLAB-2
X=0	Y=6	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
CELL-33=I-W		
H=6	W=5.5	CONS=SLAB-2
X=5.5	Y=6	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
SWALL-7A=I-W		
H=3	W=1.5	CONS=WALL-IN
X=0	Y=0	AZ=180
N-T=ZONE-STO-1		..
EWALL-11=I-W		
H=3	W=3	CONS=WALL-IN
X=0	Y=3	AZ=270
N-T=ZONE-STO-1		..
SWALL-10=I-W		
H=3	W=2.5	CONS=WALL-IN
X=-2.5	Y=3	AZ=180
N-T=ZONE-STO-1		..
SWALL-11=I-W		
H=3	W=8	CONS=WALL-IN
X=5.5	Y=6	AZ=0
N-T=ZONE-OFF-4		..
WWALL-12=I-W		
H=3	W=6	CONS=WALL-IN
X=5.5	Y=0	AZ=90
N-T=ZONE-OFF-4		..
EWALL-12=E-W		
H=3	W=3	CONS=WALL-1
X=-2.5	Y=6	AZ=270
EWIN-7=WINDOW		..
H=1.5	W=3	G-T=C-GLASS
X=0	Y=1	..
ZONE-STO-1=SPACE		
A=28	V=84	
X=-1	Y=18	Z=5.2
AZ=0	S-C=STO-1	..
CELL-34=I-W		
H=3.5	W=5	CONS=SLAB-2
X=5	Y=3.5	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
CELL-35=I-W		
H=3	W=4	CONS=SLAB-2
X=4	Y=6.5	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
EWALL-13=E-W		
H=3	W=1	CONS=WALL-1
X=0	Y=0	AZ=180
EWALL-14=E-W		..
H=3	W=6.5	CONS=WALL-1
X=0	Y=6.5	AZ=270
EWALL-15=E-W		..
H=3	W=1	CONS=WALL-1
X=1	Y=6.5	AZ=0
ZONE-OFF-4=SPACE		
A=179.5	V=538.5	
X=0	Y=27.5	Z=5.2
AZ=0	S-C=OFF-4	..
CELL-36=I-W		
H=2.5	W=8	CONS=SLAB-2
X=8	Y=2.5	Z=3
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN	..
EWALL-16=E-W		

H=3	W=2.5	CONS=WALL-1	
X=0	Y=2.5	AZ=270	..
EWIN-8=WINDOW			
H=0.6	W=2.5	G-T=C-GLASS	
X=0	Y=1.9	..	
CEIL-37=I-W			
H=6.5	W=15.5	CONS=SLAB-2	
X=15.5	Y=9	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN		..
CEIL-38=I-W			
H=6.5	W=3.25	CONS=SLAB-2	
X=18.75	Y=9	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-HALL-3		..
CEIL-39=I-W			
H=3.5	W=7.5	CONS=SLAB-2	
X=15.5	Y=2.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN		..
CEIL-40=I-W			
H=6	W=3.25	CONS=SLAB-2	
X=18.75	Y=2.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-HALL-3		..
EWALL-17=E-W			
H=3	W=6.5	CONS=WALL-1	
X=0	Y=9	AZ=270	..
EWIN-9=WINDOW			
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1	..	
SWALL-13=E-W			
H=3	W=18.75	CONS=WALL-1	
X=18.75	Y=9	AZ=0	..
SWIN-2=WINDOW			
H=1.5	W=16	G-T=C-GLASS	
X=2	Y=1	..	
WWALL-14=I-W			
H=3	W=12.5	CONS=WALL-IN	
X=18.75	Y=-3.5	AZ=90	..
N-T=ZONE-HALL-2			
CEIL-44=I-W			
H=5	W=7.5	CONS=SLAB-2	
X=15.5	Y=-1	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-CANTEEN		..
ZONE-HALL-2=SPACE			
A=117	V=351		
X=18.75	Y=24.5	Z=5.2	
AZ=0	S-C=HALL-2	..	
CEIL-41=I-W			
H=12	W=9.75	CONS=SLAB-2	
X=9.75	Y=12	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-HALL-3		..
SWALL-14=E-W			
H=3	W=9.75	CONS=WALL-1	
X=9.75	Y=12	AZ=0	..
SWIN-3=WINDOW			
H=1.5	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=6.5	Y=1	..	
SWIN-4=WINDOW			
H=0.6	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=4.5	Y=1.9	..	
WWALL-15=E-W			
H=3	W=12	CONS=WALL-1	
X=9.75	Y=0	AZ=90	..
WWIN-6=WINDOW			
H=0.6	W=0.6	G-T=C-GLASS	
X=10.9	Y=1.9	..	
WWIN-7=WINDOW			
H=0.6	W=0.6	G-T=C-GLASS	
X=6	Y=1.9	..	
WWIN-8=WINDOW			
H=0.6	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=2	Y=1.9	..	

§THIRD FLOOR

ZONE-OFF-AC-6=SPACE			
A=186.75	V=560.25		
X=0	Y=0	Z=9.2	
AZ=0	S-C=OFF-AC-6	..	
CEIL-46=I-W			
H=18.5	W=7.5	CONS=SLAB-2	

X=15.5	Y=18.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-8	..	
CEIL-47=I-W			
H=6	W=8	CONS=SLAB-2	
X=8	Y=6	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-8	..	
EWALL-18=I-W			
H=1	W=6	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=12	AZ=270	
N-T=ZONE-OFF-AC-7		..	
EWALL-19=I-W			
H=2	W=6	CONS=GLASS-D	
X=8	Y=12	Z=1	
AZ=270	N-T=ZONE-OFF-AC-7	..	
EWALL-20=I-W			
H=3	W=3	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=15	AZ=270	
N-T=ZONE-OFF-AC-7		..	
EWALL-21=I-W			
H=3	W=3.5	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=18.5	AZ=270	
N-T=ZONE-STO-2		..	
WWALL-16=E-W			
H=1	W=18.5	CONS=WALL-1	
X=15.5	Y=0	AZ=90	..
WWALL-17=E-W			
H=2	W=18.5	CONS=GLASS-D	
X=15.5	Y=0	Z=1	AZ=90
NWALL-15=E-W			..
H=3	W=4.5	CONS=GLASS-D	
X=11	Y=0	AZ=180	..
NWALL-16=E-W			
H=3	W=11	CONS=WALL-1	
X=0	Y=0	AZ=180	..
NWIN-3=WINDOW			
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1	..	
SWALL-15=I-W			
H=3	W=7.5	CONS=WALL-IN	
X=15.5	Y=18.5	AZ=0	
N-T=ZONE-CANTEEN		..	
EWALL-22=E-W			
H=3	W=6	CONS=WALL-1	
X=0	Y=6	AZ=270	..
EWIN-10=WINDOW			
H=1.5	W=5.5	G-T=C-GLASS	
X=0	Y=1	..	
SWALL-16=I-W			
H=3	W=8	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=6	AZ=0	
N-T=ZONE-OFF-AC-7		..	
ZONE-OFF-AC-7=SPACE			
A=72	V=216		
X=0	Y=6	Z=9.2	
AZ=0	S-C=OFF-AC-7	..	
CEIL-50=I-W			
H=9	W=8	CONS=SLAB-2	
X=8	Y=9	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-8	..	
EWALL-23=E-W			
H=3	W=9	CONS=WALL-1	
X=0	Y=9	AZ=270	..
EWIN-11=WINDOW			
H=1.5	W=8	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1	..	
SWALL-17=I-W			
H=3	W=8	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=9	AZ=0	
N-T=ZONE-STO-2		..	
ZONE-STO-2=SPACE			
A=28	V=84		
X=0	Y=15	Z=9.2	
AZ=0	S-C=STO-2	..	
CEIL-51=I-W			
H=3.5	W=8	CONS=SLAB-2	
X=8	Y=3.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-8	..	
EWALL-24=E-W			
H=3	W=3.5	CONS=WALL-1	

X=0	Y=3.5	AZ=270	..
EWIN-12=WINDOW			
H=0.6	W=3	G-T=C-GLASS	
X=0.5	Y=1.9	..	
SWALL-18=I-W			
H=3	W=8	CONS=WALL-IN	
X=8	Y=3.5	AZ=0	
N-T=ZONE-CANTEEN			
..			
ZONE-CANTEEN=SPACE			
A=286.75	V=860.25		
X=0	Y=18.5	Z=9.2	
AZ=0	S-C=CANTEEN	..	
CEIL-52=I-W			
H=18	W=15.5	CONS=SLAB-2	
X=15.5	Y=18	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-OFF-AC-9	..	
EWALL-25=E-W			
H=3	W=18	CONS=WALL-1	
X=0	Y=18	AZ=270	..
EWIN13=WINDOW			
H=1.5	W=17	G-T=C-GLASS	
X=0.75	Y=1	..	
SWALL-19=E-W			
H=3	W=15.5	CONS=WALL-1	
X=15.5	Y=18	AZ=0	..
SWIN-5=WINDOW			
H=1.5	W=14	G-T=C-GLASS	
X=0.75	Y=1	..	
ZONE-HALL-3=SPACE			
A=162.5	V=487.5		
X=15.5	Y=24	Z=9.2	
AZ=0	S-C=HALL-3	..	
CEIL-53=I-W			
H=12.5	W=13	CONS=SLAB-2	
X=13	Y=12.5	Z=3	
TILT=0	N-T=ZONE-HALL-4	..	
SWALL-20=E-W			
H=3	W=13	CONS=WALL-1	
X=13	Y=12.5	AZ=0	..
SWIN-6=WINDOW			
H=1.5	W=3	G-T=C-GLASS	
X=9	Y=1	..	
SWIN-7=WINDOW			
H=1.5	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=6.5	Y=1	..	
SWIN-8=WINDOW			
H=0.6	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=4.5	Y=1.9	..	
WWALL-19=E-W			
H=3	W=12.5	CONS=WALL-1	
X=13	Y=0	AZ=90	..
WWIN-9=WINDOW			
H=0.6	W=0.6	G-T=C-GLASS	
X=11.4	Y=1.9	..	
WWIN-10=WINDOW			
H=0.6	W=0.6	G-T=C-GLASS	
X=6.5	Y=1.9	..	
WWIN-11=WINDOW			
H=0.6	W=1.5	G-T=C-GLASS	
X=2.5	Y=1.9	..	
NWALL-19=E-W			
H=3	W=10.8	CONS=WALL-1	
X=2.2	Y=0	AZ=180	..
NWIN-4=WINDOW			
H=1.5	W=2.1	G-T=C-GLASS	
X=1.2	Y=1	..	
\$FORTH FLOOR			
ZONE-OFF-AC-8=SPACE			
A=286.75	V=860.25		
X=0	Y=0	Z=13.2	
AZ=0	S-C=OFF-AC-8	..	
CEIL-58=ROOF			
H=9	W=18.5	CONS=METALROOF-1	
X=0	Y=18.5	Z=3	
TILT=10	AZ=270	..	
CEIL-58a=ROOF			
H=9	W=18.5	CONS=METALROOF-1	

X=17.8	Y=0	Z=3
TILT=10	AZ=90	..
NWALL-22=E-W		
H=3	W=11.5	CONS=WALL-1
X=0	Y=0	AZ=180 ..
NWIN-8=WINDOW		
H=1.5	W=2	G-T=C-GLASS
X=4	Y=1	..
NWALL-23=E-W		
H=3	W=4	CONS=GLASS-D
X=11.5	Y=0	AZ=180 ..
WWALL-21=E-W		
H=3	W=18.5	CONS=WALL-1
X=15.5	Y=0	AZ=90 ..
EWALL-28=E-W		
H=3	W=18.5	CONS=WALL-1
X=0	Y=18.5	AZ=270 ..
EWIN-16=WINDOW		
H=1.5	W=13	G-T=C-GLASS
X=0.75	Y=1	..
SWALL-21=I-W		
H=3	W=15.5	CONS=WALL-IN
X=15.5	Y=18.5	AZ=0
N-T=ZONE-OFF-AC-9		..
ZONE-OFF-AC-9=SPACE		
A=279	V=837	
X=0	Y=18.5	Z=13.2
AZ=0	S-C=OFF-AC-9	..
CEIL-61=ROOF		
H=9	W=18	CONS=METALROOF-1
X=0	Y=18	Z=3
TILT=10	AZ=270	..
CEIL-61a=ROOF		
H=9	W=18	CONS=METALROOF-1
X=17.8	Y=0	Z=3
TILT=10	AZ=90	..
EWALL-29=E-W		
H=3	W=18	CONS=WALL-1
X=0	Y=18	AZ=270 ..
EWIN-17=WINDOW		
H=1.5	W=17	G-T=C-GLASS
X=0.75	Y=1	..
SWALL-21A=E-W		
H=3	W=15.5	CONS=WALL-1
X=15.5	Y=18	AZ=0 ..
SWIN-19=WINDOW		
H=1.5	W=14	G-T=C-GLASS
X=0.75	Y=1	..
WWALL-23=I-W		
H=3	W=6.5	CONS=WALL-IN
X=15.5	Y=11.5	AZ=90
N-T=ZONE-HALL-4		..
WWALL-24=I-W		
H=3	W=5.5	CONS=GLASS-D
X=15.5	Y=6	AZ=90
N-T=ZONE-HALL-4		..
WWALL-25=E-W		
H=2	W=6	CONS=GLASS-D
X=15.5	Y=0	Z=1
AZ=90		..
WWALL-26=E-W		
H=1	W=6	CONS=WALL-IN
X=15.5	Y=0	AZ=90 ..
ZONE-HALL-4=SPACE		
A=162.5	V=487.5	
X=15.5	Y=24	Z=13.2
AZ=0	S-C=HALL-4	..
CEIL-62=ROOF		
H=2.2	W=12.5	CONS=METALROOF-1
X=2.2	Y=0	Z=3
TILT=10	AZ=90	..
CEIL-62A=ROOF		
H=12.5	W=2.8	CONS=DECK-1
X=5	Y=12.5	Z=3
TILT=0		..
SWALL-23=E-W		
H=3	W=13	CONS=WALL-1
X=13	Y=12.5	AZ=0 ..
SWIN-11=WINDOW		


```

(SUN,HOL)      D2-AC1
(SAT)          D1-AC1      ..
SCH-AC1=SCH    THRU DEC 31  W-SCH=W1-AC1  ..
$OFF-AC-2,4,5,6,9$
D1-AC2=D-SCH  (1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0) ..
D2-AC2=D-SCH  (1,24) (0) ..
SAT-AC2=D-SCH (1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
W1-AC2=W-SCH  (WD)   D1-AC2
                (WEH)  D2-AC2      ..
W2-AC2=W-SCH  (WD)   D1-AC2  $OFF-AC4
                (SAT)  SAT-AC2
                (SUN,HOL) D2-AC2      ..
SCH1-AC2=SCH  THRU DEC 31  W-SCH  W1-AC2      ..
SCH2-AC2=SCH  THRU DEC 31  W-SCH  W2-AC2      ..      $OFF-AC4
$OFF-AC3$
D1-AC3=D-SCH  (1,24) (0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0) ..
D2-AC3=D-SCH  (1,24) (0) ..
SAT-AC3=D-SCH (1,24) (0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0) ..
W1-AC3=W-SCH  (WD)   D1-AC3
                (SAT)  SAT-AC3
                (SUN,HOL) D2-AC3      ..
SCH-AC3=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  W1-AC3      ..
$OFF-AC7$
D1-AC7=D-SCH  (1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) ..
D2-AC7=D-SCH  (1,24) (0) ..
W1-AC7=W-SCH  (WD)   D1-AC7
                (WEH)  D2-AC7      ..
SCH-AC7=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  W1-AC7      ..
$OFF-AC8$
D1-AC8=D-SCH  (1,24) (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0) ..
D2-AC8=D-SCH  (1,24) (0) ..
W1-AC8=W-SCH  (WD)   D1-AC8
                (WEH)  D2-AC8      ..
SCH-AC8=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  W1-AC8      ..

$HEAT TEMP SCH (SHUTDOWN)
$HEATING THERMOSTAT SHUTDOWN
D-SHUT=D-SCH  (1,24) (0) ..
W-SHUT=W-SCH  (ALL)  D-SHUT ..
SHUTDOWN=SCH  THRU DEC 31  W-SCH  W-SHUT ..

$COOL TEMP SCH FOR ZONE CONTROL
$OFF-AC1$
T1-AC1=D-SCH  (1,24) (25,25,25,25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,
28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25) ..
T2-AC1=D-SCH  (1,24) (28.9) ..
WT-AC1=W-SCH  (WD)   T1-AC1
                (SAT)  T1-AC1
                (SUN,HOL) T2-AC1      ..
YT-AC1=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  WT-AC1      ..
$OFF-AC2,4,5,6,9$
T1-AC2=D-SCH  (1,24) (28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,25,
25,25,25,25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..
T2-AC2=D-SCH  (1,24) (0) ..
SAT-T-AC2=D-SCH (1,24) ..
(28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,
25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..
WT1-AC2=W-SCH (WD)   T1-AC2
                (WEH)  T2-AC2      ..
WT2-AC2=W-SCH (WD)   T1-AC2      $OFF-AC4
                (SAT)  SAT-T-AC2
                (SUN,HOL) T2-AC2      ..
Y1-AC2=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  WT1-AC2      ..
Y2-AC2=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  WT2-AC2      ..
$OFF-AC3$
T1-AC3=D-SCH  (1,24) (28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,25,25,25,25,25,
25,25,25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..
T2-AC3=D-SCH  (1,24) (28.9) ..
SAT-T-AC3=D-SCH (1,24) ..
(28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,25,25,25,25,
25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..
WT-AC3=W-SCH  (WD)   T1-AC3
                (SAT)  SAT-T-AC3
                (SUN,HOL) T2-AC3      ..
YT-AC3=SCH    THRU DEC 31  W-SCH  WT-AC3      ..
$OFF-AC7$
T1-AC7=D-SCH  (1,24) (28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,25,
28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..

```

```

T2-AC7=D-SCH (1,24) (28.9) ..
WT-AC7=W-SCH (WD) T1-AC7
(WEH) T2-AC7 ..
YT-AC7=SCH THRU DEC 31 W-SCH WT-AC7 ..
$OFF-AC8$
T1-AC8=D-SCH (1,24) (28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,25,25,25,25,25,
25,25,25,25,25,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9,28.9) ..
T2-AC8=D-SCH (1,24) (0) ..
WT-AC8=W-SCH (WD) T1-AC8
(WEH) T2-AC8 ..
YT-AC8=SCH THRU DEC 31 W-SCH WT-AC8 ..

```

\$ZONE DESCRIPTION

\$CONDITIONED ZONE

```

AC1-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=YT-AC1 ..
ZONE-OFF-AC-1=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC1-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

AC2-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=Y1-AC2 ..
ZONE-OFF-AC-2=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC2-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..
ZONE-OFF-AC-5=ZONE
LIKE=ZONE-OFF-AC-2 ..
ZONE-OFF-AC-6=ZONE
LIKE=ZONE-OFF-AC-2 ..
ZONE-OFF-AC-9=ZONE
LIKE=ZONE-OFF-AC-2 ..

AC4-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=Y2-AC2 ..

ZONE-OFF-AC-4=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC4-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

AC3-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=YT-AC3 ..
ZONE-OFF-AC-3=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC3-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

AC7-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=YT-AC7 ..
ZONE-OFF-AC-7=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC7-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

AC8-CONTROL=Z-C
D-H-T=15 T-TYPE=PROPORTIONAL
D-C-T=25 T-R=1.1
C-T-SCH=YT-AC8 ..
ZONE-OFF-AC-8=ZONE
Z-TYPE=CONDITIONED
Z-C=AC8-CONTROL
S-O=ADJUST-LOADS ..

```

§UNCONDITIONED ZONE

ZONE-HALL-1=Z
 Z-TYPE=CONDITIONED
 DESIGN-HEAT-T=15.6 DESIGN-COOL-T=31.1 ..
 ZONE-OFF-1=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-OFF-2=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-OFF-3=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-STO-1=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-STO-2=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-OFF-4=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-HALL-2=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-CANTEEN=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-HALL-3=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-HALL-4=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..
 ZONE-BASEMENT=Z
 LIKE=ZONE-HALL-1 ..

§SYSTEM DESCRIPTION

SYS-AC-1=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-1)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=67742 COOLING-EIR=0.42
 COOLING-SCHEDULE=SCH-AC1 ..
 SYS-AC-2=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-2)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=56979.4 COOLING-EIR=0.33
 COOLING-SCHEDULE=SCH1-AC2 ..
 SYS-AC-3=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-3)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=60586.4 COOLING-EIR=0.33
 COOLING-SCHEDULE=SCH-AC3 ..
 SYS-AC-4=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-4)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=82668.6 COOLING-EIR=0.35
 COOLING-SCHEDULE=SCH2-AC2 ..
 SYS-AC-5=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-5)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=11407.6 COOLING-EIR=0.33
 COOLING-SCHEDULE=SCH1-AC2 ..
 SYS-AC-6=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-6)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=51407.6
 COOLING-EIR=0.22
 COOLING-SCHEDULE=SCH1-AC2 ..
 SYS-AC-7=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-7)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=31085 COOLING-EIR=0.19
 COOLING-SCHEDULE=SCH-AC7 ..
 SYS-AC-8=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-8)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=67390 COOLING-EIR=0.25
 COOLING-SCHEDULE=SCH-AC8 ..
 SYS-AC-9=SYSTEM
 S-TYPE=RESYS Z-N=(ZONE-OFF-AC-9)
 MAX-S-T=24 MIN-S-T=18
 COOLING-CAPACITY=80527.8 COOLING-EIR=0.41
 COOLING-SCHEDULE=SCH1-AC2 ..
 SYS-NON=SYSTEM
 LIKE=SYS-AC-1

```
LIKE=SYS-AC-1
Z-N=(ZONE-HALL-1,ZONE-HALL-2,ZONE-HALL-3,ZONE-HALL-4,ZONE-STO-1,ZONE-STO-2,
     ZONE-OFF-1,ZONE-OFF-2,ZONE-OFF-3,ZONE-OFF-4,ZONE-CANTEEN,ZONE-BASEMENT)
COOLING-SCHEDULE=SHUTDOWN      COOLING-CAPACITY=0      ..

SYSTEMS-REPORT      V = (SV-A)
                   S = (SS-A,SS-D)      ..

END      ..

COMPUTE SYSTEMS      ..

INPUT PLANT

      INPUT-UNITS=METRIC
      OUTPUT-UNITS=METRIC
..

HEATER=PLANT-EQUIPMENT
TYPE=ELEC-HW-BOILER
$SIZE=-999
..

PLANT-REPORT      V = (PV-A)
                  S = (PS-A,PS-B,BEPS)
..

END      ..

COMPUTE PLANT      ..

STOP      ..
```

จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

ลำดับ	ชื่อพื้นที่	พื้นที่ใช้สอย (m2)	ชนิดดวงโคม	จำนวน ดวงโคม	จำนวนหลอด ต่อโคม	จำนวนหลอด ทั้งหมด	ขนาดหลอด (W)	ขนาด บัลลาสต์ (W)	ปริมาณวัตต์ ที่ต้องการ ต่อหลอด(W)	พลังงานทั้งหมด ที่ต้องการ (W)	พลังงานต่อ พื้นที่ (W / m2)
	อาคารชั้น 1										
1	เฉลียงทางเข้าอาคาร	120	fluorescent	4	2	8	36	5.5	41.5	332	2.76
2	ห้องโถงตู้ไปรษณีย์เช่า	55.25	fluorescent	9	3	27	36	5.5	41.5	1120.5	20.28
3	ห้องเก็บของ	16	fluorescent	1	3	3	36	5.5	41.5	124.5	7.78
4	งานรอกจ่าย ณ ที่ทำการ	57	fluorescent	8	3	24	36	5.5	41.5	996	17.47
5	ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 1	114	fluorescent	20	3	60	36	5.5	41.5	2490	21.84
6	ห้องโถงประชาชน	111	fluorescent	10	3	30	36	5.5	41.5	1245	11.22
7	งานบริการชำระค่าฝากส่งรายเดือน	71.5	fluorescent	12	3	36	36	5.5	41.5	1494	20.89
8	ห้องเก็บของ	22.5	fluorescent	3	3	9	36	5.5	41.5	373.5	16.6
9	ห้องเก็บของ	26.25	fluorescent	3	3	9	36	5.5	41.5	373.5	14.23
10	ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 2	233.75	fluorescent	38	3	114	36	5.5	41.5	4731	20.24
11	แผนกปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก - ขาเข้า	210.25	fluorescent	37	3	111	36	5.5	41.5	4606.5	21.91
12	ทางเดิน	42	fluorescent	3	3	9	36	5.5	41.5	373.5	8.89
13	ห้องน้ำ	39	fluorescent	6	3	18	18	5.5	23.5	423	10.85
14	ชานชนถ่าย	96	fluorescent	9	2	18	36	5.5	41.5	747	7.78
15	ห้องปั๊มน้ำ	7	fluorescent	1	2	2	36	5.5	41.5	83	11.86
16	ห้องไฟฟ้า	33	fluorescent	1	2	2	36	5.5	41.5	83	2.51

จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

ลำดับ	ชื่อพื้นที่	พื้นที่ใช้สอย (m2)	ชนิดดวงโคม	จำนวน ดวงโคม	จำนวนหลอด ต่อโคม	จำนวนหลอด ทั้งหมด	ขนาดหลอด (W)	ขนาด บัลลาสต์ (W)	ปริมาณวัตต์ ที่ต้องการ ต่อหลอด(W	พลังงานทั้งหมด ที่ต้องการ (W)	พลังงานต่อ พื้นที่ (W / m2)
	อาคารชั้น 2										
1	เฉลียงทางเข้า	55	fluorescent	10	2	3	36	5.5	41.5	1245	22.64
2	โครงการปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์	162.25	fluorescent	26	3	78	36	5.5	41.5	3237	19.95
3	แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ	183.75	fluorescent	15	3	45	36	5.5	41.5	1867.5	10.16
4	แผนกบริการไปรษณีย์	327.5	fluorescent	51	3	153	36	5.5	41.5	6349.5	19.39
5	ห้องผู้ช่วยนายไปรษณีย์	15.2	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	16.38
6	ห้องเก็บของ	6	fluorescent	1	1	1	36	5.5	41.5	41.5	6.92
7	ห้องนิรภัย	5	fluorescent	1	3	3	18	5.5	23.5	124.5	24.9
8	ห้องนิรภัย	7	fluorescent	1	3	3	36	5.5	41.5	124.5	17.78
9	ห้องนิรภัย	12.25	fluorescent	1	3	3	36	5.5	41.5	124.5	10.16
10	ห้องการเงิน	37.75	fluorescent	5	3	15	36	5.5	41.5	622.5	16.49
11	ห้องเก็บของ	14.5	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	17.17
12	ห้องเก็บของ	13.5	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	18.44
13	ที่ทำการนำจ่ายหลักสี่ 3	168	fluorescent	24	3	72	18	5.5	23.5	2988	17.78
14	ทางเดิน	48	fluorescent	3	3	9	36	5.5	41.5	373.5	7.78
15	ห้องน้ำ	39	fluorescent	6	3	18	36	5.5	41.5	423	10.85
16	บันได	26	fluorescent	3	1	3	36	5.5	41.5	124.5	4.79
17	ห้องไฟฟ้า	4.5	fluorescent	1	1	1	36	5.5	41.5	41.5	13

จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

ลำดับ	ชื่อพื้นที่	พื้นที่ใช้สอย (m ²)	ชนิดดวงโคม	จำนวน ดวงโคม	จำนวนหลอด ต่อโคม	จำนวนหลอด ทั้งหมด	ขนาดหลอด (W)	ขนาด บัลลาสต์ (W)	ปริมาณวัตต์ ที่ต้องการ ต่อหลอด(W	พลังงานทั้งหมด ที่ต้องการ (W)	พลังงานต่อ พื้นที่ (W / m ²)
	อาคารชั้น 3										
1	โถงทางเดิน	67	fluorescent	7	3	21	36	5.5	41.5	871.5	13
2	แผนกธุรการ	149.25	fluorescent	22	3	66	36	5.5	41.5	2739	18.35
3	หัวหน้าแผนก	10.5	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	23.71
4	หัวหน้าที่ทำการ	27	fluorescent	4	3	12	36	5.5	41.5	498	18.44
5	ห้องประชุม	104	fluorescent	9	3	27	36	5.5	41.5	1120.5	10.77
6	ห้องเก็บของ	28	fluorescent	3	3	9	36	5.5	41.5	373.5	13.34
7	ห้องอาหาร	279	fluorescent	42	3	126	18	5.5	23.5	5229	18.74
8	ห้องครัว	32.5	fluorescent	4	3	12	36	5.5	41.5	498	15.32
9	ทางเดิน	74.25	fluorescent	10	3	30	36	5.5	41.5	705	9.49
10	ห้องน้ำ	39	fluorescent	6	3	18	36	5.5	41.5	423	10.85
11	บันได	18.4	fluorescent	2	1	2	36	5.5	41.5	83	4.51
12	ห้องไฟฟ้า	4.5	fluorescent	1	1	1	36	5.5	41.5	41.5	9.22
13	ไฟภายนอก	94.4	fluorescent	6	1	6	18	5.5	23.5	249	2.64
14	เจลิยงภายนอก	236	SL	9	1	9	18	0	18	162	0.69

จำนวนและชนิดของดวงโคมในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

ลำดับ	ชื่อพื้นที่	พื้นที่ใช้สอย (m ²)	ชนิดดวงโคม	จำนวน ดวงโคม	จำนวนหลอด ต่อโคม	จำนวนหลอด ทั้งหมด	ขนาดหลอด (W)	ขนาด บัลลาสต์ (W)	ปริมาณวัตต์ ที่ต้องการ ต่อหลอด(W	พลังงานทั้งหมด ที่ต้องการ (W)	พลังงานต่อ พื้นที่ (W / m ²)
	อาคารชั้น 4										
1	โถงทางเดิน	49.9	fluorescent	5	3	15	36	5.5	41.5	622.5	12.47
2	หน่วยบริการลูกค้า EMS	238.25	fluorescent	34	3	102	36	5.5	41.5	4233	19.63
			fluorescent	2	1	2	18	5.5	23.5	47	
			PLC	6	1	6	11	0	66	396	
3	ห้องประชุม	32.5	fluorescent	6	3	18	36	5.5	41.5	747	22.98
4	ห้องเก็บของ	16	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	15.56
5	แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์	120.75	fluorescent	16	3	48	18	5.5	23.5	1992	16.5
6	หัวหน้าแผนก	22.5	fluorescent	2	3	6	36	5.5	41.5	249	11.07
7	ห้องซ่อมคอมพิวเตอร์	35	fluorescent	6	3	18	36	5.5	41.5	747	21.34
8	ห้องซ่อมคอมพิวเตอร์	65	fluorescent	8	3	24	36	5.5	41.5	996	15.32
9	ห้องซ่อมคอมพิวเตอร์	35.75	fluorescent	4	3	12	36	5.5	41.5	498	13.93
10	ห้องเก็บของ	32.5	fluorescent	4	3	12	36	5.5	41.5	498	15.32
11	ทางเดิน	74.25	fluorescent	10	3	30	18	5.5	23.5	1245	16.76
12	ทางเดิน	17.1	fluorescent	2	2	4	18	0	18	166	9.71
13	ห้องน้ำ	39	fluorescent	6	3	18	18	5.5	23.5	747	19.15
14	ห้องไฟฟ้า	4.5	fluorescent	1	1	1	36	5.5	41.5	41.5	9.22
15	บันได	18.4	fluorescent	2	1	2	36	5.5	41.5	83	4.51

จำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่และค่า WATT INPUT , COOLING CAPACITY

ลำดับ	พื้นที่	Set Temperature (C)	อัตราการทำความเย็น (BTU / Hr)	อัตราการใช้พลังงาน (W)
โครงการปรับปรุงระบบนำจ่ายไปรษณีย์				
1		20	51,800	5,000
2		20	51,800	5,000
3		28	51,800	5,000
4		29	38,900	3,820
แผนกนำจ่ายไปรษณีย์ด่วนพิเศษ				
1		20	25,500	2,420
2		20	25,500	2,420
3		20	38,900	3,820
4		21	38,900	3,820
5		24	38,900	3,820
6		21	38,900	3,820
แผนกรับฝาก				
1		20	38,900	3,820
2		20	38,900	3,820
3		20	38,900	3,820
4		20	38,900	3,820
5		20	38,900	3,820
6		20	38,900	3,820
7		20	12,500	1,140
8		18	16,000	2,100
9		15	20,000	2,710
แผนกการเงิน				
1		15	38,900	3,820
แผนกธุรการ				
1		20	56,000	2,696
2		20	56,000	2,566
3		24	28,000	2,486
4		24	35,300	3,432

จำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่และค่า WATT INPUT , COOLING CAPACITY

ลำดับ	พื้นที่	Set Temperature (C)	อัตราการทำความเย็น (BTU / Hr)	อัตราการใช้พลังงาน (W)
ห้องประชุมแผนกธุรการ				
1		20	60,000	3,257
2		25	46,000	2,566
แผนกซ่อมคอมพิวเตอร์				
1		15	35,000	3,432
2		15	25,000	2,904
3		15	16,000	2,100
4		15	18,000	1,848
5		15	25,000	2,904
6		15	20,000	2,310
7		15	35,000	4,510
8		15	35,000	4,510
9		15	33,400	4,026
10		20	16,100	2,398
11		20	16,100	10.9
แผนกบริการลูกค้าด่วนพิเศษระหว่างประเทศ				
1		20	32,000	2890
2		20	38,900	3,820
3		20	38,900	3,820
4		20	60,000	3,258
5		20	60,000	3,258

การคำนวณค่าไฟฟ้าในอาคารที่ทำการไปรษณีย์หลักสี่

เดือน	พลังงานที่ใช้ KWH	ราคา บาท	รวม บาท	ความต้องการพลังงาน KW	ราคา บาท	รวม บาท	พลังงานที่ใช้ KWH	ค่า FT บาท	รวม	รวมทั้งหมด บาท
JAN	29400	1.7034	50079.96	131.235	196.26	25756.1811	29400	0.6	17640	93476.1411
FEB	26597	1.7034	45305.3298	141.887	196.26	27846.74262	26597	0.6	15958.2	89110.27242
MAR	30357	1.7034	51710.1138	146.589	196.26	28769.55714	30357	0.6	18214.2	98693.87094
APR	31280	1.7034	53282.352	149.135	196.26	29269.2351	31280	0.6	18768	101319.5871
MAY	30408	1.7034	51796.9872	150.116	196.26	29461.76616	30408	0.6	18244.8	99503.55336
JUN	27778	1.7034	47317.0452	142.278	196.26	27923.48028	27778	0.6	16666.8	91907.32548
JUL	29509	1.7034	50265.6306	138.341	196.26	27150.80466	29509	0.6	17705.4	95121.83526
AUG	30279	1.7034	51577.2486	141.586	196.26	27787.66836	30279	0.6	18167.4	97532.31696
SEP	26809	1.7034	45666.4506	138.976	196.26	27275.42976	26809	0.6	16085.4	89027.28036
OCT	29032	1.7034	49453.1088	130.21	196.26	25555.0146	29032	0.6	17419.2	92427.3234
NOV	26018	1.7034	44319.0612	134.312	196.26	26360.07312	26018	0.6	15610.8	86289.93432
DEC	27272	1.7034	46455.1248	133.701	196.26	26240.15826	27272	0.6	16363.2	89058.48306
									รวมค่าไฟฟ้า	1123467.924

ประวัติผู้เขียน

นายคมสัน วรรณพัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2505 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2528 เริ่มต้นปฏิบัติวิชาชีพสถาปนิกกับบริษัท เทคตอน อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ระหว่างปี พ.ศ. 2529 – 2531 และไปร่วมงานกับบริษัท ดีไซน์โปรเฟสชันนัล จำกัด ในปี พ.ศ. 2532 จากนั้นได้เข้าปฏิบัติหน้าที่เป็นสถาปนิกระดับ 4 ประจำกองก่อสร้าง การสื่อสารแห่งประเทศไทย ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเป็นหัวหน้างานสถาปนิก (สถาปนิกระดับ 8) กองสำรวจและออกแบบก่อสร้าง บริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด