การจัดการพลังงานในโรงแรม กรณีศึกษาโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา

ENERGY MANAGEMENT IN HOTEL : A CASE STUDY-THE CITY HOTEL SRIRACHA

ธรณิศวร์ ยินดี

THORRANIT YINDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-697-5

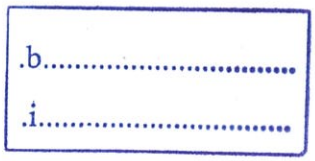
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจัดการพลังงานในโรงแรม
กรณีศึกษาโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา

ENERGY MANAGEMENT IN HOTEL:
A CASE STUDY- THE CITY HOTEL SRIRACHA

ธรณิศวร์ ยินดี

THORRANIT YINDEE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2546

ISBN 974-324-697-5

ENERGY MANAGEMENT IN HOTEL:

A CASE STUDY- THE CITY HOTEL SRIRACHA

THORRANIT YINDEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILIMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE DESIGN

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

2003

ISBN 974-324-697-5

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดการพลังงานในโรงแรม กรณีศึกษา โรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา
ENERGY MANAGEMENT IN HOTEL :A CASE STUDY-THE CITY HOTEL SRIRACHA

ชื่อนักศึกษา นางสาวธรณิศวร์ ยินดี

รหัสประจำตัว 41063109

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.อนุสรณ์ จ๋วงพานิช

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ชัยยุทธ ศรีเผด็จ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.อนุสรณ์ จ๋วงพานิช	
อาจารย์ชัยยุทธ ศรีเผด็จ	
รศ.สุภาวดี รัตนมาศ	
ผศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 30 พฤษภาคม 2546 เวลา 10.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 28 **เดือน** กรกฎาคม **พ.ศ.** 2546

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการพลังงานในโรงแรม กรณีศึกษาโรงแรม เดอะ ซิตี้ ศรีราชา
นักศึกษา	นางสาวธรณิศวร์ ยินดี
รหัสประจำตัว	41063109
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. อนุสรณ์ จ๋วงพานิช

บทคัดย่อ

พลังงานที่นำมาใช้ในอาคารโดยทั่วไปมีการสูญเสียไปกับการใช้อาคารหลายลักษณะ อีกวิธีการหนึ่งที่นำไปสู่การใช้พลังงานอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพคือ การออกแบบอาคาร การค้นคว้าและทำความเข้าใจรวมทั้งการวางแผนการจัดการพลังงานในอาคาร ในการศึกษานี้เจึงศึกษาถึงการออกแบบอาคารควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในอาคารประเภทโรงแรมในเมืองขนาดกลางที่มีการใช้พลังงานมาก เพื่อความสมบูรณ์แบบของอาคารทางสถาปัตยกรรมและการใช้พลังงาน

เพื่อที่จะให้การศึกษามีความชัดเจนได้เลือกอาคารโรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชาเป็นอาคารกรณีศึกษาซึ่งอาคารนี้ใช้พลังงานไฟฟ้า 91% ซึ่งใช้ไปในระบบปรับอากาศ 75.65% ระบบแสงสว่าง 13.86% และอื่นๆ 10.46% มีการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้ม 9% และพลังงานจากน้ำมันใช้ในสัดส่วนที่ต่ำมาก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของอาคารพบว่า การถ่ายเทความร้อนของอาคารสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม และทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบและอุปกรณ์ทางวิศวกรรมพบว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จึงได้ดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ ดังนั้นจากการเสนอแนะวิธีการดำเนินการประหยัดจัดการพลังงานในอาคารกรณีศึกษาสามารถปรับลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ปีละ 40.3% และคืนทุนในระยะเวลา 1.55 ปี

ในการจัดการพลังงานเพื่อให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารใหม่มีขั้นตอนดังนี้ การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานทั้งทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม การใช้งานโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบและอุปกรณ์ วางแผนการจัดการพลังงานในอาคารและดำเนินการให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ส่วนการจัดการพลังงานในอาคารเก่ามีขั้นตอนดังนี้ ตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคาร ตรวจสอบและปรับปรุงสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมและอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตราฐานของอาคารควบคุม ตรวจสอบและปรับ

ปรุงระบบและอุปกรณ์ทางวิศวกรรมให้มีประสิทธิภาพ วางแผนการจัดการพลังงานในอาคารและดำเนินการให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ส่วนพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในอาคารคือพลังงานแสงอาทิตย์

Thesis Title	Energy Management in Hotel: Case study- The City Hotel Sriracha
Student	Miss Thorranit Yindee
Student ID.	41063109
Degree	Master Degree of Architecture
Programme	Tropical Architecture Design
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Anusorn juangpanich

ABSTRACT

Generally, there are many energy loses from energy supply to any type of the buildings, and appropriated design of the building itself couple with energy conservation planning is one of many means to reduce such loses. Thus, this study was aimed to building design and developing of energy conservation for medium suburban hotel which employed considerable energy.

The City Hotel, Sriracha, was selected for this case study. Its energy supply were 91% from electric power which supplied to air conditioning system 75.65%, to lighting system 13.86%, and to others 10.46%, the other 9% of the supply were from LPG and from petroleum fuel which was the least. In architectural structure analyzed it was found that heat transferred to the building was higher than standard regulations, hence the improvement of its surrounding was worked out to the regulations. Electric power supply was also analyzed and found some loses in both air conditioning system and lighting, and their improvements were done by changing some better equipment and proposal in energy conservation techniques. The result of this case study has leaded to 40.72% reduction of electric power supply and its cost of improvements could be recovered in 1.7 year.

The appropriate and efficient energy management for new building can be summarized to building design both in architectural and engineering aspects, the use of computer controlled to its systems and its devices, and planning of energy management and controlling the applications according to plan. For the old building, such purpose can be summarized to inspecting the energy supply, improvement of its surrounding and its architectural components to reach the standard building regulations, inspecting and improvement of engineering devices to the highest efficiency possible, planning of energy management and controlling the applications according to plan. The

additional suggestion to both new and old buildings is that sunlight is the effective energy and is the renewable source.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยรับความกรุณาจาก

- รศ.อนุสรณ์ จ๋วงพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ติดตามผลงานอย่างใกล้ชิดและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์มาโดยตลอด
- ผศ.สุภาวดี รัตนมาศ ผศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ อ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ อาจารย์คณะกรรมการวิทยานิพนธ์
- คุณพิศิษฐ์ ไทยบรรเทา วิศวกรอาคารโรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา
- เจ้าหน้าที่โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา
- คุณพงค์พัฒน์ มั่งคั่ง เจ้าหน้าที่สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

รวมทั้งอาจารย์หลายๆท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบคุณพิเศษสำหรับเพื่อนๆพี่ๆน้องๆรวมทั้งผู้ที่มีส่วนช่วยให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอขอบคุณสำนักนโยบายพลังงานแห่งชาติที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ธรณิศวร์ ยินดี

พฤษภาคม 2546

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....2

1.4 วิธีดำเนินงานการวิจัย.....2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....4

1.6 ขอบเขตการวิจัย.....5

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานในการประหยัดจัดการในอาคาร.....6

2.1 พลังงานที่ใช้ในอาคาร.....6

2.1.1 พลังงานไฟฟ้า 6

2.1.2 ก๊าซหุงต้ม (LPG).....17

2.1.3 น้ำมัน 21

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์.....21

2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม.....29

2.2.1 การจัดผังอาคาร.....30

2.2.2 รูปแบบอาคาร.....30

2.2.3 การบังเงาอาคาร.....39

2.2.4 การเลือกใช้วัสดุ.....41

2.2.5 การระบายอากาศ.....46

2.2.6 การใช้สภาพแวดล้อม.....47

2.3 การจัดการพลังงานในระบบและอุปกรณ์.....55
2.3.1 ระบบไฟฟ้า.....55
2.3.2 ระบบความร้อน.....74
2.4 การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมการใช้พลังงาน.....76
2.4.1 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการใช้พลังงานในอาคาร.....76
2.4.2 ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ.....79
2.5 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น.....86
2.6 แนวความคิดในการจัดทำแผนงานด้านการใช้พลังงาน.....86

บทที่ 3 ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงาน และเทคนิคในการจัดการพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา 98
3.1 การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงแรม 98
3.2 ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร.....112
3.3 สภาวะภายในในอาคาร.....126
3.4 เทคนิคในการจัดการพลังงาน.....131
3.4.1 การดำเนินการจัดการพลังงาน 134
3.4.2 ผลการดำเนินการในการจัดการพลังงาน.....135
3.5 การจัดการพลังงานสำหรับอาคารตัวอย่าง.....135
3.5.1 การดำเนินการทางสถาปัตยกรรม.....136
3.5.2 การดำเนินการทางวิศวกรรม.....154
3.5.3 การดำเนินการสำหรับพลังงานหมุนเวียน.....159
3.5.4 การจัดการพลังงานในอาคารตัวอย่าง.....164

บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 167

บรรณานุกรม.....171

ภาคผนวก ก บริเวณที่ทำการวัดค่าความสบายในอาคาร 174
ภาคผนวก ข การคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยโปรแกรม OTTVEE 1.0... 176

ประวัติผู้เขียน 246

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 อัตราส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภท.....6

2.2 การเปรียบเทียบระบบการทำน้ำร้อนแต่ละประเภท.....20

2.3 การเปรียบเทียบระบบการทำน้ำร้อนขนาดใหญ่.....21

2.4 การยึดหดตัวของวัสดุชนิดต่างๆ.....45

2.5 การสะท้อนแสงในวัสดุปูพื้นผิวบางชนิดและพืชคลุมดิน.....51

2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดชนิดต่างๆ.....60

2.7 สัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลักในแต่ละระบบ.....68

2.8 พลังงานที่ได้จากการใช้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ.....85

3.1 รายละเอียดผนังภายนอกและหลังคาอาคาร.....111

3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรมเดอะ ซิตี้ ในปี พ.ศ. 2534-2542.....114

3.3 การใช้แสงสว่างในอาคาร.....115

3.4 ชนิดและจำนวนหลอดไฟที่ใช้ในอาคาร.....115

3.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง.....116

3.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ.....118

3.7 ข้อมูลการใช้พลังงานชนิดอื่นๆของโรงแรมเดอะ ซิตี้ ในปี พ.ศ. 2534-2542.....122

3.8 ค่าความส่องสว่าง อุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร.....127

3.9 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบ.....136

3.10 วิธีการปรับปรุงอาคาร.....138

3.11 รายละเอียดการวิเคราะห์การลงทุนกรอบอาคารเพื่อลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร.....139

3.12 รายละเอียดการปรับปรุงกรอบอาคาร.....149

3.13 การตรวจวัดที่เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน.....154

3.14 รายละเอียดการวิเคราะห์การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นประเภทประหยัดพลังงาน.....157

3.15 รายละเอียดการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน.....158

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง	6
2.2	ระบบปรับอากาศส่วนกลาง (Central Chilled Water System)	12
2.3	ระบบปรับอากาศแบบครบชุดในตัว (Package Water Cooled)	13
2.4	ระบบปรับอากาศแยกส่วน (Split Type System)	13
2.5	ระบบปรับอากาศติดผนัง (Window Type)	13
2.6	โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิกอน	22
2.7	การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร	24
2.8	การทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	25
2.9	การจัดระบบท่อเข้ากับแผงรับแสง 2 หรือมากกว่า 2 แผง	27
2.10	การทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater)	28
2.11	การเกิดความกดอากาศสูงรอบอาคาร	31
2.12	การเกิดความกดอากาศต่ำรอบอาคาร	31
2.13	การพัดของลมจากความกดอากาศสูงไปความกดอากาศต่ำ	31
2.14	พฤติกรรมของลมบริเวณอาคารหลังเดี่ยว	32
2.15	การเคลื่อนที่ของลมรอบอาคารหลายหลังที่มีความสูงเท่ากัน	33
2.16	การเคลื่อนที่ของลมรอบอาคารหลายหลังที่เรียงขนานกันมีความสูงอยู่.ท้ายลม	33
2.17	ช่องเปิดแบบต่างๆที่มีผลต่อปริมาณลมที่เข้ามาในห้อง	34
2.18	การดัดแปลงแก้ไขทิศทางลม	35
2.19	การควบคุมการไหลของกระแสลมโดยช่องเปิด	36
2.20	การบังคับทิศทางลม	36
2.21	การไหลของกระแสลมเมื่อมีผนังภายในห้อง	36
2.22	อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน	40
2.23	อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง	40
2.24	อุปกรณ์บังแดดแบบตาราง	40
2.25	ตัวอย่างการใช้ต้นไม้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมให้เย็น	48
2.26	อิทธิพลของความลาดเอียงของพื้นดิน	54
2.27	การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร	71
2.28	การทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	72

2.29 การทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารขนาดใหญ่.....75
2.30 การจัดการพลังงานในอาคารสำหรับอาคารใหม่.....92
2.31 การจัดการพลังงานในอาคารสำหรับอาคารที่มีอยู่.....93
3.1 ภาพถ่ายด้านนอกอาคาร.....98
3.2 สภาพแวดล้อมอาคาร.....100
3.3 ผังอาคาร 101
3.4 รูปด้านอาคาร.....105
3.5 รูปตัดอาคาร.....109
3.6 การใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร.....112
3.7 การใช้พลังงานของโรงแรมเดอะ ซิตี้ ในปี 2539-2542 115
3.8 การจัดกลุ่มของลิฟท์.....117
3.9 บันไดเลื่อนด้านหน้าอาคาร 117
3.10 ผังระบบปรับอากาศของอาคาร 118
3.11 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ.....121
3.12 การทำงานของภาคความร้อน.....123
3.13 การใช้ก๊าซของโรงแรมเดอะ ซิตี้ ในปี พ.ศ.2539-2542.....123
3.14 การใช้น้ำมันของโรงแรมเดอะ ซิตี้ ในปี พ.ศ.2539-2542.....124
3.15 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิในอาคาร.....128
3.16 ค่าความส่องสว่างภายในอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา.....130
3.17 อุณหภูมิภายในอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา.....130
3.18 การจัดการพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้ (ปัจจุบัน).....132
3.19 บริเวณที่สามารถจัดสวนหลังคา (Roof Garden) ได้.....137
3.20 การเปรียบเทียบค่า OTTV ของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ.....150
3.21 การเปรียบเทียบค่า RTTV ของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ.....150
3.22 การเปรียบเทียบเงินลงทุนของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ.....151
3.23 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ลดลงของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ.....151
3.24 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ.....152
3.25 การเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ 152
3.26 การเปรียบเทียบขนาดระบบปรับอากาศที่ลดลงของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ153
3.27 การจัดการพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้ (วิทยานิพนธ์).....161

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเรามีการบริโภคพลังงานในการดำเนินชีวิตปริมาณมาก ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบในการผลิตพลังงานและมีค่าใช้จ่ายสูง เพราะส่วนใหญ่พลังงานที่เราใช้ในชีวิตประจำวันล้วนเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Non-renewable energy) ทั้งสิ้น ดังเช่นการใช้พลังงานในอาคารเป็นต้น

ในแต่ละอาคารจะมีปริมาณการบริโภคพลังงานมากน้อยแตกต่างกัน พลังงานที่ต้องสูญเสียไปกับการใช้อาคารปกติจะมีหลายลักษณะอาทิ พลังงานเพื่อการส่องสว่าง พลังงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสุขาภิบาลเป็นต้น นอกจากการบริโภคพลังงานหลักที่มาจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าและประปาของชุมชนโดยตรงแล้ว อาคารบางประเภทยังมีการนำเอาพลังงานจากธรรมชาติมาร่วมใช้กับพลังงานหลักเป็นต้นว่า พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง

ปัญหาประการหนึ่งของการสูญเสียพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ คือการจัดการความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานในอาคารนั้นๆยังมีคุณภาพไม่ดีพอ หากมีการจัดระเบียบแบบแผนความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานในอาคารที่ดีประกอบกับการนำพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) และพลังงานทดแทนมาใช้ในอาคาร จะทำให้อาคารนั้นๆประหยัดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายซึ่งสอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน

อาคารประเภทพาณิชยกรรมโดยทั่วไปแล้วนั้นจะมีการบริโภคพลังงานไม่น้อยไปกว่าภาคอุตสาหกรรม เมื่อเปรียบเทียบจำนวนอาคารกันทั้งประเทศ ในขณะเดียวกันอาคารประเภทพาณิชยกรรมจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอาคารพักอาศัยในชุมชนได้มากกว่าอาคารในภาคอุตสาหกรรม

จากที่กล่าวมาข้างต้น อาคารประเภทโรงแรมถือว่าเป็นอาคารพาณิชยกรรมประเภทหนึ่งที่มีการบริโภคพลังงานมากในหลายลักษณะและในเวลาเดียวกันมีการสูญเสียพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในแต่ละปีไปไม่น้อย การศึกษาวิธีการและหาข้อสรุปตัวอย่างการจัดการพลังงานและนำพลังงานหมุนเวียนมาร่วมใช้ในอาคารดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถเป็นแนวคิดในการนำไปประยุกต์และเลือกใช้กับอาคารอื่นๆที่สัมพันธ์สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตเพื่อประหยัดพลังงานในชุมชนได้

ดังนั้นการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาถึงการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในอาคารประเภทโรงแรมในเมืองขนาดกลางที่มีการใช้พลังงานมากควบคู่ไปกับการออกแบบอาคาร ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เพื่อความสมบูรณ์แบบของอาคารทางสถาปัตยกรรมและการใช้พลังงาน โดยเลือก

อาคารโรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชาเป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นโรงแรมในเมืองขนาดกลางที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมคล้ายคลึงกับอาคารโรงแรมในเมืองขนาดกลางส่วนใหญ่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานประเภทต่างๆในอาคารประเภทโรงแรม

1.2.2) เพื่อศึกษาการจัดการพลังงานในอาคารประเภทโรงแรม

1.2.3) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) และพลังงานทดแทนมาใช้ในอาคารประเภทโรงแรม

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1) กรรมวิธีการจัดการพลังงานที่มีความเหมาะสม

1.3.2) อาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีจะช่วยลดการบริโภคพลังงานได้

1.3.3) การนำพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนมาใช้ในอาคาร ทำให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง

1.3.4) เทคนิคและเทคโนโลยีแบบแผนใหม่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคารได้ ซึ่งเป็นการลดภาระการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1) การออกแบบวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหารูปแบบการจัดการพลังงานต่างๆในอาคารประเภทโรงแรมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด มีการศึกษาพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) และพลังงานทดแทนที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับพลังงานหลัก เพื่อให้เกิดการประหยัดและสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด โดยนำเสนอเป็นรูปแบบทางสถาปัตยกรรมและการจัดการพลังงาน

1.4.2) วิธีการเก็บข้อมูล

- ทำการศึกษาข้อมูล หลักเกณฑ์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานในอาคารจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
- ศึกษาเทคนิคและเทคโนโลยีแบบแผนใหม่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการพลังงานในอาคารได้
- ทำการคัดเลือกอาคารในประเภทโรงแรมที่จะนำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาเรื่องการจัดการพลังงานในอาคาร

- ศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานในอาคารตัวอย่างที่ได้คัดเลือกไว้

- ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน, พลังงานทดแทนและการนำมาใช้ในอาคาร

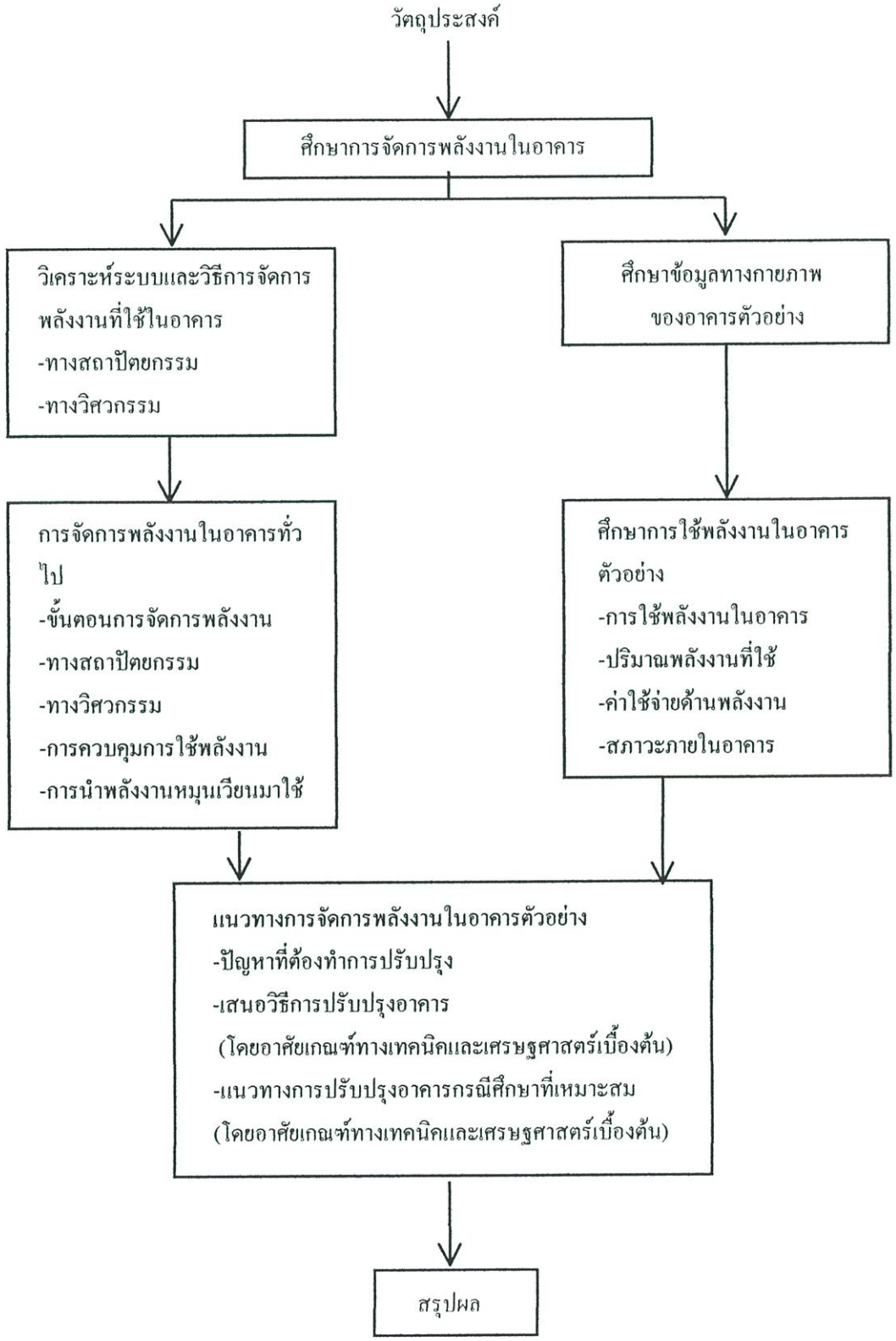
ในการศึกษาช่วงนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลจากวรรณกรรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนพ.), การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทยและการเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.4.3) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล จากการศึกษาในขั้นตอนที่แล้ว

- สรุปผลการใช้พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนในอาคาร
- นำเสนอรูปแบบทางสถาปัตยกรรมและการจัดการพลังงานในอาคาร

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



1.6 ขอบเขตของการศึกษา

1.6.1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการพลังงานในโรงแรมทั่วไป

1.6.2) ศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพและการจัดการพลังงานในอาคารตัวอย่าง

1.6.3) ศึกษาวิธีการนำพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนมาใช้ในอาคาร

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1) ทราบถึงวิธีการจัดการพลังงานในอาคารประเภทโรงแรม

1.7.2) สามารถจัดทำแนวทางการจัดการพลังงานในอาคารได้

1.7.3) สามารถนำไปเผยแผ่ได้

1.7.4) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาคารอื่นได้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการพลังงานในอาคาร

2.1 พลังงานที่ใช้ในอาคาร

ทรัพยากรธรรมชาติที่นิยมใช้เป็นพลังงานในอาคารปัจจุบันมี 3 แหล่งคือ พลังงานไฟฟ้า ก๊าซหุงต้มและน้ำมัน ทั้งน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลและน้ำมันเตา เนื่องจากมีสถิติการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงมีการนำทรัพยากรธรรมชาติอื่นมาทดแทนคือ พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวล

2.1.1 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้พลังน้ำเป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า (เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ) และมีบางส่วนได้จากถ่านหิน ในอาคารอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ ระบบไฟฟ้า ระบบเครื่องกลและการทำน้ำร้อน

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารในประเทศไทย จากรายงานของ USAID โดย Lawrence berkeley laboratory เรื่อง Energy Conservation in commercial Building ในปี 1985 ได้แสดงการใช้ไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภทแยกตามกิจกรรมคือ ระบบทำความเย็น ระบบแสงสว่างและอื่นๆดังนี้

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภทจำแนกตามกิจกรรม

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	อื่นๆ (%)
สำนักงาน	50.0	25.0	25.0
โรงแรม	61.0	15.3	23.7
ศูนย์การค้า	60.0	25.0	15.0
สถานพยาบาล	77.5	14.7	7.8

ที่มา: THE USE OF COMPUTER SOFTWARES IN THE DESIGN OF ENERGY CONSCIOUS BUILDING, 1998
หมายเหตุ: อื่นๆหมายถึงระบบทำความร้อนและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

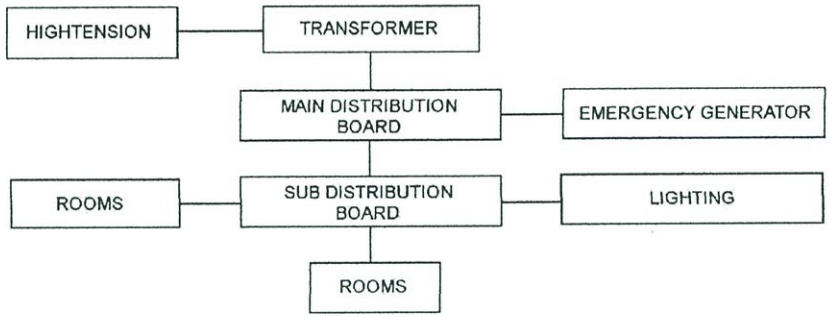
1) ระบบไฟฟ้า (Electrical System) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร 35-60% ของพลังงานที่ใช้ในอาคารพาณิชย์ ถ้าอาคารนั้นสามารถนำพลังงานแสงจากธรรมชาติมาใช้ในการให้แสงสว่าง ก็จะลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้อีก 10-40% ดังนั้นประมาณ 25% ของการใช้พลังงานในอาคารจึงขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบไฟฟ้าที่ดี ซึ่งประกอบด้วย

- ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power system)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting system)

- ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

1.1) ระบบไฟฟ้ากำลัง (POWER SYSTEM)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารควรศึกษาข้อกำหนดและกฎต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ระบบไฟฟ้าสอดคล้องกับการใช้งานในอาคาร ระบบไฟฟ้ากำลังเริ่มจากการจ่ายไฟแรงสูงมาจากหน่วยงานไฟฟ้าของราชการ มายังจุดที่กำหนดให้ตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อแปลงแรงดันไฟแรงสูงจากภายนอกเป็นไฟแรงต่ำ สำหรับจ่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร หลังจากนั้นก็มีการแบ่งการใช้ไฟออกเป็นส่วนๆตามการออกแบบ โดยจำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าสำรองเข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้



ภาพที่ 2.1 การทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง

รายละเอียดของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้ากำลัง

<u>หม้อแปลงไฟฟ้า</u> (Transformer) ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประเภทหลักๆคือ

- แบบน้ำมัน (Oil Type) หมายถึงหม้อแปลงไฟฟ้าที่ระบายความร้อนด้วยน้ำมัน ใช้สำหรับภายนอกอาคารเนื่องจากสามารถติดไฟได้และมีควันมาก มีอยู่ 2 รูปแบบคือ แบบติดตัวบนเสาและวางบนพื้นคอนกรีตและล้อมด้วยตะแกรงเหล็ก มีราคาถูก

- แบบแห้ง (Dry Type) หมายถึงหม้อแปลงที่ระบายความร้อนด้วยอากาศจึงเหมาะสมที่จะใช้ภายในอาคารมากกว่าแบบน้ำมัน

<u>MDB (Main Dristibution Board)</u> คือแผงควบคุมการจ่ายไฟหลักในอาคารที่รับกระแสไฟฟ้าที่แปลงจากไฟแรงสูงเป็นแรงต่ำแล้ว เพื่อกำหนดการควบคุมการทำงานเป็นกลุ่ม แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- การแบ่งตามประเภทอุปกรณ์ เช่น ควบคุมระบบปรับอากาศ ระบบลิฟท์ ระบบไฟส่องสว่าง

- การแบ่งตามความสำคัญของพื้นที่ เพื่อสะดวกในการควบคุม เช่น แบ่งตามชั้นและความสูง

1.2) ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง (Lighting system)

การประหยัดพลังงานหรือลดการสูญเสียในระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถกระทำได้โดยการให้ความสนใจในตัวแปรหลายๆด้านไม่เฉพาะแต่ทางด้านไฟฟ้าเท่านั้น หลักการสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างมีดังนี้

การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง

ศึกษาถึงประเภทหรือชนิดของงานที่กระทำในพื้นที่นั้นว่าเป็นงานชนิดใด ต้องการระดับความสว่างมากน้อยเพียงใด ขณะเดียวกันก็พิจารณาหรือเลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้นด้วยเช่น การใช้สีทาผนัง เพดานและพื้น ควรเลือกใช้สีที่ให้ผลในการส่องสว่างสูง เป็นต้น

การเลือกใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม

ในการเลือกหลอดไฟต้องพิจารณาหลายด้าน เพื่อให้ได้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานดังนี้

1.ประสิทธิภาพแสง หลอดไฟต่างๆจะมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงสว่างได้ไม่เท่ากัน ความสามารถของหลอดนี้เรียกว่า ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficiency) หลอดไส้มีประสิทธิภาพแสงต่ำที่สุด ส่วนหลอดโซเดียมความดันต่ำมีประสิทธภาพแสงสูงที่สุด

2.อายุใช้งานของหลอด หลอดที่มีราคาต่ำ อายุมักสั้น จึงต้องเปลี่ยนหลอดบ่อยๆ อาจเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าหลอดที่มีราคาสูงแต่อายุยาวได้

3.สีของแสง หลอดแต่ละชนิดให้แสงที่มีส่วนประกอบทางเสปคตรัมไม่เหมือนกัน จึงอาจทำให้สีของวัตถุผิดไป จากการมองเห็นภายใต้แสงอาทิตย์ได้

3) การออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องได้รับการออกแบบและติดตั้ง เพื่อให้การทำกิจกรรมดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้สภาพแวดล้อมทั่วๆไปของการมองเห็นมีความปลอดภัย วิธีการให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี

1.การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ (General Lighting) วิธีนี้เป็นการให้แสงสว่างจากโคมไฟที่ติดตั้งอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่เพดาน การให้แสงสว่างแบบนี้มีข้อดีคือ สามารถออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้โดยไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนและสามารถย้ายตำแหน่งทำงานภายหลังได้ แต่มีข้อเสียคือต้องใช้โคมไฟจำนวนมากเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ (Localised General Lighting) การให้แสงวิธีนี้จะประหยัดกว่าวิธีแรกโดยการรวมพื้นที่ทำงานเป็นกลุ่มๆแต่ละกลุ่มต้องการระดับความสว่างเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ แล้วแต่ประเภทของงาน กลุ่มพื้นที่ทำงานเหล่านี้จะมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกกันอย่างอิสระ ทำให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดใช้งานแยกกันได้ แต่มีข้อเสียคือ หลังจากติดตั้งระบบใช้งานแล้วจะย้ายตำแหน่งพื้นที่ทำงานได้

3. การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง (Local Lighting) การให้แสงสว่างวิธีนี้เป็นการเสริมสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยการติดตั้งโคมไฟที่ตำแหน่งใกล้ผู้ทำงาน และให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่งและทิศทางที่ต้องการเท่านั้น

4) การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เหมาะสม

การเปิดไฟให้น้อยลงหรือดับไฟเป็นการประหยัดพลังงานชั่วคราวและมีผลทางจิตวิทยา แต่ถ้าปิดไฟโดยไม่เว้นควงที่จำเป็น ทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ดี

1. การปิดไฟแสงสว่างทั้งหมด เช่นในเวลาหยุดพักเที่ยงให้ทำการตัดไฟทั้งหมด โดยตัดที่สายหลักของระบบไฟแสงสว่าง

2. การปิดไฟแสงสว่างเป็นบางส่วน เช่นในบริเวณที่สามารถใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ได้ หรือบริเวณที่ไม่ใช้แสงสว่างในช่วงเวลาสั้น

3. ใช้สวิทซ์ควบคุมการเปิด-ปิด 2 ทางเพื่อให้สามารถควบคุมการใช้ไฟแสงสว่างที่จุดต่างๆที่เหมาะสม โดยมีตัวบอก (Indicator) เพื่อบอกให้ทราบถึงสภาวะการทำงานของหลอดไฟที่แผงสวิทซ์

4. ใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติต่างๆ

การควบคุมแสงสว่างด้วยการควบคุมวงจรไฟฟ้า วิธีหนึ่งที่ควบคุมการให้แสงสว่าง ตามวัตถุประสงค์การใช้งานง่ายๆคือควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิตแสงสว่างจากหลอดไฟ การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟนั้น แบ่งการควบคุมไว้หลายลักษณะ คือ

- การควบคุมแสงสว่างเฉพาะจุด เหมาะสำหรับใช้กับหลอดไฟที่ให้แสงสว่างเฉพาะที่ เช่น ไฟตั้งโต๊ะ โดยมากใช้กับงานละเอียดที่ต้องใช้สายตา เช่นงานเขียนแบบ งานประกอบชิ้นส่วน เป็นต้น

- การควบคุมแสงสว่างเป็นกลุ่มหรือพื้นที่ เป็นลักษณะการใช้สวิทซ์ 1 ตัว เปิด-ปิดควงไฟพร้อมกันหลายดวงซึ่งจัดเป็นกลุ่มหรือคลุมพื้นที่ให้แสงเป็นบริเวณ โดยขึ้นอยู่กับความแตกต่างในการใช้งานของแต่ละพื้นที่ที่ต้องการระดับความสว่างหรือช่างเวลาไม่เหมือนกัน

- การควบคุมแสงสว่างโดยการจัดแบ่งระดับความสว่าง เป็นลักษณะการควบคุมการให้แสงสว่างเป็นกลุ่มหรือพื้นที่ชนิดหนึ่ง แต่มีความอ่อนตัวกว่าในการควบคุมการให้แสงตามความต้องการ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสามารถลดและเพิ่มระดับความสว่างตามต้องการ ซึ่งมีวิธีปฏิบัติได้ 2 แบบคือ

จัดวงจรสำหรับเปิด-ปิดหลอดไฟบางดวงในแต่ละแถวหรือระหว่างแถว เพื่อจุดประสงค์ในการประหยัดพลังงานในด้านการรักษาความปลอดภัย ซึ่งสามารถเปิด-ปิดหลอดไฟทุกดวงในเวลาทำงานปกติและเปิดไฟจำนวนน้อยเพื่อให้เห็นสภาพห้องในเวลาค่ำ

จัดแยกวงจรแสงสว่างจากดวงโคมที่มีหลอดไฟหลายหลอดในดวงโคมเดียวกัน เพื่อให้การกระจายแสงอย่างทั่วถึงตลอดพื้นที่ทำงาน แต่ระดับความสว่างจากโคมไฟจะต่างกันตามจำนวนดวงไฟที่เปิด-ปิดในแต่ละวัน ซึ่งสามารถเพิ่มหรือลดความสว่างจากดวงโคมได้เพื่อเป็นการให้แสงสว่างร่วมกับแสงจากธรรมชาติ

- การควบคุมความสว่างหลายระดับ เป็นลักษณะการควบคุมแสงสว่างที่ใช้กับหลอดประจุความดันสูง (High intensity discharge lamp: HID) เป็นการควบคุมระดับแสงสว่าง 2 ระดับและชนิดปรับความสว่าง 3 ระดับ การปฏิบัติคือต้องเปิดจ่ายไฟฟ้าให้หลอดได้แสงสว่างเต็มที่ก่อนจึงปรับลดลง การปรับระดับแสงนี้ต้องใช้เวลานานประมาณ 5-10 นาที แต่การลดระดับความสว่างจากหลอดประจุความดันสูงนี้ สีของแสงจะเปลี่ยนไปด้วย การลดความสว่างลงอุณหภูมิแสงจะเปลี่ยนตาม

- การควบคุมระดับความสว่างแบบต่อเนื่องหรือแบบหรี่แสงได้ การควบคุมประเภทนี้สามารถตั้งระดับความสว่างตามความต้องการเป็นระยะต่อเนื่อง การควบคุมการให้ความสว่างแบบหรี่แสงนี้ใช้ได้กับหลอดไฟได้ทุกประเภท แต่ต้องใช้อุปกรณ์หรี่แสงให้ถูกต้องกับชนิดของดวงโคมชนิดนั้นๆเช่น เครื่องหรี่แสงของหลอดไส้ (Incandescent lamp) จะใช้กับหลอดนวลแสง (fluorescent lamp) หรือหลอดปลอดประจุความดันสูงไม่ได้ และการควบคุมความสว่างด้วยการหรี่แสงนี้ โดยทั่วไปมักใช้กับหลอดไส้เท่านั้น

5. การซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นเวลานานๆพบว่าความสว่างลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่างๆเช่นหลอดเสื่อมสภาพ โคมไฟสกปรกทำให้แสงลดลง และมีหลายอย่างที่มีผลต่อการลดค่าความสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึง

- ผลของอุณหภูมิ
- ผลของระดับแรงดันไฟฟ้า
- ผลจากบัลลาสต์
- ผลจาการเสื่อมสภาพของวัสดุต่างๆที่ใช้ทำโคมไฟ
- ผลจากเพดาน ผนังและพื้นห้องสกปรกหรือสีหมองคล้ำลง
- ผลจากหลอดขาดหรือเสีย
- ผลจากโคมไฟสกปรก

1.3) ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency System) โดยทั่วไประบบไฟฉุกเฉินในอาคารสูงเป็นเรื่องจำเป็นมาก เพราะฉะนั้นจึงกำหนดให้มีระบบไฟฉุกเฉิน 2 ระบบคือ

<u>ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินแบบดีเซล (Generator System)</u> เป็นระบบทำงานอัตโนมัติคือ การสตาร์ทเครื่องและมีสวิทช์สับเปลี่ยนจ่ายไฟให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญภายในระยะเวลา 10 วินาที หลังจากไฟฟ้าหลักดับ ระบบไฟสำรองนี้ควรจะจ่ายในระหว่างไฟดับ ได้แก่ ระบบไฟแสงสว่างประมาณ

30% ของทั้งหมด ระบบ Fire Alarm ระบบชุมสายโทรศัพท์รวม PABX ระบบลิฟท์ ระบบพัดลมอัดอากาศชั้นใต้ดินและบันไดหนีไฟ ระบบปั๊มน้ำดับเพลิง ระบบปั๊มน้ำดี ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นต้น

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินจากแบตเตอรี่ เพื่อให้แสงสว่างในระหว่างที่รอไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่สามารถจ่ายไฟได้ ไฟจากแบตเตอรีนี้จะต้องติดตั้งในบริเวณที่สำคัญเช่น หลอดไฟในป้ายทางหนีไฟ ไฟแสงสว่างทางเดิน ไฟแสงสว่างในห้องกำเนิดไฟฟ้าเป็นต้น

2) ระบบเครื่องกล (Mechanical System) แบ่งออกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ๆคือ ระบบปรับอากาศ ระบบขนส่งและบันไดเลื่อนและมอเตอร์ของระบบต่างๆ

2.1) ระบบปรับอากาศ

การใช้ไฟฟ้าในอาคารส่วนใหญ่ใช้ไปในระบบปรับอากาศและมีศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับสูงสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีต่างๆทั้งต้องลงทุนและไม่ลงทุน ซึ่งผลจากการดำเนินงานไม่ทำให้ความสะดวกสบายที่ได้รับจากการใช้ระบบปรับอากาศลดลง แต่ลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงจากปกติ มีวิธีการดังนี้

การปรับปรุงในส่วนของอาคาร

ส่วนต่างๆของอาคารมีความสำคัญต่อการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างยิ่ง หากมีการปรับปรุงในส่วนต่างๆของอาคาร ให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้น้อยที่สุด เท่ากับเป็นการลดภาระปรับอากาศให้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งแนวทางการปรับปรุงมีดังนี้

1.ผนังภายนอกอาคาร ควรทาสีขาวหรือสีอ่อนเพื่อช่วยในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ เป็นการลดความร้อนเข้าสู่อาคารและควรปลูกต้นไม้เพื่อกั้นแสงอาทิตย์ อาคารที่ปรับอากาศควรมีกระจกน้อยที่สุดในด้านตะวันออกและตะวันตกของอาคาร

2.ผนังภายในอาคารที่ปรับอากาศที่ปรับอากาศโดยเฉพาะผนังทิศตะวันออกและตะวันตกซึ่งไม่มีเงากำบัง ควรใช้ฉนวนกันความร้อนบุผนังอีกชั้น เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร สำหรับเพดานภายในห้องปรับอากาศก็ควรบุฉนวนกันความร้อน ซึ่งห้องปรับอากาศที่บุฉนวนจะประหยัดค่าไฟฟ้าประมาณ 30% ของค่าไฟฟ้าที่เคยใช้ต่อเดือน และลดการสึกหรอรวมทั้งประหยัดค่าซ่อมแซมเครื่องปรับอากาศ

3.หน้าต่างอาคารที่มีการปรับอากาศควรให้มีหน้าต่างน้อยที่สุด หรือจะให้มีหน้าต่างควรมีเฉพาะทิศเหนือและใต้ของอาคาร หน้าต่างของอาคารควรทำด้วยกระจกสีชา กระจกสีชาดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 50% จะมีค่าตัวประกอบการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่ากระจกธรรมดา 27% หรือควรใช้กระจก 2 ชั้นจะช่วยลดการส่งผ่านความร้อนได้มาก

4.การบังแสงจากภายนอกอาคารจะสามารถลดการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกอาคารได้มากกว่าการใช้ม่านกันแสงภายในอาคาร เช่นหน้าต่างเป็นแบบกระจกใสธรรมดาชั้นเดียวและใช้ม่านบังแสงภายนอกจะมีค่าตัวประกอบการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่าการใช้ม่านบังแสงภายใน

ประมาณ 41% การบังแสงภายนอกอาคารสามารถทำได้โดยการใช้กันสาดในแนวตั้งและแนวนอน หรือการหลบแนวหน้าต่างเข้ามาภายใน

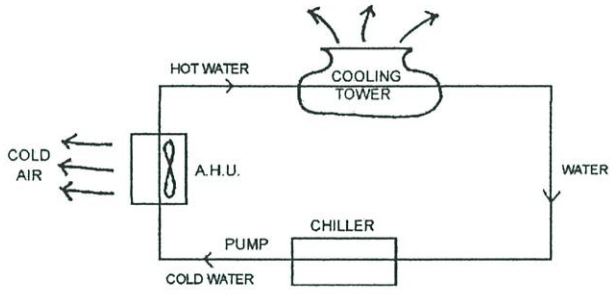
<u>การเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน</u>

ระบบปรับอากาศที่ใช้กันทั่วไปในอาคารแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

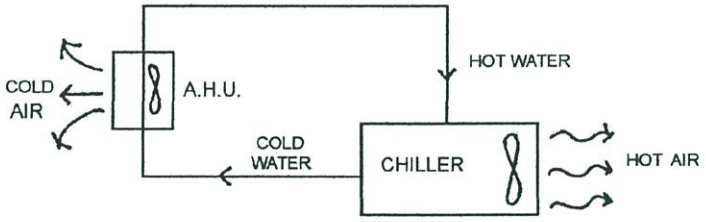
1. ระบบส่วนกลาง (Central Chilled Water System) เป็นระบบที่เกิดจากการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ผลิตน้ำเย็น แล้วใช้น้ำเย็นเป็นตัวกลางทำความเย็นในระบบปรับอากาศ โดยการเดินท่อน้ำเย็นไปยังเครื่องจ่ายลมเย็น (Air Handing Unit – A.H.U.) ซึ่งติดตั้งอยู่ตามชั้นต่างๆของอาคาร หรือในแต่ละพื้นที่

แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

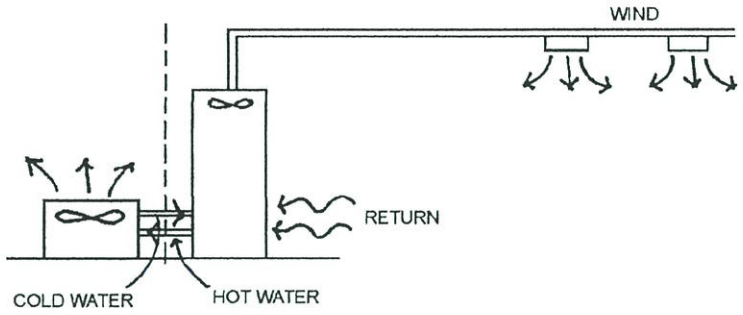


- ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)



ภาพที่ 2.2 การทำงานของระบบปรับอากาศระบบส่วนกลาง

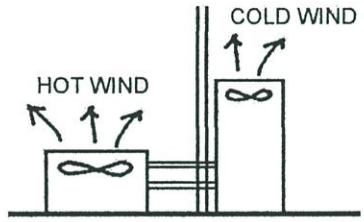
2. ระบบครบชุดในตัว (Package Water Cooled) เป็นระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ คล้ายกับระบบติดผนังแต่มีขนาดใหญ่กว่า มีส่วนประกอบทั้งสิ้น 4 ส่วน ได้แก่ คอมเพรสเซอร์ คอยล์เย็น คอยล์ร้อนและวาล์วความดันครบชุดทั้งหมดอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยคอยล์ร้อนจะมีน้ำร้อนวิ่งผ่านและพัดลมเป่าระบายอากาศ ทำให้น้ำเย็นลงและโคจรกลับไปใช้ระบายความร้อนใหม่อีกครั้ง โดยลักษณะของการติดตั้งนิยมที่จะต่อท่อลมเย็นออกจากเครื่องโดยตรงไปยังพื้นที่ต่างๆ ระบบนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่ที่จำเป็นต้องแยกเป็นส่วนๆและมีเวลาหรือความสำคัญในการเปิด-ปิดไม่เท่ากัน



ภาพที่ 2.3 การทำงานของระบบปรับอากาศระบบครบชุดในตัว

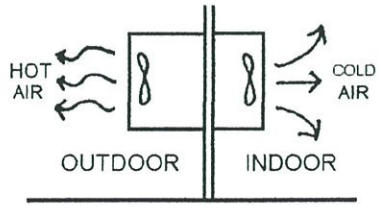
3. ระบบแยกส่วน (Split Type System) นิยมใช้กับอาคารพักอาศัยมากที่สุด ส่วนประกอบของระบบนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- Fan Coil Unit คือส่วนที่อยู่ภายในอาคารสำหรับเป่าลมเย็น
- Condensing Unit คือส่วนที่อยู่นอกอาคารสำหรับระบายลมร้อน



ภาพที่ 2.4 การทำงานของระบบปรับอากาศระบบแยกส่วน

4. ระบบติดผนัง (Window Type) เป็นระบบที่เล็กที่สุด แต่ไม่นิยมใช้เนื่องจากไม่สวยงามและมีเสียงดัง แต่มีข้อดีคือ ราคาถูก สามารถติดตั้งและถอดประกอบได้ง่าย นิยมใช้สำหรับงานชั่วคราว



ภาพที่ 2.5 การทำงานของระบบปรับอากาศระบบติดผนัง

สำหรับอาคารขนาดใหญ่จะพิจารณาเลือกตามประสิทธิภาพ การทำงานและการลงทุน เป็นสิ่งสำคัญจึงควรเลือกใช้ระบบส่วนกลาง (Central Air Conditioning System) และชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Chiller) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและคุ้มค่าการลงทุนด้วยเหตุผลต่อไปนี้

- เหมาะสมกับอาคารขนาดใหญ่เพราะสามารถกระจายหัวไปยังจุดต่างๆสะดวก โดยผ่านเครื่องทำความเย็น
- เมื่อเกิดปัญหาท่อทำความเย็นรั่ว จะสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้ง่าย เพราะเป็นน้ำและสูญเสียค่าซ่อมบำรุงน้อยกว่าชนิดที่ใช้ Refrigerant ทำความเย็น
- การลงทุนในระยะแรกสูงแต่จะมีอายุการใช้งานนานกว่าแบบอื่นๆ
- การใช้งานสามารถควบคุมได้จากจุดเดียว ทำให้สะดวก โดยติดตั้งระบบควบคุมอาคาร
- เครื่องเดินเงียบที่สุดและใช้ทนนาน 20-25 ปี

การกระจายลมในส่วนปกติจะจ่ายลมจากฝ้าเพดานกระจายลงสู่พื้นที่ส่วนบริเวณโถงและห้องต่างๆ ส่วนอื่นๆที่อยู่ใกล้หลังคาไม่สามารถทำการจ่ายลมจากฝ้าเพดานได้ ก็จะมีการจ่ายลมโดยทำท่อจ่ายลมโผล่มาจากพื้นกระจายไปตามตำแหน่งที่ต้องการ

<u>การประหยัดไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ</u>

ก. สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ของอาคาร ทำได้ 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 วิธีการใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในอาคารถ้ามีการใช้อย่างเหมาะสมและคำนึงถึงเรื่องการประหยัดแล้ว จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม

- ควบคุมให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) การควบคุมให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้าที่เครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำ ก็จะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงในขณะที่การทำความเย็นยังเท่าเดิม การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้ต่ำทำได้โดยเปิดหอผึ่งน้ำเย็นขึ้นอีก 1 ชุด ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้นและจะมีผลให้การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง แต่โดยปกตินำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำพอสมควรอยู่แล้ว การเปิดหอผึ่งน้ำอาจทำให้พลังงานที่ลดลงจากเครื่องทำน้ำเย็นไม่คุ้มค่ากับการใช้พลังงานที่พัดลมของหอผึ่งน้ำ

ส่วนที่ 2 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

การประหยัดไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจะไม่เป็นผลถ้าไม่มีการติดตามการใช้งานจริงของระบบ และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ทดสอบและปรับแต่งระบบอย่างสมบูรณ์เป็นครั้งคราวตลอดอายุการใช้งานของระบบ โดยมากแล้วการปรับแต่งระบบในครั้งแรกมักเป็นการปรับแต่งครั้งเดียวที่ได้ทำกับระบบ ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงเรื่อยๆ

- ตั้งเทอร์โมสตัทให้ควบคุมอุณหภูมิที่พอเหมาะกับความสบายเท่านั้น ไม่ควรตั้งให้ต่ำสุด และหมั่นตรวจสอบว่าเทอร์โมสตัทสามารถทำงานได้ปกติหรือไม่ อุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 24-26°C

- เครื่องส่งลมเย็น ควรมีการทำความสะอาดแผงกรองอากาศและขดทำความเย็น (Cooling Coil) เป็นประจำ ถ้าอุณหภูมิดังกล่าวสกปรก พื้นผิวรับความร้อนจะถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี ทำให้น้ำเย็นกลับไปยังเครื่องทำน้ำเย็นยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ ทำให้ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลงด้วย

- ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นประจำและตรวจสอบอย่าให้มีวัสดุปิดขวางทางลมที่ใช้ในการระบายความร้อน

- ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากระบบน้ำหมุนเวียนในระบบเป็นระบบเปิดน้ำระเหยตลอดเวลา ผิวด้านในของอุปกรณ์ควบแน่นจึงมักมีตะกรันและสิ่งสกปรกเป็นผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น

- ทำความสะอาดหอผึ่งน้ำเพื่อให้ผิวระบายความร้อน รวมถึงหอผึ่งน้ำ

- จัดให้มีการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบหล่อเย็น ความสกปรกในระบบจะลดความสามารถในการถ่ายเทความร้อน

- ต้องทำการหล่อลื่นพัดลมทุกตัวด้วยการอัดจารบีหรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลา

- ตรวจความตึงของสายพานในพัดลมให้เหมาะสม

- ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำเย็นและซ่อมแซมฉนวนท่อน้ำ รวมทั้งแก้ไขการรั่วของน้ำเย็นที่อุปกรณ์ต่างๆ เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งที่ใช้ Packing Seal ต้องให้มีน้ำซึมบ้างแต่ไม่ให้มากเกินไป

- ตรวจสอบการรั่วของท่อลมที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงการซ่อมแซมฉนวนท่อลมที่ฉีกขาด

- ตรวจสอบหน้าต่างและประตูด้านนอกอาคารว่ามีรูรั่วทำให้อากาศร้อนภายนอกเข้าสู่อาคารหรือไม่

ข. สำหรับระบบปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง (Window Type) และแยกส่วน (Split Type System)

- สำหรับระบบปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรบิดสวิทช์ไปที่ช่องระบายอากาศ (Exhaust) หรือช่องให้อากาศภายนอกเข้า (Vent) เพราะจะไม่ประหยัดพลังงาน

- อากาศภายนอกควรให้เข้าห้องปรับอากาศน้อยที่สุด ไม่ควรใช้พัดลมระบายอากาศขณะที่อากาศร้อนหรือชื้น ถ้าไม่จำเป็นก็ไม่ควรเปิดพัดลมระบายอากาศเลย

- ตั้งปุ่มปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมและอย่าปรับเครื่องให้เย็นเกินไป ตั้งเทอร์โมสตัทให้ควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมกับความสบายเท่านี้ โดยทั่วไปควรปรับที่ 78°F หรือ 26°C ถ้าปรับอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับภายนอกมากก็ทำให้ประหยัดได้มาก

- หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศที่อยู่ด้านหลังหน้ากากของเครื่อง ควรถอดมาทำ

ความสะอาดอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง การทำความสะอาดใหญ่ทั้งเครื่องควรให้ช่างถอดออกมาล้างปีละ 1 ครั้ง

- ปิดเครื่องปรับอากาศ เปิดใช้เฉพาะส่วนที่จำเป็นและในเวลาจำเป็น ในช่วงที่อากาศไม่ค่อยร้อนจัดให้ปิดเครื่องปรับอากาศเปิดหน้าต่างเพื่อให้ลมพัดถ่ายเท

- เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ทดแทนเครื่องเก่าที่มีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากการใช้งานและการเปลี่ยนเครื่องใหม่ควรเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง

2.2)ระบบขนส่งลิฟท์และบันไดเลื่อน

1. ระบบลิฟท์ (Elevator) ในปัจจุบันระบบลิฟท์เป็นระบบที่มีความสำคัญมากต่อการออกแบบอาคารสูงในปัจจุบันและมีการพัฒนามากขึ้นกว่าเดิมเรื่อยๆในด้านความสะดวกสบาย แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบลิฟท์ยังจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในด้านต่างๆ และเพื่อให้การใช้งานของระบบลิฟท์ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์การสัญจร (Traffic Analysis) โดยการคำนวณหาปริมาณและคุณภาพการใช้งาน

ด้านปริมาณ จำนวนคนโดยสารที่ระบบลิฟท์สามารถขนส่งได้ภายในช่วงระยะเวลา 5 นาที (Handing capacity)

ด้านคุณภาพ ช่วงเวลาที่ผู้โดยสารต้องรอคอยที่ชั้นล่าง หน่วยเป็นวินาที (Waiting Time Interal)

ข้อมูลที่ต้องนำไปทำการวิเคราะห์การสัญจรคือ ความสูง (เมตร)และจำนวนชั้นของอาคาร ประเภทของอาคารเช่น โรงแรม สำนักงาน พื้นที่ใช้สอยในชั้นนั้นๆหรือจำนวนผู้อยู่อาศัย มีการใช้พื้นที่พิเศษในอาคารนั้นบริเวณไหนบ้างเช่น ห้องประชุม จัดเลี้ยง สถานที่ติดตั้งลิฟท์

จากการทำการวิเคราะห์การสัญจรทำให้ทราบถึงจำนวนลิฟท์ที่จะต้องใช้ ขนาดของลิฟท์แต่ละตัว ความเร็วของลิฟท์แต่ละตัว

2.3)มอเตอร์ของอุปกรณ์ต่างๆ เช่นมอเตอร์ของบันไดเลื่อน มอเตอร์ของปั๊มน้ำในระบบประปาเป็นต้น ปัจจุบันได้มีการออกแบบและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เป็นการปรับปรุงให้มีการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการทำงานลดลง จากการปรับปรุงทำให้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดา 2-4% ในมอเตอร์ขนาดใหญ่และ 4-7% ในมอเตอร์ขนาดต่ำกว่า 5.5กิโลวัตต์ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการทำงานของปั๊มน้ำเท่านั้น

<u>ปั๊มน้ำ</u> ปัจจุบันได้มีการจัดแบ่งแยกประเภทของปั๊มหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย ดังนั้นจึงมีการจัดหมวดหมู่ออกได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ

1. แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั๊ม
2. แยกตามลักษณะการขับดันของเหลวในปั๊ม

ในการคำนวณเพื่อเลือกใช้เครื่องปั๊มน้ำให้ได้อย่างถูกต้องจะมีองค์ประกอบที่ควรทราบอยู่หลายส่วนด้วยกันแต่ที่สำคัญมีอยู่สองอย่าง คือ อัตราการไหลของน้ำและเฮดที่ปั๊มต้องให้แก่น้ำ โดยเมื่อทราบองค์ประกอบแล้ว จะสามารถคำนวณอัตรากำลังงานที่ต้องใช้ได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องปั๊มน้ำสำหรับบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดสำเร็จรูป ประกอบด้วยตัวปั๊มและถึงความดัน ตัวปั๊มจะควบคุมการทำงานด้วยสวิทช์ความดัน (Pressure Switch) ซึ่งจะทำงานอัตโนมัติเมื่อมีการเปิดใช้น้ำในบ้าน ความดันในท่อจะลดลงจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ปั๊มก็จะทำงานจ่ายน้ำเข้าเส้นท่อ เมื่อหยุดหรือเปิดอุปกรณ์ ความดันจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ปั๊มก็จะหยุด เครื่องปั๊มน้ำแบบนี้มักมีขนาดให้เลือกไม่มากนัก เพราะผลิตมากเพื่อใช้สำหรับบ้านขนาดเล็ก ๆ จนถึงขนาดกลาง ถ้าเป็นบ้านหรืออาคารขนาดใหญ่ ต้องใช้ชุดเครื่องปั๊มน้ำแบบ Packaged booster Pump Set ซึ่งจะจ่ายน้ำได้ในปริมาณสูงและเลือกความดันได้หลายระดับ

เครื่องปั๊มน้ำสำหรับอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องพิจารณาให้ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีเรื่องราคาและค่าการบำรุงรักษาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

3) การทำน้ำร้อน จะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 2.1.2 ก๊าซหุงต้ม

2.1.2 ก๊าซหุงต้ม (LPG) นิยมในอาคารใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มทำอาหารและต้มน้ำร้อนที่ใช้ภายในอาคาร ในที่นี้จะกล่าวถึงการนำไปต้มน้ำร้อนเท่านั้น

1) หม้อไอน้ำ (Boiler) คืออุปกรณ์ที่บรรจุน้ำอยู่ภายในและใส่เชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อเผาไหม้ให้พลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนให้น้ำในถัง จนกระทั่งได้ไอน้ำที่ความดันตามต้องการ จึงต้องทำให้ผลิตหม้อไอน้ำ เป็นภาชนะความดัน เพื่อให้ทนต่อความดันได้ พลังงานจากไอน้ำที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนและกำลังงานในกิจการต่างๆเช่น ทำน้ำร้อน การรีด-อบผ้าในโรงแรม โรงพยาบาล โดยทั่วไปหม้อไอน้ำจะประกอบด้วยระบบต่างๆดังนี้

- ระบบป้อนน้ำ ประกอบด้วย ปั๊มป้อนน้ำ ถังน้ำ
- ระบบเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ถังน้ำมัน ปั๊มน้ำมัน หัวเผาหรือหัวฉีด
- ระบบลม ประกอบด้วย พัดลม ปล่อง
- ระบบวัดและควบคุม ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดระดับน้ำ สวิทช์ความดัน อุปกรณ์ตรวจการติดไฟในห้องเผาไหม้ อุปกรณ์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ
- ระบบปลอดภัย ประกอบด้วย อุปกรณ์ต่างๆในระบบวัดและควบคุมรวมทั้งเซฟตี้วาล์ว

หม้อไอน้ำสามารถจำแนกออกด้วยเกณฑ์ต่างๆ เช่นตามโครงสร้าง ตามขนาด ตามความดันและอุณหภูมิหรือตามชนิดเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้จะเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งเช่น ถ่านหิน ฟืน แกลบหรือของเหลวเช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา น้ำมันดีเซลหรือเป็นก๊าซเช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซชีวภาพ ขึ้นอยู่กับว่าหม้อไอน้ำนั้นได้รับการออกแบบมาใช้กับเชื้อเพลิงชนิดใด ในประเทศไทยการใช้เชื้อเพลิงเหลว (น้ำมัน) และก๊าซหุงต้มได้รับความนิยมใกล้เคียงกัน ในการเผาไหม้ การใช้เชื้อเพลิงแข็งจะให้ประสิทธิภาพต่ำ การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซจะเผาไหม้ได้ง่ายที่สุด

47595

2) เครื่องทำน้ำร้อน (Water Heater) คืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนแก่น้ำจนมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ น้ำร้อนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารประเภทบริการ น้ำร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ได้หลายอย่าง เชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนจะเป็นไฟฟ้าหรือน้ำมันหรือก๊าซก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่อง ในการเลือกซื้อและใช้เครื่องทำน้ำร้อนเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือชนิด ขนาด ประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำร้อนและวิธีใช้ที่ถูกต้อง ระบบที่ใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับขนาดและประเภทอาคาร สามารถแบ่งได้ 4 ประเภทหลักๆดังนี้

2.1)เครื่องทำน้ำร้อนชนิดมีถังเก็บน้ำร้อน (Storage Water Heater) ส่วนประกอบหลักคือหัวเผาหรือฮีตเตอร์ เทอร์โมสตัท ถังเก็บน้ำร้อนมีขนาด 20-80แกลอน หัวเผาหรือฮีตเตอร์จะให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในถังหุ้มฉนวน เมื่อเปิดวาล์วน้ำร้อน น้ำร้อนก็จะไหลออกจากด้านบนของเครื่องทำน้ำร้อนและน้ำเย็นก็จะไหลเข้ามาแทนที่ตลอดเวลา ดังนั้นในถังจะมีน้ำร้อนอยู่พร้อมใช้งานตลอดเวลาแต่มีข้อเสีย คือจะมีความร้อนสูญเสียผ่านผนังของถังเก็บน้ำร้อนในขณะที่ไม่มีการใช้น้ำร้อน ดังนั้นเครื่องทำน้ำร้อนชนิดมีถังเก็บน้ำร้อนสามารถลดความร้อนสูญเสียดังกล่าว โดยเพิ่มฉนวนหุ้มถังให้หนาขึ้นหรือใช้ฉนวนชนิดพิเศษ

2.2)เครื่องทำน้ำร้อนชนิดไม่มีถังเก็บน้ำร้อน (Demand Water Heater) ทำงานโดยหัวเผาในกรณีที่ใช้ก๊าซหรือฮีตเตอร์ ส่วนในกรณีที่ใช้ไฟฟ้าจะให้ความร้อนเมื่อมีความต้องการใช้น้ำร้อนเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามน้ำร้อนจะยังคงไหลอย่างต่อเนื่อง แต่อัตราการไหลของน้ำจะลดลงซึ่งจะเป็นการช่วยขจัดปัญหาความร้อนสูญเสียจากถังเก็บน้ำร้อนขณะไม่ใช้งาน จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 10-15% ถ้าต้องการน้ำร้อนไปใช้งานหลายอย่างเช่น อาบน้ำ ล้างจาน ซักรีด ในเวลาเดียวกัน เครื่องชนิดนี้จะไม่เหมาะสม เครื่องทำน้ำร้อนชนิดนี้แบบที่ใช้ไฟฟ้าจะให้ความร้อนน้อยกว่าแบบที่ใช้ก๊าซและเครื่องชนิดนี้นิยมใช้ทำน้ำร้อนตามบ้านพักอาศัยที่ใช้น้ำอุ่นเพื่ออาบอย่างเดียวและนิยมใช้แบบที่ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากมีความสะดวกกว่า

2.3)เครื่องทำน้ำร้อนชนิด Heat Pump (Heat Pump Water Heater) เครื่องทำน้ำร้อนชนิดนี้ใช้ Heat Pump แทนที่จะใช้ขดฮีตเตอร์ ซึ่งเครื่องทำน้ำร้อนชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเนื่องจากใช้ความร้อนจากอากาศรอบๆมาถ่ายเทให้กับน้ำในถังหุ้มฉนวนโดยใช้คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญมากกว่าที่จะผลิตความร้อนโดยตรงจากขดฮีตเตอร์ เครื่องทำน้ำร้อนชนิดนี้ใช้ไฟฟ้าเพียงครึ่งหนึ่งของเครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้ฮีตเตอร์ แต่ไม่นิยมในประเทศไทย เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

2.4)เครื่องทำน้ำร้อนทางอ้อม (Indirect Water Heater) ใช้ความร้อนจากน้ำในหม้อน้ำ (Boiler) เป็นแหล่งให้ความร้อน กล่าวคือน้ำร้อนจากหม้อน้ำจะหมุนเวียนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ในถังหุ้มฉนวน เนื่องจากน้ำร้อนถูกเก็บไว้ในถังหุ้มฉนวน ดังนั้นหม้อน้ำจึงไม่ต้องเปิดปิดบ่อยครั้ง โรงแรมส่วนใหญ่ในไทยนิยมใช้เครื่องทำน้ำร้อนชนิดนี้

การทำน้ำร้อนแต่ละประเภทก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย จึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน ดังตารางที่2.2

การจัดวางระบบน้ำร้อนควรให้มีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับจุดที่น้ำไหลออกให้น้อยที่สุด โดยทั่วไประยะประมาณ 9 เมตร สามารถประหยัดเชื้อเพลิงและน้ำได้มากที่สุด

การซ้อนกันของแต่ละพื้นที่ใช้น้ำธรรมดาในอาคารขนาดใหญ่ ปลายท่อแต่ละชุดควรอยู่ห่างกันไม่เกิน 30 เมตร การติดตั้งในพื้นที่กว้างๆสามารถประหยัดได้โดยการใช้ระบบควบคุมจากศูนย์เดียว ดังเช่นตัวอย่างการทำงานในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระบบการทำน้ำร้อนของแต่ละประเภท[1]

คุณสมบัติ	Demand	Storage	Heat Pump	Indirect
ขนาด	ขนาดเล็ก ติดตั้งง่าย	ขนาดใหญ่กว่าแบบ Demand Water Heater ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก	มีขนาดใหญ่ขึ้นและต้องการพื้นที่ติดตั้งประมาณ 2 เท่าของแบบ Storage	ระบบทำน้ำร้อนมีขนาดเล็กกว่าแบบ Storage แต่มีถังเก็บน้ำแยกต่างหาก
การใช้เชื้อเพลิง	ใช้เชื้อเพลิงมาก	น้อยกว่าแบบ Demand Water Heater	น้อยกว่าแบบ Demand Water Heater	น้อยกว่าแบบ Demand Water Heater
การไหลของน้ำ	ในการใช้แต่ละครั้งจะมีปริมาณน้ำร้อนน้อย	มีปริมาณน้ำร้อนมาก	ในการใช้แต่ละครั้งจะมีปริมาณน้ำร้อนน้อย	ขึ้นอยู่กับระบบการไหลของน้ำ ขนาดท่อและการตั้งความดันน้ำ
ปริมาณน้ำร้อน	ไม่มีสิ้นสุด (ตามหลักวิชา)	ขึ้นอยู่กับความจุของถังเก็บน้ำและบางครั้งน้ำจะร้อนช้า เนื่องจากการ reheated	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกมาจาก Heat Pump จะสูงเพียงครึ่งหนึ่งของที่เก็บไว้ในถัง	ขึ้นอยู่กับความจุของถังเก็บน้ำและการเติมน้ำในระบบซึ่งทำให้ต้องมีการ reheated
อุณหภูมิของน้ำร้อน	ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่นำมาใช้ อัตราการไหลและปริมาณเชื้อเพลิง	อุณหภูมิคงที่ประมาณ 90% ของความสามารถของเครื่อง	อุณหภูมิน้ำที่เหลือในถังจะลดลงเมื่อมีการใช้น้ำและเมื่อเติมน้ำใหม่เข้าไปจึงเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง ระบบนี้ใช้ได้ดีสำหรับสภาพอากาศที่อบอุ่นเท่านั้น	ขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดของถังเก็บน้ำที่สัมพันธ์กับขนาดของตัวทำความร้อน
ประสิทธิภาพของระบบ	สูญเสียพลังงานขณะยังไม่ทำงานน้อย ให้ประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ใช้น้ำร้อนไม่ได้	มีการสูญเสียพลังงานขณะยังไม่ทำงานสูงกว่า Demand Water Heater แต่สามารถใช้น้ำร้อนได้จากที่เก็บไว้ในถังเก็บน้ำ	สูญเสียพลังงานขณะรอทำงานสูงกว่า Storage เล็กน้อย ซึ่งใช้ในการรักษาอุณหภูมิของน้ำที่เก็บไว้ เช่นเดียวกับระบบ Storage	สูญเสียความร้อนไปมากจากระบบไหลวนของน้ำร้อนและการเชื่อมท่อน้ำระหว่างถังเก็บน้ำกับเครื่องทำน้ำร้อน

[1] Henry J. Cowan. 1991. **Handbook of Architectural Technology**. USA : Van Nostrand Reinhold

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบระบบการทำน้ำร้อนขนาดใหญ่

ระบบควบคุมจากศูนย์เดียว	เครื่องทำความร้อนทั่วไป
1. เตรียมพื้นที่เก็บน้ำขนาดใหญ่ สำหรับโรงพยาบาลหรือโรงแรม	1. ติดตั้งใกล้กับถังเก็บน้ำหรือพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อประหยัดการเดินท่อ
2. หม้อน้ำที่ใช้ส่วนกลางตัวเดียวต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่าเครื่องทำความร้อนหลายตัว	2. ประหยัดที่ตั้งหม้อน้ำและพื้นที่เก็บเชื้อเพลิง
3. ราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ราคาถูกกว่า	3. แยกเชื้อเพลิงสำหรับ Heater แต่ละตัว
4. มีการเดินท่อยาว	4. มีความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้สูงจากการใช้กาซหรือระบบไฟฟ้า
5. ใช้เชื้อเพลิงน้อยและไม่ต้องมี Heater มาช่วยในการทำงาน	5. หลีกเลี่ยงการสูบน้ำให้ไหลวน

2.1.3 น้ำมัน

1) หม้อไอน้ำ (Boiler) ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 2.1.2 ก๊าซหุงต้ม

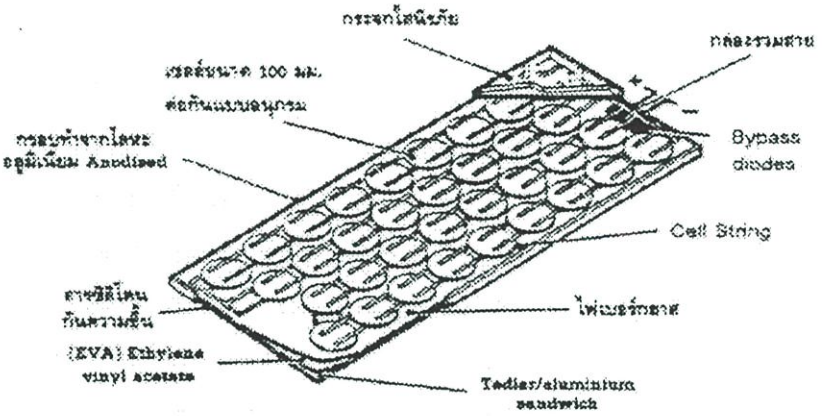
2) เครื่องทำน้ำร้อน (Water Heater) ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 2.1.2 ก๊าซหุงต้ม

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนประเภทต่างๆที่มีการนำมาใช้เป็นพลังงาน ส่วนใหญ่นำมาผลิตพลังงานให้กับชุมชนขนาดใหญ่หรือประเทศและมักใช้งานในด้านเกษตรกรรม เนื่องจากมีการลงทุนที่สูงมาก ไม่คุ้มค่าทางด้านเศษฐศาสตร์ในปัจจุบัน พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในอาคารหรือชุมชนขนาดเล็ก

แหล่งพลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติที่นิยมใช้ในอาคารได้แก่ พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ลักษณะของแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและสภาพอากาศ แต่เป้าหมายในระบบอาคารนั้นคือ การควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเลคทรอนิคที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงและไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะได้พลังงานประมาณ 1,000 วัตต์หรือเฉลี่ยวันละ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานร้อยละ 15 แสดงว่า เซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ 1 ตารางเมตร สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 150 วัตต์ หรือเฉลี่ยวันละ 600-750 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร

เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 0.5 โวลท์ (DC) โดยไม่ขึ้นกับขนาดของเซลล์ ส่วนกระแสไฟที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์เช่น เซลล์ที่มีพื้นที่ 4x4 ตารางนิ้ว จะให้กระแสไฟประมาณ 3 แอมแปร์ กำลังผลิตประมาณ 1.5 วัตต์ ในกรณีที่ต้องการให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้นทำได้โดยการต่อเซลล์กันแบบอนุกรม แต่ถ้าต้องการเพิ่มกระแสต้องต่อแบบขนาน เซลล์ภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีขั้วต่อที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบต่อกันแบบอนุกรม แล้วต่อรวมออกนอกแผงเซลล์ โดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขายในท้องตลาด จะมีแรงเคลื่อนสูงสุดประมาณ 21-22 โวลท์ ราคาประมาณแผงละ 360 บาทต่อวัตต์ (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม -ราคาในเดือนธันวาคม 2543)



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิกอน

แผงเซลล์แสงอาทิตย์หากถูกบดบังจากร่มเงา แม้จะเป็นพื้นที่เพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่ก็มีผลต่อพลังงานที่ผลิตอย่างมาก การต่อแบบอนุกรมของตัวเซลล์ภายในแผงนั้น หมายถึงการที่เซลล์แต่ละเซลล์ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ แต่เมื่อเซลล์หนึ่งถูกบังไม่เพียงแต่เซลล์นั้นจะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แล้ว แต่ยังเป็นอุปสรรคต่อการไหลผ่านของไฟฟ้าในวงจรอีกด้วย ดังนั้น การถูกบังแม้เพียงเซลล์เดียวก็มีผลเหมือนกับการถูกบังทั้งแผงเซลล์ การต่อแบบขนานสามารถช่วยลดผลกระทบนี้ได้

<u>ความลาดเอียงของแผง</u>

ต้องติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีความลาดเอียงเพียงพอ เพื่อที่จะให้ได้รับแสงแดดมากที่สุด ระบายน้ำฝนได้อย่างรวดเร็วและชำระล้างสิ่งสกปรกที่ติดค้างบนแผงเซลล์ ความลาดเอียงและทิศทางของแผงที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับตำแหน่งของที่ติดตั้งว่าอยู่บนเส้นละติจูด (Latitude) เท่าไร และองศาที่ทำมุมกับดวงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยมุม 15 องศากับผิวดิน มีทิศทางหันหน้าไปทางทิศใต้เป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้ามีการทำเซลล์แสงอาทิตย์ไปติดบนหลังคาอาคาร มุมเอียงของแผงโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 15-45 องศาหรือขึ้นกับความลาดเอียงของหลังคาบ้าน

อีกวิธีที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ การปรับแผงให้เอียงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ แต่วิธีนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นในการปฏิบัติจึงต้องติดตั้งแผงให้มีความลาดเอียงที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น

การบำรุงรักษา

เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปมีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี ใช้น้ำล้างทำความสะอาดแผงเซลล์ปีละ 1-2 ครั้งหรือเมื่อพบว่ามีฝุ่น ใบไม้หรือสิ่งสกปรกอื่นๆตกค้างบนแผงเซลล์ ห้ามใช้น้ำยาพิเศษล้างหรือกระดาษทรายขัดผิวกระจกโดยเด็ดขาด เมื่อฝนตกน้ำฝนจะช่วยชำระล้างแผงเซลล์

สมรรถนะของระบบ

ปริมาณของพลังงานที่ผลิตได้ใน 1 วันจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศและฤดูกาล เพื่อที่จะตัดปัญหาความยุ่งยากต่างๆในการคำนวณหาสมรรถนะของระบบนั้น ควรใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตในเวลา 1 ปี ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือ Unit ซึ่งเหมือนกับการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามบ้านทั่วไป ผลผลิตที่ได้ในรอบปีขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบดังนี้

1. ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Insolation) ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรอบปี (Annual Insolation) จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่มุมเอียงของแผงและทิศทางที่เบี่ยงเบนไปจากทิศใต้

2. อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำงานเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อกำลังผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลง 0.5% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ^{o}C

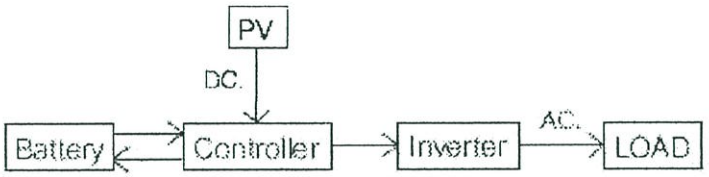
3. ประสิทธิภาพของระบบ (Electrical Conversion Efficiency) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เชื่อมต่อและเครื่องแปลงกระแส ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบจึงขึ้นกับคุณภาพของอุปกรณ์ดังกล่าว

1) การผลิตกระแสไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความแตกต่างจากระบบผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น คือต้องอาศัยแสงอาทิตย์เป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยมีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านต้องมีการแปลงให้เป็นกระแสสลับก่อน โดยการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข่ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จึงสามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ในประเทศไทยปัจจุบันการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มี 2 แบบคือ

แบบที่1 ระบบผลิตไฟใช้ในอาคาร พลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะส่งเข้าสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าขาเข้าจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟฟ้าที่ถูกควบคุมให้อยู่ระหว่าง 170-230 โวลท์ ซึ่งเป็นย่านที่เครื่องทำงานได้และจะดึงพลังงานจากชุดแผงเซลล์

แสงอาทิตย์ที่จุดทำงานสูงสุดในเวลานั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ ผ่านไปยังแบตเตอรี เพื่อเก็บพลังงานที่ผลิตได้รอการนำไปใช้ เมื่อมีการใช้งานกระแสไฟที่เก็บไว้ในแบตเตอรีจะส่งผ่าน Controller เพื่อให้กระแสไฟที่จ่ายออกไปสม่ำเสมอ แล้วไปยัง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จะแปลงไฟกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับก่อนจากนั้นเครื่องจะแปลงเป็นกระแสสลับ (AC.) มีแรงเคลื่อน 220 โวลท์ เช่นเดียวกับไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ แล้วจึงจ่ายไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการภายในอาคาร



ภาพที่ 2.7 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร

แบบที่ 2 ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นโครงการนำร่องที่ดำเนินงานโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบนี้ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

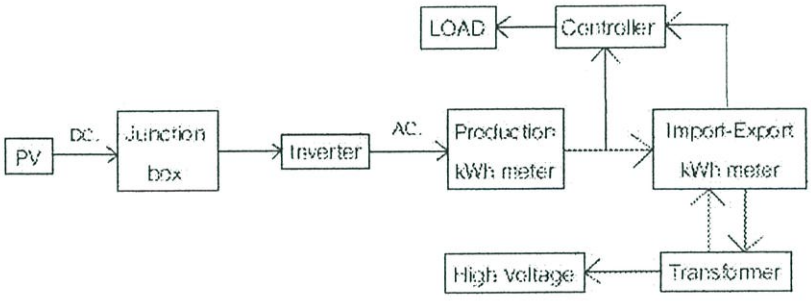
1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Arrays) เป็นส่วนสำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2. กล่องรวมสาย (Junction Box) และอุปกรณ์ควบคุม (Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นที่พักสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเป็นที่พักสายไฟกระแสสลับก่อนที่จะต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ภายในกล่องรวมสายจะติดตั้งฟิวส์และสวิทซ์เบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรและใช้ปิดระบบยามฉุกเฉิน

3. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) และแบตเตอรี (ในกรณีที่ต้องการใช้ไฟจากเซลล์ในเวลากลางคืน) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงไฟกระแสตรง (DC) เป็นกระแสสลับ (AC) เครื่องนี้จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายไฟรวมกับการจ่ายไฟจากการไฟฟ้าฯ ที่เข้ามายังอาคาร ในกรณีที่ไฟฟ้าในระบบหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ ทำให้กระแสไฟฟ้าจากชุดเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายเข้ามายังระบบได้ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะเริ่มทำงานใหม่ก็ต่อเมื่อในระบบเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องนั้น เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรในกรณีของพนักงานไฟฟ้ากำลังทำการตรวจสอบระบบหรือซ่อมบำรุงสายไฟอยู่ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

4. มิเตอร์ผลิตและขายไฟฟ้า มิเตอร์ผลิตไฟฟ้าจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ออกมาเป็น kWh ซึ่งทำให้ทราบว่าใน 1 วันหรือ 1 เดือน สามารถผลิตไฟฟ้ารวมได้เท่าไร มิเตอร์ผลิตไฟนี้จะติดตั้งไว้ที่กล่องรวมสาย มิเตอร์ขายไฟจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่ได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหลือใช้ภายในบ้าน แล้วส่งขายผ่านระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ การจดปฏิบัติเป็นรายเดือน

5. ระบบบันทึกข้อมูล เป็นการบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด เป็นการติดตั้งเครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ (Pyranometer) เครื่องวัดอุณหภูมิของแผงเซลล์และกำลังการผลิตเป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงในเครื่องบันทึกข้อมูล (Multi Channel Data Logger)



ภาพที่ 2.8 การทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2) การทำน้ำร้อน

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับพลังงานแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นความร้อนเพื่อใช้ทำน้ำร้อน สามารถติดตั้งเครื่องในอาคารพักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม ระบบการทำความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต้องจัดให้มีแผงรับแสงจากการแผ่กระจายของแสงอาทิตย์ โดยจัดวางแผงรับความร้อนไว้บนหลังคา ขนาดของเครื่องทำน้ำร้อนมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นกับความต้องการใช้น้ำร้อนในอาคาร เครื่องที่ติดตั้งส่วนมากมีระบบการทำงานอัตโนมัติหรือบังคับในตัว (Self Regulating) น้ำจะเติมเข้าสู่ระบบได้เองเมื่อใช้งาน ระบบการทำวานทั้งหมดที่ควบคุมอัตโนมัติ จะให้การจ่ายน้ำร้อนเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่ใช้และสะดวกกว่าใช้มือควบคุม ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆคือ แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Energy Collector) ท่อไหลเวียน (Circulation Piping) และถังเก็บน้ำร้อน (Hot Water Storage Tank)

<u>แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ</u>

เป็นแผงรับแสงที่มีโครงสร้างง่ายให้ประสิทธิภาพปานกลางในการใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์ ในกรณีที่ต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า $100^{\circ}C$

ข้อดีของแผงรับแสงชนิดแผ่นราบเมื่อเทียบกับแผ่นรวมแสง (Focusing Collectors) มีดังนี้

- ไม่ต้องจัดอุปกรณ์ขับเดินตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์
- มีโครงสร้างง่าย
- สามารถรับการฟุ้งกระจายและการกระจายทางอ้อมจากการแผ่กระจายความร้อน
- สร้างได้ง่าย

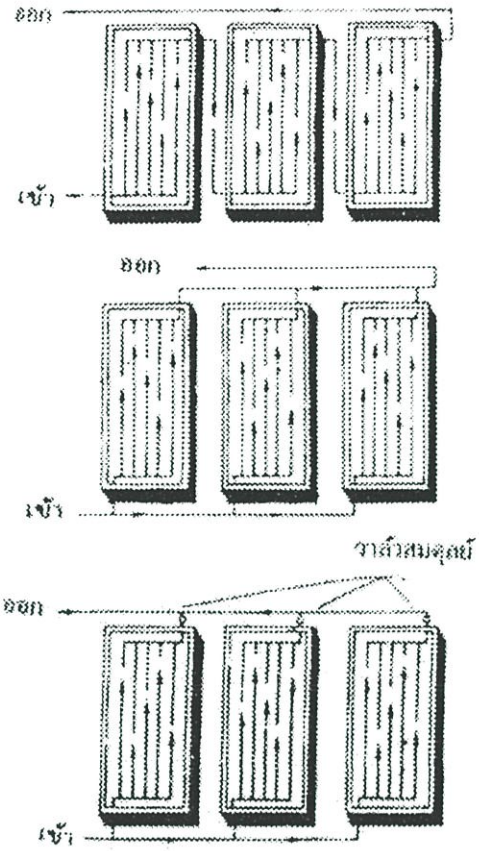
ข้อเสีย อุณหภูมิน้ำร้อนจำกัดและพื้นที่ผลัดความร้อนจะเท่ากับพื้นที่ของแผงรับความร้อนเท่านั้น

ระบบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบถูกนำมาใช้ให้ความร้อนแก่น้ำ เพื่อทำความอุ่น การปรับอากาศ น้ำร้อนในอาคาร สระว่ายน้ำ แผงรับแสงที่นิยมใช้สำหรับระบบน้ำร้อนมี 2 ชนิดคือ แผงชนิดแผ่นราบและแผงชนิดอยู่ในท่อสูญญากาศหรือแบบรวมแสง (Evacualet tube or concentrating) แต่ที่นิยมใช้กันแพร่หลายคือ แผงชนิดแผ่นราบกระจกครอบชั้นเดียวหรือสองชั้น แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดอยู่ในท่อสูญญากาศ ท่อที่ของเหลวไหลผ่านเพื่อผลัดความร้อนอยู่ในท่อแก้วสูญญากาศ ท่อแก้วจะเป็นตัวรวมแสงไปยังท่อผลัดความร้อนโดยตรงที่วางอยู่ภายใน ให้ปริมาณความร้อนสูงกว่าและอาศัยหลักการสะท้อนแสงจะเกิดการสูญเสียหากแผ่นกระจายความร้อนไม่รวมกลุ่ม (Diffuse Radiation) แผงรับแสงชนิดนี้มีราคาสูง

<u>การจัดแผงรับแสง</u>

สักษณะการจัดแผงรับแสงทั่วๆไปในระบบน้ำร้อนขนาดเล็ก การต่อแผงรับความร้อนแบบอนุกรมจะให้ประสิทธิภาพความร้อนน้อย แต่อุณหภูมิเฉลี่ยจากการรับความร้อนของแผงสูงกว่าและมีความกดดันระหว่างแผงที่นำมาต่อกัน หากแผงใดแผงหนึ่งเกิดความเสียหายเมื่อต้องระบายน้ำออกจากแผงเพียงแผงเดียวจะต้องหยุดการทำงานทั้งหมด

การต่อแบบขนานจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อน้ำไหลผ่านแต่ละแผงมีความสมดุลกัน การต่อแบบขนานเพื่อการสมดุลการไหลและรักษาทางการไหลให้เท่ากันในแต่ละแผงต้องใช้วาล์วสมดุล (Balancing Valve) ที่ระบบการไหลกลับเพิ่มเติมเข้าระหว่างกลางระบบเพื่อให้การไหลสมดุลเมื่อน้ำไหลผ่านเท่ากันตลอดทุกแผง และทิศทางการไหลเหมือนกันหมด ทิศทางการไหลกับดังรูปสามารถใช้วาล์วสมดุลติดตั้งบนแต่ละแผงเพื่อให้อัตราการไหลสม่ำเสมอ



ก.ต่ออนุกรมสัมประสิทธิ์น้อยกว่าแบบขนานและไหลสมดุลย์

ข. ต่อขนานและให้ท่อไหลเวียนกลับ

ค. ต่อแบบการไหลสมดุลย์

ภาพที่ 2.9 การจัดระบบท่อเข้ากับแผงรับแสง 2 หรือมากกว่า 2 แผง

สำหรับแผงขนาดใหญ่หากนำมาเรียงต่อกันอาจมีผลดี เนื่องจากสามารถเปลี่ยนเส้นผ่าศูนย์กลางท่อรวมเพื่อให้ความเร็วไหลคงที่

ท่อไหลเวียน

การต่อระบบท่อไหลเวียนจะขึ้นอยู่กับระบบเครื่องทำน้ำร้อนเป็นท่อที่ต่อเชื่อมระหว่างแผงรับความร้อนและถังเก็บน้ำร้อน

ถังเก็บน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เกือบทุกระบบมีความจำเป็นที่ต้องมีถังเก็บพลังงานความร้อน ถังเก็บน้ำร้อนทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ

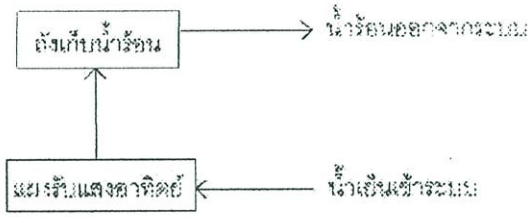
1. เก็บพลังงานความร้อนไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ เมื่อไม่มีแสงแดด
2. ช่วยให้แผงรับแสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างเต็มที่และไม่ร้อนจัด (Over Heat) ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลง

ถังเก็บน้ำร้อนมีทั้งแบบเป็นถังตั้ง (Vertical Tank) และถังนอน (Horizontal Tank) ถังตั้งคือถังที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าความยาวของถังและติดตั้งไว้ในแนวตั้ง ถังนอนคือ ถังทรงกระบอกที่ติดตั้งไว้ในแนวนอน

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) แบบสำเร็จรูป

ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์อยู่หลายแห่ง ทำให้มีการปรับปรุงคุณภาพและมาตรฐานของสินค้าให้สูงขึ้นและสะดวกต่อการนำไปใช้งาน

หลักการทำงาน – จะใช้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ "Thermosyphon" คือน้ำร้อนจะลอยขึ้นในขณะที่น้ำเย็นไหลลงข้างล่าง จากภาพน้ำเย็นในส่วนล่างของถังเก็บน้ำจะไหลลงสู่ส่วนล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ น้ำเย็นเหล่านี้จะได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับแผง เมื่อน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงก็จะลอยตัวขึ้นไปตามท่อทองแดงที่อยู่ในแผงไหลกลับเข้าไปสู่ถังเก็บน้ำและลอยตัวขึ้นไปสู่ส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนเป็นน้ำเย็นที่พร้อมจะนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 การทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater)

การติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

- ตำแหน่งที่ติดตั้ง

1. การติดตั้งต้องพิจารณาถึงขนาดของระบบ วางแผนการติดตั้งเพื่อความเหมาะสม ถังเก็บน้ำเย็นควรอยู่สูงกว่าทุกส่วนของระบบทำน้ำร้อน ถ้าใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำ ถังเก็บน้ำร้อนต้องอยู่สูงกว่าแผงรับแสง (เฉพาะกรณีระบบเทอร์โมไซฟอน) หากใช้เครื่องสูบขับไม่ต้องจัดดังที่กล่าวมา เลือกระยะห่างระหว่างท่อที่ออกจากส่วนบนแผงรับแสงถึงส่วนล่างของท่อทำน้ำเย็นออกจากถังเก็บน้ำร้อนหรือเย็นไปยังแผงรับแสงต้องมากกว่า 30 เซนติเมตร วางแผงรับแสงเอียงลาดไปทางทิศใต้ โดยมีมุมเอียง 15-30องศากับแนวระดับ

2. แผงรับแสงต้องอยู่ในที่เข้าถึงง่ายเพราะหลังจากติดตั้ง ต้องมีการทำความสะอาดหรือเปลี่ยนกระจก

3. ถังเก็บน้ำร้อนต้องติดตั้งอยู่ด้านหลังแผงรับแสงแดด เพื่อไม่ให้บังเงาการรับแสงของกระจกและวางในตำแหน่งที่ได้รับแสงไม่ถูกบังเงาด้วย ท่อต่ออยู่ด้านล่างถังเก็บน้ำร้อน ต้องอยู่เหนือส่วนบนแผงรับแสง 30 เซนติเมตร (ระบบเทอร์โมไซฟอน) หากถังเก็บน้ำร้อนวางอยู่ต่ำกว่าส่วนบนของท่อออกจากแผงจะเกิดการไหลเวียนของน้ำร้อนหลังจากอาทิตย์ตกดิน ดังนั้นน้ำในถังจะเย็น

2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม

แนวความคิดของการออกแบบ ควรมีการคัดเลือกที่ตั้งอาคารโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เพื่อใช้เป็นปัจจัยในการปรับปรุงสภาพที่ตั้งอาคาร และเลือกใช้สภาพแวดล้อมอาคารได้อย่างเหมาะสม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

1) การเลือกสภาพที่ตั้งโครงการให้เอื้อประโยชน์ต่อกิจกรรมต่างๆของชุมชน

การจัดผังที่ตั้งอาคารและการวางตำแหน่งของอาคารล้วนมีผลต่อสภาวะแวดล้อมโดยรวมของเมือง สภาพผังเมืองปัจจุบันเป็นการออกแบบเพื่อแก้ไขผังเมืองเดิมที่ขาดการออกแบบโดยคำนึงถึงความรับผิดชอบต่อผู้อาศัยภายในเมืองเช่น การจัดผังของชุมชน สถานที่ราชการ โรงเรียน ฯลฯ

ดังนั้นในการเลือกที่ตั้งของอาคารต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานจากการออกแบบปรับปรุงสภาพที่ตั้งให้ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนให้แก่อาคารแล้วยังส่งผลต่อชุมชนด้วย การเลือกที่ตั้งของอาคารที่ใกล้กับชุมชน ร้านค้า โรงเรียน ฯลฯ โดยคำนึงถึงความสำคัญและความเหมาะสมในการเดินทางจะช่วยในการลดพลังงานความร้อนที่เข้าสู่เมือง โดยการเผาผลาญพลังงานน้ำมันลงได้

2) เพื่อการประหยัดพลังงาน

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยวิธีต่างๆรวมทั้งการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นโลก ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่มีผลให้เกิดความร้อนในชั้นบรรยากาศและต่อผิวโลกโดยตรง การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิที่ผิวโลกจะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากพื้นดินเข้าสู่อาคาร

<u>อิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์</u> เนื่องจากรังสีของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อผิวโลกจะส่งผลโดยตรงต่อที่ตั้งอาคาร ทั้งในด้านความร้อนที่จะกระทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นแล้วทิศทางหรือตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ทำมุมกับตัวอาคารตามฤดูกาลต่างๆที่เปลี่ยนไป มุมของรังสีของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารก็จะแตกต่างไปด้วย ส่งผลถึงปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่ต่างกันไป

นอกจากผลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์แล้ว การแผ่รังสีบนโลก (Terrain or Longwave Radiation) ซึ่งเป็นการถ่ายเทพลังงานระหว่างพื้นผิวโลก โดยจะมีลักษณะของการแผ่รังสีที่ต่ำกว่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ แต่เป็นการแผ่รังสีในลักษณะเดียวกัน ต่างกันที่ความเข้มของพลังงานและขนาดของความยาวคลื่น

ผลกระทบของการแผ่รังสีจะมีผลต่อที่ตั้งอาคารและคุณสมบัติของพื้นผิวของอาคารในการดูดกลืน การคายและการสะท้อน (Absorbtance, Emittance and Reflectance) ของพลังงานความร้อนจากรังสีบนพื้นผิวโลก โดยค่าการดูดกลืนพลังงานของวัตถุเป็นสัดส่วนของการดูดกลืนพลังงานต่อปริมาณพลังงานที่ตกกระทบผิววัตถุนั้น

เนื่องจากการที่พลังงานความร้อนทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนจะแผ่ออกมาในลักษณะ Longwave Radiation และถ่ายเทความร้อนไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เรียกคุณสมบัตินี้

ว่า Emittance ซึ่งมีค่าเท่ากับการแผ่รังสีจากพื้นผิววัตถุต่อการแผ่รังสีสมบูรณ์ โดยมีอุณหภูมิและรูปร่างอาคารเหมือนกัน นอกจากนี้ส่วนมากการเกิดความร้อนที่ผิวอาคารมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) แต่ผลกระทบของ Longwave Radiation จากพื้นผิวโลกก็มีส่วนสำคัญต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

ดังนั้นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร เป็นสิ่งแรกในการออกแบบอาคารเพื่อใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ เพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นโลกในลักษณะของ Longwave Radiation โดยการนำธรรมชาติจากสภาพที่ตั้งอาคารมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2.2.1 การจัดผังอาคาร

การวางอาคารให้เหมาะสมในมุมหนึ่งของที่ดินโดยให้มีที่ว่างอีกส่วนไว้รองรับอากาศธรรมชาติ ถ้าเป็นอาคารใหญ่ควรทำอาคารล้อมรอบที่ว่างตรงกลาง เพื่อให้ส่วนของอาคารได้รับลมธรรมชาติมากขึ้น ให้ส่วนของอาคารด้านหนึ่งบังเงาให้กับที่ว่างกลางอาคารและตัวอาคารอีกด้าน การวางส่วนทึบหรือ Core ของอาคารให้อยู่ด้านทิศใต้ ตะวันตกและตะวันออก หรือมีพื้นที่ช่องเปิดในทิศดังกล่าวน้อย หากต้องการเปิดช่องเปิดขนาดใหญ่หรือ Sky light ให้พิจารณาให้อาคารส่วนที่สูงกว่าบังเงาให้ Sky light

2.2.2 รูปแบบอาคาร

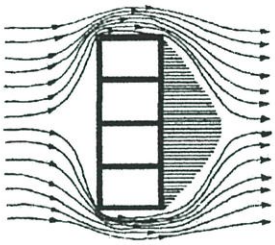
การออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นนั้นถ้าไม่ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาช่วย เช่นพัดลม เครื่องปรับอากาศ ต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิธีธรรมชาติให้มากที่สุดและให้มีลมพัดผ่านเข้ามาในห้อง เพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ร่างกาย ทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากภายในห้องช่วยลดความร้อนและความชื้น การออกแบบช่องเปิดในตัวอาคารจึงมีความสำคัญในการช่วยให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความสบายขึ้น

ความเร็วของกระแสลมในที่โล่งจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกดอากาศใน 2 พื้นที่ว่าแตกต่างกันเพียงใด นอกจากความต่างของความกดอากาศแล้ว ความสูงจากพื้นโลกและสภาพภูมิประเทศจะเป็นตัวกำหนดความเร็วด้วย ในที่ราบจะมีความเร็วลมใกล้ผิวดินมากกว่าพื้นที่ที่เป็นเนินหรือภูเขา และความสูงจากผิวดินก็เป็นตัวแปรให้ความเร็วลมเปลี่ยนไปด้วย เช่นในพื้นที่เดียวกันแต่ระดับความสูงแตกต่างกัน ความเร็วลมก็จะแตกต่างกัน โดยความเร็วลมจะต่ำเมื่ออยู่ใกล้ผิวโลก และสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงมากขึ้น

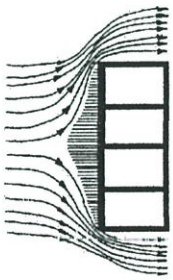
ลมที่พัดผ่านห้องเกิดจากอากาศที่ถูกบังคับให้ผ่านช่องเปิดด้วยความกดอากาศสูงและผ่านช่องเปิดอีกด้านสู่ความกดอากาศต่ำ เหมือนกับลมทั่วๆไป อากาศภายในอาคารก็เช่นกันคือจะไหลจากที่ๆมีความกดอากาศสูงไปยังที่มีความกดอากาศต่ำกว่าทำให้เกิดลมอ่อนๆภายในอาคาร

ความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นสาเหตุให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศเหมือนกัน แต่โดยธรรมชาติจะเกิดเป็นส่วนน้อย กระแสลมจึงเกิดบริเวณความกดอากาศที่ต่างกันมากกว่าอุณหภูมิที่ต่างกัน ถ้ามีช่องทางเข้าของลมอยู่ด้านเดียวของห้องในทิศทางที่รับลมก็จะไม่เกิดผลใดๆ เพราะผนังด้านตรงข้ามกับหน้าต่างทางลมเข้านั้น เป็นเหมือนเขื่อนบังลมอยู่ ซึ่งทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงในอาคาร และถ้าห้องนั้นอยู่ตรงข้ามกับด้านที่รับลมก็จะเกิดความกดอากาศต่ำ

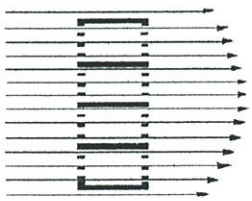
เพื่อที่จะให้เกิดการถ่ายเทของอากาศ จะต้องออกแบบให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำต่อเนื่องกัน



ภาพที่ 2.11 การเกิดความกดอากาศสูงรอบอาคาร



ภาพที่ 2.12 การเกิดความกดอากาศต่ำข้างอาคาร



ภาพที่ 2.13 การพัดของลมจากความกดอากาศสูงไปความกดอากาศต่ำ

ลมที่พัดแรงในระดับความสูงมากๆ นั้นจะถูกลดลงจากการพัดปะทะผิวอาคารและมีบางส่วนพัดลงมายังพื้นดิน ยังผู้ที่เดินเท้าด้านล่าง ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วไปในหลายๆเมือง ปัญหาของลมที่พัดในระดับพื้นดิน เกิดจากการที่ลมที่มีความเร็วสูงพัดผ่านช่องเปิดหรือระหว่างบริเวณที่มีความกดอากาศสูงใกล้กับผนังด้านรับลม และบริเวณความกดอากาศต่ำของด้านรับลมของอาคารขนาดใหญ่

ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงมาก ก็ต้องการแรงลมมากกว่าพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ในสำนักงานหรือห้องเรียนต้องการกระแสลมในขนาดที่ให้ความสบายควรให้กระแสลมที่ผ่านศรีษะในเวลานั่งประมาณ 1-2 เมตรจากพื้นห้อง ระดับโต๊ะจะได้รับลมบ้างเพียงเล็กน้อย

การวางอาคารให้ได้รับลม

1. วางอาคารขวางในแนวเหนือ-ใต้ ให้ด้านแคบอยู่ในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้อาคารได้รับลมเต็มที่และไม่ให้ถูกแดดส่องมากเกินไป

2. ออกแบบอาคารในรูปที่ทำให้ได้รับลมมากขึ้น

3. ในอาคารเดี่ยวที่ห้องมีความสำคัญไม่เท่ากัน ควรจัดให้ถูกกับทิศทางลม หรือใช้ต้นไม้ช่วยบังคับทิศทางลม เช่น ห้องที่จำเป็นต้องอยู่ในแนวทิศเหนือ ควรมีผนัง ครีบ หน้าต่าง หรือต้นไม้มาดักลมให้ปะทะเข้าสู่ตัวอาคาร ถ้าเป็นอาคารกลุ่ม กลุ่มของอาคารหลังกลางจะได้รับลมมากที่สุด โดยเฉพาะตรงซอกตึกลมจะแรงเพราะตัวอาคารบีบทางลมไว้

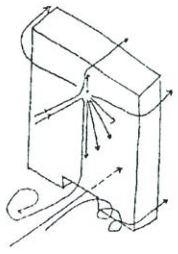
4. ถ้าตัวอาคารจัดอยู่ใกล้กัน ระยะห่างของอาคารแต่ละหลังจะต้องมีพอที่จะให้อาคารที่อยู่ด้านหลังได้รับลม โดยทั่วไปควรทำอย่างน้อยประมาณ 2 เท่าของความสูงของอาคารที่บังลม

พฤติกรรมของลมรอบอาคารหลังเดี่ยว

อาคารตัวอย่างนี้รูปทรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีความสูงพอประมาณ มีช่วงเปิดทะลุที่พื้นชั้นล่าง จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ของลม 2 ประเภทรอบอาคารดังนี้

- การกระจายตัวของความกดอากาศสูงของด้านปะทะจะเพิ่มขึ้นตามความสูงอาคาร สำหรับทิศทางการไหลของอากาศเมื่อปะทะอาคารนั้น จะกระจายขึ้นทางด้านบนอาคาร ทางด้านล่างอาคารและด้านข้างอาคาร โดยแยกกันที่บริเวณหนึ่งอยู่ที่ความสูงประมาณ 80% ของความสูงอาคาร ลมที่ปะทะเหนือจุดนี้ จะพัดขึ้นผ่านหลังคาของอาคาร ส่วนที่ต่ำกว่าบริเวณนี้จะพัดลงเข้าหาพื้น และเกิดการม้วนตัวหน้าอาคาร ในด้านข้างของบริเวณดังกล่าว ลมจะแยกเป็นซ้ายและขวาอาคารไป

- ความกดอากาศสูงที่กระทำต่ออาคารนอกจากกระจายทั่วผิวปะทะแล้ว ยังก่อให้เกิดส่วนที่มีความกดอากาศที่แตกต่างกันอย่างรุนแรง คือ พื้นที่ความกดอากาศต่ำเช่น ด้านหน้าและหลังอาคารกับส่วนนี้มีความกดอากาศสูง ลมที่ผ่านส่วนที่เปิดโล่งติดพื้น (arcades) และบริเวณมุมตึกจะมีความเร็วลมสูงมาก



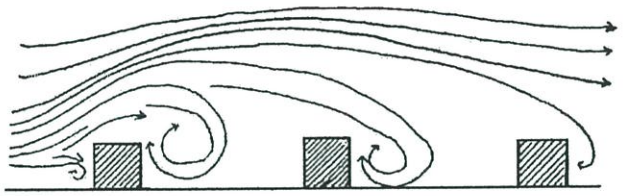
ภาพที่ 2.14 พฤติกรรมของลมบริเวณอาคารหลังเดี่ยว

พฤติกรรมของลมรอบอาคาร 2 หลังขนานกัน

สามารถแบ่งการอธิบายเป็น 2 กรณีคือ อาคาร 2 หลังที่ขนานกันเป็นอาคารสูงเท่ากัน และอาคาร 2 หลังที่มีความสูงต่างกันโดยให้อาคารสูงกว่าอยู่ใต้ลมและอาคารเตี้ยกว่าอยู่เหนือลมดังนี้

- อาคารเตี้ยอยู่ในแนวขนานจำนวน 2 อาคารหรือมากกว่า

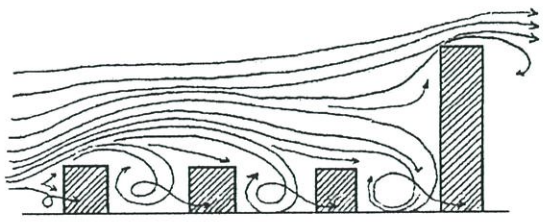
จากการวัดค่าพฤติกรรมของลมและความเร็วลมในอุโมงค์ลม สรุปได้ว่าอาคารหลังแรกจะได้รับการปะทะของลมที่ด้านหน้า และลมส่วนหนึ่งจะพัดข้ามอาคารหลังแรกไปก่อนถึงอาคารหลังที่ 2 บางส่วนของลมที่ข้ามหลังคาอาคารหลังแรกจะม้วนตัวตกลงมาด้านหน้าของอาคารหลังที่ 2 และปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดซ้ำๆกันทุกอาคารที่อยู่ในแนวขนานถัดไป คือเกิดความกดอากาศสูงที่ด้านรับลมของอาคารและเกิดความกดอากาศที่ต่ำที่ด้านหลังอาคาร



ภาพที่ 2.15 การเคลื่อนที่ของลมรอบอาคารหลายหลังที่มีความสูงเท่ากัน

- อาคารสูงอยู่ท้ายลมและอาคารเตี้ยอยู่ต้นลม

การม้วนตัวของลมที่ด้านหน้าอาคารสูงจะมากกว่าอาคารเตี้ยมาก เนื่องจากพื้นที่ของอาคารสูงที่อยู่ท้ายลมจะปรากฏผลชัดเจนว่าความเร็วลมหน้าอาคารสูงจะมีการต้านลมมากกว่าความเร็วลมที่ผิวพื้นหน้าอาคารสูง อาจสูงถึง 2-3 เท่าของผิวพื้นหน้าอาคารเตี้ยและความเร็วลมบริเวณนี้จะมีความเร็วถึง 1.5-2 เท่าของความเร็วปกติในที่โล่งที่ความสูงเดียวกัน



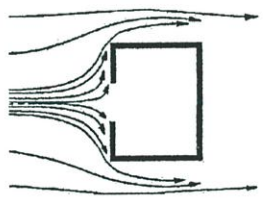
ภาพที่ 2.16 การเคลื่อนที่ของลมรอบอาคารหลายหลังที่เรียงขนานกันมีอาคารสูงอยู่ท้ายลม

ความเร็วของลมก่อนที่จะเข้าปะทะอาคารท้ายลม ผันแปรตามตัวกลาง 2 ตัว คือ ความต่างด้านความสูงและระยะห่างระหว่างอาคารต้นลมและท้ายลมดังนี้

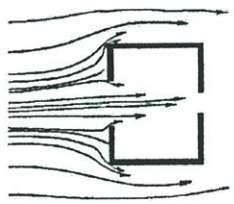
1. ความต่างของความสูงของอาคารหน้าและหลัง ถ้าอาคารที่อยู่ท้ายลมมีความสูงมากกว่าอาคารต้นลมมีโอกาสที่ลมจะแรงมากขึ้น
2. ระยะห่างระหว่างอาคาร 2 หลังมีส่วนทำให้ความเร็วลมมากขึ้นหรือลดลง อาคารยิ่งห่างมากความเร็วลมหน้าอาคารหลังยิ่งมากขึ้น
2. ถ้าอาคารทั้ง 2 หลังมีความสูงเท่ากัน อาคารที่เตี้ยทั้งคู่ลมจะเข้าถึงอาคารที่อยู่ท้ายลมได้ดีกว่าเป็นอาคารสูงทั้งคู่

<u>ความกว้างของช่องเปิด</u>

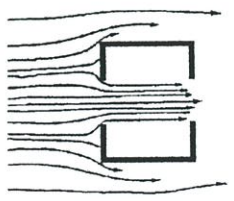
การออกแบบช่องเปิดของห้องหรืออาคาร นอกจากจะให้มีลมผ่านเข้ามาในห้องแล้ว จะต้องจัดให้มีทางลมออกจากห้องด้วยหรือทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศ ทำให้มีการระบายถ่ายเทอากาศ การมีช่องเปิดแต่ด้านที่รับลมจะไม่สามารถทำให้ลมผ่านเข้ามาในห้องและเกิดความกดอากาศสูงภายในห้องบริเวณใกล้ผนัง เพื่อให้ได้ลมจำนวนมากที่สุดจะต้องจัดทางลมออกในทิศตรงข้ามให้มีขนาดเท่ากับทางลมเข้าซึ่งผ่านช่องเปิดกว้างเต็มที่ สำหรับการถ่ายเทอากาศที่คำนึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของลมในที่ๆต้องการกระแสลมเพื่อช่วยให้เย็นขึ้นจะต้องมีทางลมออกใหญ่และกว้างกว่าทางลมเข้า



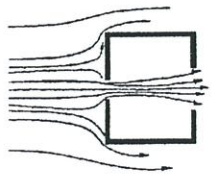
การออกแบบให้มีช่องเปิดข้างเดียว ไม่สามารถทำให้มีลมเข้าในอาคารได้



ช่องเปิดทางลมเข้าที่กว้างกว่าทางลมออก จะทำให้แรงลมสูงขึ้นในบริเวณหน้าห้อง แต่แรงลมที่เข้ามาในห้องต่ำและน้อย



ช่องเปิดทางลมเข้าเท่ากับทางลมออกจะทำให้จำนวนลมเข้ามาในห้องได้มากที่สุด



ช่องเปิดทางลมเข้าที่แคบกว่าทางลมออกจะทำให้แรงลมที่เข้ามาในห้องสูงขึ้น

ภาพที่ 2.17 ช่องเปิดแบบต่างๆที่มีผลต่อปริมาณลมที่เข้ามาในห้อง

เพื่อที่จะให้เกิดความรู้สึกเย็นสบาย เราจึงต้องให้อากาศพัดผ่านรอบๆร่างกาย แต่ในบางเวลาเป็นการยากที่จะบังคับทิศทางได้ตามต้องการ โดยเฉพาะถ้าใช้ชนิดของหน้าต่างที่ผิด หน้าต่างบางชนิดจะบังคับทิศทางของลมให้ผ่านสูงเหนือศรีษะไป เช่นหน้าต่างบานพลิกบังแดดจะบังคับทิศทางของลมให้พัดขึ้นเพดานแทนที่จะพัดลงสู่พื้น ลมที่พัดขึ้นเพดานเหมาะสำหรับฤดูหนาวเพราะจะพัดอากาศเย็นและบริสุทธิ์เข้ามาผสมกับอากาศภายในห้องก่อนที่จะวกลงสู่พื้นด้านล่าง แต่ในฤดูร้อนลมควรพัดผ่านร่างกายโดยตรงเลย การจัดทิศทางของกระแสลมจึงสำคัญมาก

ทิศทางของกระแสลมจะเกิดขึ้นได้โดยช่องทางเข้า ซึ่งช่องทางเข้าของอากาศนี้ก็มีหน้าที่เหมือนกับหัวฉีดที่ใช้ฉีดน้ำ เพราะจะสามารถบังคับทิศทางให้ลมพัดสูงขึ้นสู่เพดานหรือต่ำลงสู่พื้น รวมทั้งพัดไปทางซ้ายหรือขวาได้ อากาศจะเคลื่อนผ่านตลอดห้องไปตามทิศทางที่บังคับโดยทางเข้า ไม่ต้องคำนึงถึงทางออก ถ้าสามารถบังคับให้ทิศทางของลมพัดขึ้นสู่เพดานและมีช่องทางออกในทิศตรงข้ามที่พื้น ลมก็จะพัดขึ้นเพดานอยู่นั่นเอง แล้วจึงพัดลงสู่พื้นเพื่อออกไปในช่องทางออกทีหลัง

1. อากาศจะไหลจากแหล่งความกดอากาศสูงสู่ความกดอากาศต่ำซึ่งทำให้เกิดลมอ่อนๆ ภายในห้อง

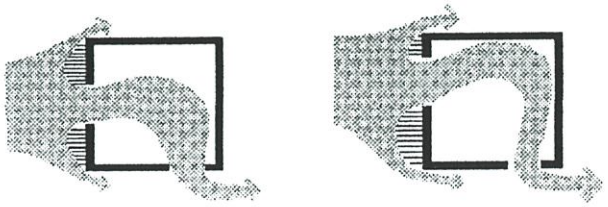
2. เพื่อที่จะให้เกิดการถ่ายเทที่ดีที่สุดของอากาศภายในห้อง จะต้องมีช่องทางลมออกเท่ากับทางลมเข้า

3. ช่องทางลมออกที่ใหญ่กว่าทางเข้าจะช่วยเพิ่มความเร็วลม

4. ทิศทางลมไม่ได้เกิดจากตำแหน่งของช่องทางออก

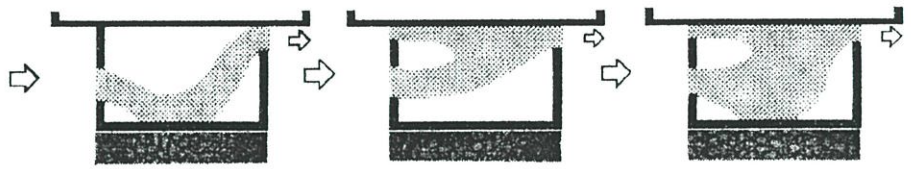
5. ตำแหน่งและชนิดของทางเข้า สามารถบังคับทิศทางของลมผ่านห้องได้

การดัดแปลงแก้ไขทิศทางลมให้อยู่ในทิศทางที่ต้องการได้โดยการกะระยะช่องเปิดบนผนัง การเปิดประตู-หน้าต่างและการทำแผงกันแดด ลมที่ผ่านเข้ามาในห้องจะถูกบังคับโดยความดันของอากาศบริเวณส่วนปิดทึบโดยรอบช่องเปิด



ภาพที่ 2.18 การดัดแปลงแก้ไขทิศทางลม

ถ้าต้องการลมให้พัดผ่านร่างกายในระดับต่ำเช่น เวลานั่ง นอน การเปิดแต่หน้าต่างในระดับความสูงของร่างกาย ในบางครั้งยังไม่เพียงพอ หน้าต่างบานล่างควรเป็นบานเกล็ดที่ปรับหมุนปรับได้เพื่อเปลี่ยนทิศทางลมให้พัดลงต่ำตามต้องการ

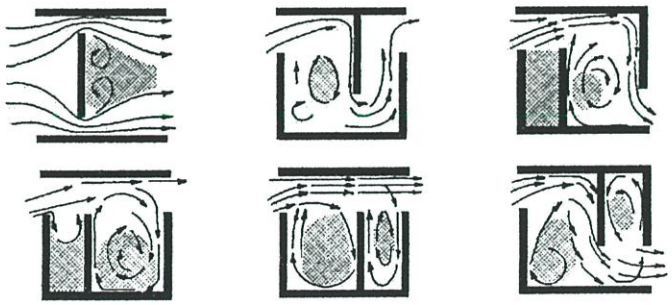


ภาพที่ 2.19 การควบคุมการไหลของกระแสลมโดยช่องเปิด

ในอาคารที่ไม่มีทางระบายอากาศโดยตลอด การนำเอาหุ่นรูปปั้นหรือฉากมาช่วยบังคับทิศทางลมก็จะทำให้ได้รับลมอย่างทั่วถึง

ภาพที่ 2.20 การบังคับทิศทางลม

ผนัง ตู้ ฉาก ฯลฯ จะเป็นส่วนที่เปลี่ยนทิศทางลมและลดจำนวนแรงลม ส่วนที่ไม่ได้รับลมจะร้อนและอับ ที่ผนังกั้นห้องต้องมีบานเปิด เช่น ประตู บานเกล็ด แรงลมจะมากที่สุดเมื่อช่องเปิดทางลมเข้าและทางลมออกอยู่ตรงกันและไม่มีเครื่องกีดขวาง อาคารแคบตื้นจะมีทางระบายลมดีกว่าอาคารลึก



ภาพที่ 2.21 การไหลของกระแสลมเมื่อมีผนังภายในห้อง

ในเขตร้อนชื้นโดยทั่วไปต้องการลมที่มีความเร็วประมาณ 2 เมตรต่อวินาที อาจน้อยหรือมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิ ปัจจุบันมีอาคารสูงเพิ่มขึ้นมาก แรงลมจึงมีส่วนสำคัญเพราะเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นแรงลมก็เพิ่มตามด้วย การออกแบบอาคารสูงจึงต้องคิดถึงรูปอาคาร โครงสร้างและการเลือกวัสดุสำหรับเป็นส่วนประกอบภายนอกอาคารให้สามารถต้านทางแรงลม

ในการออกแบบอาคาร การวางอาคารเป็นสิ่งสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติ การรับแสงธรรมชาติและยิ่งเป็นอาคารที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วยแล้ว การวางอาคารเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงมากขึ้นเพราะนอกจากการรับแสงธรรมชาติ ผนังและช่องเปิดของอาคารยังได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ด้วย ซึ่งรังสีความร้อนนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นเป็นการเพิ่มภาระให้กับการทำความเย็นในอาคาร ฉะนั้นการออกแบบรูปร่างของอาคารจึงต้องคำนึงถึงทิศทางของลมและการโคจรของดวงอาทิตย์ เพื่อจัดตำแหน่งของส่วนต่างๆ หรือพื้นที่ใช้สอยให้เหมาะสม

การวางอาคารให้ถูกทิศทางมีผลต่อการเพิ่ม ลดความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ควรเบนหนีทิศทางการแผ่รังสีสูงในช่วง Over Heated Period คือช่วงประมาณ 14.00น.ถึง 16.00น. ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศทั้งอาคารควรหันด้านยาวของอาคารซึ่งเป็นด้านที่เปิดรับแสงไปทางทิศใต้และเอียงไปทางทิศตะวันออกเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นอาคารที่ไม่ได้ใช้ระบบปรับอากาศต้องดูทิศทางลมประจำปี จึงต้องหันอาคารด้านยาวของอาคารมาทางทิศใต้ เพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านเข้ามาในอาคารและหลบทิศที่มีแสงแดดจัดในตอนบ่ายจากทิศตะวันตกด้วย

การเลือกรูปแบบอาคารที่ประหยัดทั้งด้านโครงสร้างและวัสดุก่อสร้างซึ่งคิดรวมไปถึงพลังงานที่ใช้ผลิตวัสดุนั้นๆรวมทั้งวิธีการก่อสร้างที่ง่ายและประหยัด ให้มีระยะที่ประสานกันตามขนาดวัสดุมาตรฐาน ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหรือที่ผลิตขึ้นเอง ระบบนี้จะช่วยให้สามารถ ก่อสร้างในระบบสำเร็จรูปซึ่งทำให้สะดวกง่าย รวดเร็วและมาตรฐาน การใช้วัสดุไม่เหลือเศษ การออกแบบอาคารให้มีรูปแบบเรียบง่ายให้มีขนาดเนื้อที่ใช้สอยสัมพันธ์กับโครงสร้างกับวัสดุมาตรฐานทั่วๆไป ซึ่งมีมาตรฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำให้ประหยัดโครงสร้างและวัสดุก่อสร้าง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์และการจัดสภาพการใช้สอยทำได้ง่ายและสะดวก

โดยปกติอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจะประหยัดเนื้อที่ผนังมากกว่าอาคารรูปร่างอื่น ทำให้ประหยัดวัสดุก่อสร้างและทำให้หน้าต่างรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อย แต่เนื่องจากมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยงข้อง เช่นทางโคจรของดวงอาทิตย์และทิศทางลมประจำท้องถิ่น ทำให้อาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้าประหยัดพลังงานมากกว่า เพื่อการหลีกเลี่ยงไม่ให้ด้านยาวของอาคารต้องหันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความกว้างยาวที่พอเหมาะ สำหรับด้านแคบของอาคารที่หันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ถ้าทำได้ควรจะปิดทึบ เพื่อลดปริมาณการไหลผ่านของความร้อนเข้ามาในอาคาร ผนังด้านทิศเหนือเป็นด้านที่เปิดรับแสงสว่าง และระบายลมที่เข้ามาทางทิศใต้ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีช่วงเวลาที่โดนแดดในหน้าร้อนเพียงปีละ 3 เดือนเท่านั้น

อาคารในภูมิอากาศร้อนชื้นนี้ไม่จำเป็นต้องทำผนังหนาเพื่อชลอเวลาที่ความร้อนผ่านเพราะความร้อนจากบรรยากาศภายนอกไม่สูงมากนักและสามารถให้ลมช่วยเป็นตัวขับไล่ความร้อนและความชื้นในห้องออกไปได้ การเปิดหน้าต่างตรงกันที่ผนังทั้ง 2 ด้าน ในลักษณะ Cross

Ventilation เป็นการระบายอากาศที่ดีที่สุด อาคารที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควรมีช่องหน้าต่างหรือช่องระบายอากาศเปิดมากๆ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีการระบายอากาศที่ดีแล้วยังช่วยลดพื้นที่ผนังส่วนที่รับความร้อนลงได้ ส่วนอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศต้องออกแบบทำหน้าต่างกระจก เพื่อรับแสงสว่างที่จำเป็นต้องคิดถึงปริมาณแสง ไม่ว่าจะเป็นการบังแดดจากภายนอกหรือภายในหรือระหว่างกระจก เช่นการใช้อุปกรณ์บังแดด การยื่นชายคาหรือใช้กระจกตัดแสงเป็นต้น

ความสูงของห้อง หลังคาและความสูงของอาคารมีผลต่อการเพิ่มหรือลดความร้อน และการใช้พลังงานเช่นเดียวกับในอาคารที่ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ ความสูงของพื้นห้องถึงเพดานยิ่งเพิ่มมากเท่าไรยิ่งช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องมากขึ้น เนื่องจากอากาศร้อนมีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ลอยตัวขึ้นสูง ความร้อนที่ไหลผ่านหลังคาลงมาจะถูกระบายออกไปทางหน้าต่างสูงก่อนที่จะมาถึงตัวคน เมื่ออากาศร้อนภายในห้องลอยตัวสูงขึ้น อากาศเย็นจากภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่ว่างส่วนล่าง ทำให้มีการหมุนเวียนของอากาศในห้องดีขึ้นหรือทำให้ลมพัดผ่านเข้ามาในห้องมากขึ้น ทำให้ภายในห้องเย็นสบาย สำหรับอาคารที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดขนาดของห้องจึงต้องลดระยะถึงฝ้าเพดานให้อยู่ในระดับที่เหมาะกับการใช้สอยภายในห้อง โดยทั่วไปนิยมที่ระยะ 2.40 เมตร

หลังคาเป็นส่วนที่รับรังสีความร้อนมากที่สุด ต้องออกแบบรูปทรงหลังคาที่ลดปริมาณการไหลผ่านของความร้อน หลังคาที่มีที่ว่างระหว่างหลังคากับฝ้าเพดาน อากาศที่อยู่ภายใต้หลังคาจะเป็นตัวช่วยกันความร้อนได้อีกชั้น และถ้าได้ระบายอากาศร้อนภายใต้หลังคาอีกทีทางหน้าจั่วหรือทางฝ้า ก็จะช่วยลดความร้อนที่ไหลผ่านฝ้าเพดานลงมาได้ จำนวนชั้นของอาคารทำให้ การใช้พลังงานแตกต่างกันออกไป ในขนาดพื้นที่ห้องที่เท่ากัน อาคารที่สูง 2-3 ชั้นจะมีพื้นที่หลังคาน้อยกว่าอาคารชั้นเดียว ทำให้ลดปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านหลังคาเข้ามาในอาคารได้

การออกแบบผนังและช่องเปิดของอาคารก็เป็นสิ่งสำคัญ สัดส่วนของช่องเปิดกับผนังทึบต้องสัมพันธ์กับทิศทางของแสงแดดที่ส่องกระทบอาคาร เช่นในด้านทิศเหนือ เราสามารถออกแบบให้ช่องเปิดมีพื้นที่ได้มากเพราะแสงแดดไม่กระทบโดยตรง ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ทั้งช่วงเช้าและบ่าย โดยมีผลกระทบจากความร้อนของแสงอาทิตย์ไม่มาก ในทิศตะวันออกควรมีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังประมาณ 50-60% เนื่องจากแสงแดดที่มากระทบเป็นแสงแดดในช่วงเช้า ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงบ่าย สัดส่วนของช่องเปิดในทิศตะวันตกควรน้อยกว่าผนังด้านทิศตะวันออกเนื่องจากเป็นทิศที่รับแสงแดดช่วงบ่ายอย่างเต็มที่ จึงควรมีสัดส่วนของช่องเปิดต่อผนังทึบที่น้อยที่สุด เนื่องจากผนังด้านนี้เป็นด้านที่ได้รับแสงแดดและปริมาณความร้อนเกือบตลอดทั้งวัน

2.2.3การบังเงาอาคาร

การออกแบบรูปทรงของหลังคาบ้านสามารถช่วยในการระบายอากาศได้ดี การใช้หลังคาที่มีความชันมากเพื่อให้เกิดความกดอากาศต่ำที่แรงมากพอจะช่วยดึงให้กระแสลมพัดผ่านตลอดทั่วทั้งอาคาร ทำให้สามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพในกรณีที่มีความต้องการ ซึ่งจะใช้ก็ต่อเมื่อสภาพอากาศภายนอกเอื้ออำนวย การยื่นของหลังคาในแต่ละด้านจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์แต่ละส่วนของหลังคา โดยทั่วไปหลังคาจะมีชายคายื่นออกมาเพื่อให้สามารถกันแดดได้ตั้งแต่เวลา 8.00 น.ถึง 16.00 น. และบางส่วนจะยื่นออกไปคลุมพื้นที่ใช้งานส่วนที่เป็นระเบียง

ปัจจัยสำคัญในการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานประการหนึ่งคือการกันแดดให้กับตัวอาคารเพราะผนังทั่วไปเช่นผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้วที่ไม่โดนแดดโดยตรงมีปริมาณความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารถึงประมาณ 30-50BTU/sq.ft.-hr. ถ้าเป็นผนังกระจกที่โดนแดดมีความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเพิ่มสูงขึ้นอีก 6-7 เท่า ดังนั้นการป้องกันไม่ให้ผนังหรือกระจกโดนแดดจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ต้องคำนึงถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างพอเหมาะ

ประโยชน์ของการออกแบบให้อาคารสามารถกันแดดได้ ในกรณีที่ต้องการออกแบบอาคารที่มีผนังเป็นสีเข้ม เพราะถ้าผนังนั้นไม่โดยแดดก็จะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้หรือถ้าไม่สามารถกันแดดได้ 100% ก็ต้องเลือกผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนมากๆเพราะถ้าผนังมีค่าความเป็นฉนวนมาก อิทธิพลของสีผิวผนังไม่ว่าจะอ่อนหรือเข้มจะไม่มีผลต่อความร้อนเข้าสู่อาคารมากนัก

การกันแดดต้องคำนึงถึงผลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในมุมต่างๆ เนื่องจากความร้อนที่เข้าสู่อาคารโดยการแผ่รังสีความร้อน (radiation) มีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร เพราะฉะนั้นในการออกแบบต้องคำนึงถึงทิศทางของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งมีทิศทางและมุมของแดดที่ลาดเอียงต่ำกว่าด้านอื่น ทำให้แดดเข้ามาสู่ภายในอาคารได้ลึก ควรเลี่ยงการเจาะช่องเปิดที่ผนังด้านทิศตะวันตกหรือมีน้อยที่สุด เพื่อลดความรุนแรงจากการนำแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบแผงกันแดดที่นอกจากจะสามารถกันแดดได้แล้วยังยอมให้มีการระบายอากาศผ่านขึ้นไปเบื้องบนได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1.จากธรรมชาติ ได้แก่การนำเอาภูมิประเทศมาช่วยเช่น ต้นไม้ อาคารข้างเคียง ส่วนประกอบทางภูมิศาสตร์ เช่น หน้าผา ภูเขา ป่าไม้

2.ออกแบบบริเวณโดยรอบและเหนือหน้าต่างเช่น การทำหลังคายื่นยาวออกมานอกอาคาร การทำระเบียง การยื่นอาคารชั้นนอกออกเพื่อให้เงาแก่ผนัง การทำแผงกันแดดรูปร่างต่างๆ เช่น แนวตั้ง แนวนอน การยื่นกันสาด

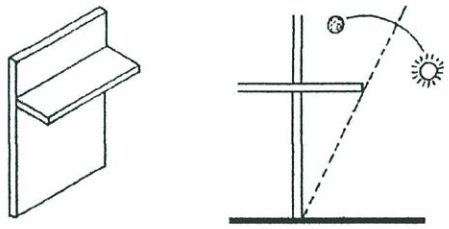
3.ชนิดของหน้าต่างเช่น การทำหน้าต่างบานเกล็ดทั้งชนิดติดตายและปรับได้ การทำฉากหน้าต่างบานเลื่อน บานพับ หน้าต่างบานเปิด-ปิดทางตั้งและนอน หน้าต่างกระจกตัดแสง หน้าต่างกระจกสองชั้น คอนกรีตบล็อค

4.การบังแดดด้านในหน้าต่างเช่น ม่านมู่ลี่ไม้ไผ่หรืออลูมิเนียม

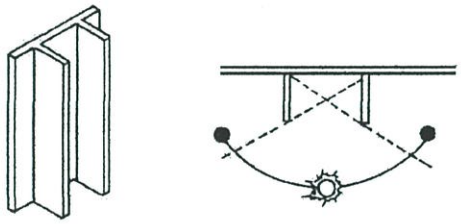
5.การจัดการภายในเพื่อลดการสะท้อนแสง ทำให้สบายตาเช่น การทำฉาก ผนังภายในเครื่องเรือน การใช้สีและผิวที่หยาบด้าน

ลักษณะของแผงบังแดดและเงาที่เกิดขึ้น

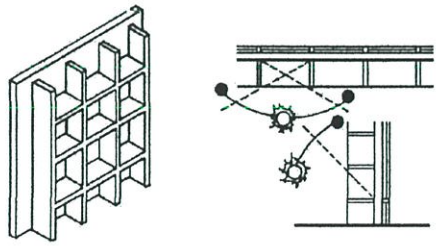
1. ทางนอน (Horizontal Overhangs) บังแดดได้เงาคล้ายเสี้ยว
2. ทางตั้ง (Vertical Louvers) บังแดดได้เป็นรูป Radial mask
3. แบบตาราง (Eggcrate Types) เป็นแผงบังแดดผสมทั้งทางตั้งและนอน เงาที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบรวม



ภาพที่ 2.22 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน



ภาพที่ 2.23 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง



ภาพที่ 2. 24 อุปกรณ์บังแดดแบบตาราง

ลักษณะของแผงบังแดดที่เหมาะสมกับผนังอาคารในพื้นที่ทางซีกโลกเหนือตามทิศต่างๆ

1. ด้านทิศใต้และบริเวณโดยรอบทางทิศใต้ของอาคารแผงบังแดดชนิดทางนอนจะได้ผลดี
2. ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกของอาคาร ใช้แผงบังแดดทางตั้งจะได้ผลดี ถ้าเป็นแผงบังแดดที่หมุนปรับมุมได้ก็จะบังแดดได้ทุกเวลา
3. ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ใช้แบบตารางจะได้ร่มเงามากขึ้น

4. ด้านทิศเหนือใช้แผงบังแดดทางตั้งและควรจะมีชายคาทางนอนสำหรับบังแดดได้บางเดือน

การคำนึงถึงสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ควรออกแบบให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากผนังและหลังคาและให้พื้นอาคารชั้นล่างสัมผัสดินให้มากที่สุด เพื่อใช้ประโยชน์ในการนำความเย็นของดินมาใช้

2.2.4 การเลือกใช้วัสดุ

การใช้วัสดุก่อสร้างต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 2 ประเภทคือ

- ประหยัดพลังงานในการผลิตและการก่อสร้าง ซึ่งครอบคลุมไปถึงการผลิตวัตถุดิบการผลิตในระบบอุตสาหกรรมและการขนส่งวัสดุ
- พลังงานที่ใช้ในอาคารเมื่อมีผู้เข้าไปใช้ในอาคาร

1. ฉนวนกันความร้อนในอาคาร

คือระบบฉนวนที่ติดตั้งในอาคารที่ปิดมิดชิด การจัดวางฉนวนที่อยู่ด้านนอกโครงสร้าง จะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านชิ้นส่วนโครงสร้าง โครงสร้างจะมีพื้นที่เป็นส่วนใหญ่ของตัวอาคาร คือประมาณ 65% ของพื้นที่อาคารทั้งหมด การสูญเสียหรือได้รับความร้อนหลักในอาคารจะเป็นการถ่ายเทผ่านเพดานผนัง พื้น หน้าต่างและประตู การสูญเสียพลังงานส่วนใหญ่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก แทรกซึมผ่านเพดาน

ก) ฉนวนเพดาน จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานได้อย่างชัดเจน สำหรับการออกแบบฉนวนหุ้มเพดานทำได้ 2 ลักษณะคือ

- Cathedral Ceiling เป็นลักษณะที่ฉนวนติดตั้งไปกับกระเบื้องหลังคา ในมุมเอียงเท่ากัน
- แบบฉนวนวางบนฝ้าเพดาน โดยขนานไปกับพื้นห้อง เปิดช่องว่างใต้หลังคา

ข) ฉนวนหลังคา หลังคาที่ไม่มีฉนวนเมื่อได้รับรังสีความร้อน หลังคาจะเป็นตัวกักเก็บความร้อนจำนวนมากทำให้มีอุณหภูมิสูง การมีฉนวนหลังคาจะช่วยลดความร้อนที่แผ่เข้าสู่อาคาร และสะท้อนรังสีความร้อนบางส่วนกลับ ฉนวนที่ติดตั้งมาในระบบหลังคาจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานได้แต่การเพิ่มความหนาของฉนวนจะทำให้กระเบื้องหลังคาเสื่อมคุณภาพลง เนื่องจากแผ่นเยื่อหลังคาด้านบนฉนวนอยู่ภายใต้อุณหภูมิที่สูงมาก

สภาพการดูดกลืนของสีพื้นหลังคามีความสำคัญมากกว่าความหนาของฉนวน ในการหาอุณหภูมิของหลังคา อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 14-16°C ระหว่างหลังคาสีขาวและสีดำระบบหลังคาคอนกรีตเพอร์ไลต์หรือเวอร์มิคูไลต์ เป็นระบบฉนวนหลังคาประเภทคอนกรีตน้ำหนักเบาที่ใช้กับหลังคาดาดฟ้า สามารถออกแบบการวางตัวฉนวนได้ 2 แบบ คือฉนวนหล่อทับบนดาดฟ้า โดยอาจ

เป็นฉนวนคลุมทับหลังคาแบบสร้างในบริเวณที่ก่อสร้างและแบบคลุมวางด้านบนหรือวางระหว่างแป

ค) ฉนวนผนัง จะประกอบด้วยวัสดุและพื้นผิวที่มีสภาพการต้านทานความร้อนอยู่บ้าง ดังนั้นการเพิ่มฉนวนให้กับผนังที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน จึงไม่ลดการสูญเสียพลังงานมากเท่าที่ได้รับจากการหุ้มฉนวนในเพดานและหลังคา

ง) ฉนวนพื้นและฐานราก การหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียพลังงานจึงต้องบุด้วยแผ่นกั้นไอน้ำเสมอ

จ) ฉนวนหน้าต่างและประตู โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นกระจกหรือวัสดุใส การสูญเสียพลังงานจะเกิดตรงช่วงรอยต่อระหว่างประตูและหน้าต่างกับผนังรอบขอบ โดยทั่วไปวิธีปฏิบัติคือการใช้ม่านบังแดด ลดการสูญเสียพลังงานผ่านกระจกหน้าต่าง 25-30% และถ้าเป็นม่านกันแดดแบบฉนวนลด การสูญเสียพลังงานลงได้ประมาณ 35-40% และหากมีการผนึกกันรั่วที่ขอบหน้าต่างประตูจะลดการสูญเสียลงได้อีกราว 10-20%

2. การเลือกใช้กระจก[2]

ในอาคารทั่วไปการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารผ่านทางกระจกเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากกระจกเป็นวัสดุที่มีการนำความร้อนที่ดี ทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกระจกที่ร้อนไปยังผู้ใช้อาคารและการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศภายในอาคาร การนำกระจกมาใช้ในอาคารมีข้อดีในเรื่องการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ ดังนั้นในการเลือกใช้กระจกจึงควรใช้กระจกที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารให้ได้มากที่สุด ขณะเดียวกันก็ยอมให้ความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยที่สุด การลดพื้นที่กระจกไม่ได้ลดปริมาณแสงธรรมชาติลงไปมากตามส่วน แต่เป็นการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร

คุณสมบัติของกระจกที่ยอมให้คลื่นรังสีความร้อนทะลุกระจกเข้าไปได้ เป็นเหตุให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่อาคารนั้น มีค่ารวมกันของแหล่งความร้อน 2 แหล่ง

1. Solar Heat Gain ซึ่งประกอบด้วยความร้อนที่มาจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านทะลุกระจกเข้าไป รวมทั้งรังสีทางตรงและรังสีกระจาย และความร้อนอีก 27% ของความร้อนที่ถูกดูดกลืนอยู่ในเนื้อกระจก

2. Conducted Heat คือค่า U ของกระจก ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิทั้ง 2 ข้างของกระจก ชนิดของกระจกและความหนาของกระจก

กระจกชนิดเดียวกันแต่มีความหนาของเนื้อกระจกไม่เท่ากันมีส่วนทำให้การดูดกลืนความร้อนเข้าไปในเนื้อกระจกไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลให้ความร้อนทะลุกระจกเข้าไปมากน้อยต่างกัน นอก

---

[2] บริษัทกระจกไทย-อาซาฮี จำกัด (มหาชน). 2000. **เอกสารเผยแพร่**.

จากนี้การใส่แผ่นฟิล์มสะท้อนความร้อนเข้าไปในเนื้อหรือผิวกระจกมีส่วนทำให้รังสีความร้อนทะลุผ่านกระจกน้อยลงได้

ก) กระจกโฟลตใส (Clear Float Glass) เป็นกระจกโฟลตใสคุณภาพสูง ที่มีผิวทั้งสองด้านขนานเรียบสนิท ให้ภาพการมองผ่านที่ชัดและให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว สามารถนำไปใช้ได้ทั้งภายนอกและภายในอาคารทุกประเภทเช่น หน้าต่าง ประตูและการตกแต่งภายในสำหรับบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป นำไปผลิตเป็นกระจกเงา กระจกนิรภัยสำหรับรถยนต์ โครงสร้างผนังกระจกสูงขนาดใหญ่ (Glacade)

ข) กระจกโฟลตสีตัดแสง (Heat Absorbing Float Glass) สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบพื้นผิวกระจกได้ถึงร้อยละ 35-50จึงมีส่วนอย่างมากต่อการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ กระจกมีสีต่างๆให้เลือกถึง 5 สีคือ สีชาอ่อน (Coolgray) สีชาดำ (Dark coolgray) สีบรอนซ์ (Coolbronze) สีเขียวเข้ม (Ocean Green) สีฟ้าเข้ม (Skyblue) ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการวางแผนกำหนดสีเพื่อรูปลักษณ์ของอาคาร สามารถใช้ได้กับภายนอกอาคาร หน้าต่างอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย การตกแต่งทั่วไป ความเข้มของสีจะมากขึ้นตามความหนาของกระจก ซึ่งส่งผลให้การดูดกลืนความร้อนสะสมในเนื้อกระจกมากขึ้นด้วย

ค) กระจกสะท้อนแสง (Heat Reflective Glass) มีคุณภาพสูงทางด้านการสะท้อนแสงโดยสามารถกำหนดได้ทั้งปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาภายนอกและการส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร สามารถสกัดกั้นพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามากระทบทุกช่วงเวลา จึงช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว คุณสมบัติด้านการกันความร้อนมีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมและสภาพที่ต้องการ ช่วยลดความจ้าของแสงใช้กับอาคารสูง อาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ทั่วไปและสถานที่ต่างๆที่ต้องการประหยัดพลังงานและลดความจ้าของแสง

ง) กระจกฉนวนความร้อน (Insulating Glass Units) ผลิตโดยการนำกระจก 2 แผ่นมาประกอบกันมีเฟรมอลูมิเนียมคั่นกลางสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก ป้องกันเสียงรบกวน สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก จึงช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานไม่ทำให้เกิดฝ้าหรือหยดน้ำแม้ว่าอุณหภูมิภายในกับภายนอกแตกต่างกันมาก ใช้กับอาคารสูง อาคารสำนักงานและอาคารพาณิชย์ทั่วไปที่ต้องการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในด้านเสียงและอุณหภูมิ สถานที่ต่างๆที่ต้องการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย สถานที่ต่างๆที่ต้องการตัดเสียงรบกวนจากภายนอกและภายใน

จ) โครงสร้างผนังกระจกสูงขนาดใหญ่ (Glacade) ผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านการติดตั้งกระจกสำหรับช่องเปิดขนาดใหญ่คือ สามารถติดตั้งกระจกแผ่นเดี่ยวสูงจากโครงสร้างพื้นที่ถึงโครงสร้างเพดานของอาคาร โดยมีการต่อกระจกน้อยที่สุด แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

-โครงสร้างชนิดถ่ายน้ำหนักลงบนโครงสร้างพื้น

-โครงสร้างชนิดแขวนน้ำหนักลงมาจากโครงสร้างส่วนบนของอาคาร การแขวนทำให้แผ่นกระจกเป็นอิสระจากความเค้นภายในเนื่องจากการแอ่นตัวของกระจกและความเค้นเฉพาะที่ ตรงจุดที่ใช้ยางรองด้านล่างของกระจกเป็นต้น วิธีแขวนสามารถติดตั้งกระจกที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติได้ (ความสูงประมาณ 7 เมตร) ในกรณีที่กระจกแตก อันตรายจากเศษกระจกร่วงจะมีน้อยกว่าการติดตั้งโดยระบบธรรมดา ทั้งนี้เนื่องจากส่วนบนของแผ่นกระจกถูกยึดเอาไว้

ข้อพิจารณาในการออกแบบ

มีปัจจัยหลายประการที่ควรนำมาพิจารณาและให้ความสนใจในการออกแบบ เพื่อป้องกันการแตกร้างของกระจกเนื่องจากความร้อน แรงเค้นดึงที่ขอบ (Edge Tensile Stress) เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณความร้อนบริเวณกลางแผ่นกระจกกับขอบกระจกอันเป็นสาเหตุของการแตกร้าวของกระจกนั้น เกิดจากปัจจัยต่างๆคือ

ขนาด – การใช้กระจกที่มีกระจกขนาดใหญ่มาก มักจะต้องใช้กระจกที่มีความหนามากๆ ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถต้านทานแรงอัดลม ในขณะเดียวกันก็สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนได้มากเช่นกัน เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดแรงเค้นดึงอย่างสูงที่ขอบ

อุปกรณ์ที่ให้ความร่มเงาในอาคาร – อุปกรณ์ที่ให้ความร่มเงาเช่น ผ้าม่านหนาหรือม่านปรับแสงที่มีสีเข้ม จะมีคุณสมบัติทั้งดูดกลืนและเก็บสะสมความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้ามาเอาไว้จะเป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณความร้อนแก่แผ่นกระจกให้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้กระจกแผ่นที่ติดตั้งหน้าคานของโครงสร้างซึ่งเป็นคอนกรีต ความร้อนที่คอนกรีตดูดกลืนและสะสมไว้ก็จะส่งผลทำให้กระจกแผ่นดังกล่าวมีความร้อนสูงขึ้นกว่ากระจกธรรมดาด้วย

การทาสีหรือปิดทับด้วยสติกเกอร์ – การตกแต่งกระจกหน้าต่างด้วยการทาสีหรือปิดทับด้วยสติกเกอร์ จะมีอย่างมากต่อการแตกร้าวของกระจก เนื่องจากมีการสะสมความร้อนที่สูงมากกว่าปกติ

วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนความร้อนระหว่างกระจกกับกรอบ – วัสดุยาแนวที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดีเพื่อที่จะป้องกันขอบกระจกจากความเย็น อันเนื่องมาจากกรอบและคอนกรีตซึ่งในตอนกลางคืนจะเย็นตัวลงและร้อนขึ้นอย่างช้าๆเมื่อได้รับแสงแดด ในขณะที่กระจกจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วกว่า หากวัสดุยาแนวขาดคุณสมบัติของการเป็นฉนวนที่ดี ความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่บริเวณส่วนกลางของแผ่นกระจกกับขอบกระจกจะมีมากกว่าปกติ กระจกจะแตกร้าวมากขึ้น

เงามืด – การเกิดเงามืดบางส่วนบนแผ่นกระจกแต่ละแผ่นในเวลาที่มีแสงส่อง เนื่องจากรูปทรงการออกแบบของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาวจะทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณความร้อนบนส่วนที่ถูกแสงและส่วนที่เกิดเงามืดบนกระจกแผ่นนั้นๆจะมีผลให้ความเค้นเนื่องจากความร้อนในกระจกมากขึ้น ทำให้กระจกเกิดการแตกร้าว

3. การใช้ผนังมวลเบา

ผนังคอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete) เป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ที่ผลิตจากโรงงานเหมาะกับงานก่อสร้างอาคาร เป็นฉนวนกันความร้อน ผนังคอนกรีตมวลเบานี้ผลิตขึ้นจากส่วนผสมของซีเมนต์ ทราย ปูนขาวและผงอลูมิเนียม เนื้อวัสดุมีลักษณะตัน มีช่องอากาศเล็กๆเป็นรูพรุนไม่ต่องเนื่องแทรกอยู่ ทำให้มีน้ำหนักเบาภายในเสริมแผงเหล็กเพิ่มความแข็งแรง ผนังจะมีการยืดหดตัวน้อยมาก

ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา (AAC) อยู่ที่ประมาณ 500-700กก./ตร.ม. จึงมีน้ำหนักเบากว่าอิฐมอญ 3 เท่าและเบากว่าคอนกรีต 4 เท่า สะดวกในการเคลื่อนย้ายทั้งในการก่อสร้าง การขนส่งการขนย้าย สามารถลดน้ำหนักของผนังในการคำนวนโครงสร้างลงได้ประมาณหนึ่งเท่าตัว (80-100กก./ตร.ม.) ช่วยลดค่าใช้จ่ายขณะที่โครงสร้างมีความแข็งแรงเท่าเดิม

แม้จะมีน้ำหนักเบา มีฟองอากาศกระจายอยู่ภายในก้อนคอนกรีตมวลเบาสามารถรองรับแรงอัดได้สูงตั้งแต่ 30-80กก./ตร.ม. (ksc.)

ฟองอากาศที่กระจายอย่างสม่ำเสมออยู่ทั่วไป ทำให้คอนกรีตมวลเบามีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หรือค่า K อยู่ที่ประมาณ 0.13 W/mK ต่ำกว่าอิฐมอญและคอนกรีตทั่วไป 8-10 เท่า ทำให้ผนังมีค่าความต้านทานความร้อน (Thermal Resistivity, R) สูงและไม่สะสมความร้อนเอาไว้ในตัว ส่งผลให้อาคารมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่

อัตราการป้องกันเสียง: STC (Sound Transmission Class-Ratings) เป็นค่าที่ใช้วัดคุณสมบัติของวัสดุในการลดทอนความดังของเสียงที่ส่งผ่านเนื้อวัสดุ (Transmission Loss) ในรูปของความเข้มเสียง โดยเฉลี่ยที่หน่วยเป็นเดซิเบล (decibets) ในช่วงความถี่ระหว่าง 100 ถึง 5 ที่ความหนา 10 ซม. ฉาบปูน 2 ด้าน ด้านละประมาณ 8 มิลลิเมตรผนังคอนกรีตมวลเบาจะมีค่า STC ประมาณ 43 หมายถึงผนังสามารถลดทอนความดังของเสียงที่ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านได้ประมาณ 43 เดซิเบล ซึ่งให้ค่าที่ดีกว่าอิฐมอญที่สามารถกันได้ประมาณ 32-36 เดซิเบลเท่านั้น

การเปลี่ยนแปลงขนาดก้อน การยืดหรือหดตัวของเนื้อวัสดุคอนกรีตมวลเบา มีค่าต่ำมากเพียง 0.2 มิลลิเมตรต่อความยาว 1 เมตร น้อยว่าค่าของวัสดุอื่น 4-9 เท่า ทำให้ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตมวลเบานี้ไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้นที่ผิวปูนฉาบ อีกทั้งค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของคอนกรีตมวลเบามีค่าเพียง $10x10^{-6}$ ต่อองศาเซลเซียสซึ่งต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไปมาก

ตารางที่ 2.4 การยืดหดตัวของวัสดุชนิดต่างๆ (มม./ม.)

ชนิดวัสดุ	คอนกรีตบล็อค	คอนกรีต	อิฐมอญ	คอนกรีตมวลเบา
การยืดหดตัว (มม./ม.)	-0.8	-0.7	+1.8	+0.2

คอนกรีตมวลเบามีสภาพเป็นด่างอ่อนๆ (pH 9.0-10.5) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตชนิดอื่นๆ ไม่เป็นภัยต่อผู้ใช้และทนต่อสภาวะต่างๆทางเคมีเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟตคลอไรด์ และกรดต่างๆมีจุดหลอมละลายสูงเช่นเดียวกับวัสดุที่ทำจากปูนซีเมนต์ทั่วไป 1,600 องศาเซลเซียส

4. อุปกรณ์กันแดด

ช่วยลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารเนื่องจากการกระทบของแสงกับอาคาร สิ่งที่ต้องระวังคือที่กันแดดเป็นตัวสร้าง Noise Shadow และเป็น Noise Trap ด้วย นอกจากนี้ยังเป็นตัวสะท้อนรังสีความร้อนและนำความร้อนเข้าสู่อาคารได้ การออกแบบที่กันแดดให้อยู่ห่างผนังเล็กน้อนจะลดค่าการนำความร้อนได้ดี การให้ร่มเงากับหลังคาคือ การปลูกต้นไม้ที่มีกิ่งและใบปกคลุม การให้ร่มเงากับผนังและหน้าต่างคือ การยื่นชายคา ระเบียง ถอยหน้าต่างลึกเข้าไปในผนังหรือยื่นผนังบางส่วนออกมา

5. วัสดุตกแต่งภายในอาคาร

การเลือกใช้วัสดุตกแต่งอาคารมาจัดสภาพแวดล้อม โดยการเลือกใช้วิธีและสีของฝาผนัง เพดานและพื้นให้มีผลในการส่องสว่างสูง การทำให้ผนังและเครื่องเรือนเป็นสีสว่าง ช่วยให้การใช้ไฟฟ้าคุ้มค่ามากขึ้น

การใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงและความร้อนได้ดีโดนเฉพาะหลังคา ฝ้าเพดานและผนัง พื้นผิวของวัสดุมีความสำคัญมาก ควรใช้วัสดุที่มีผิวพื้นเป็นมันหรือสีอ่อน ผนังภายนอกด้านที่ถูกแดดควรทาสีอ่อนๆหรือสีขาว เพื่อสะท้อนแสงที่ดีหรือทำผิวขรุขระเพื่อให้เกิดเงาที่ผนังเป็นการช่วยลดพื้นที่ที่โดนแดด ผนังก่ออิฐเปลือยโชว์แนว ไม่ทาสี อมความร้อนได้สูงกว่า ผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีขาวมากจึงไม่ควรใช้ทางด้านทิศตะวันตก

2.2.5 การระบายอากาศ

การระบายความร้อนโดยการพาความร้อน ใช้ที่ว่างใต้หลังคาให้อากาศเป็นตัวพาความร้อนออกไป โดยทำหลังคา 2 ชั้นหรือตีใต้ฝ้าเพดานใต้หลังคาโดยลดระดับฝ้าให้ต่ำลงมา แล้วทำช่องลมระบายอากาศร้อนออกทางหน้าจั่ว การถ่ายเทความร้อนออกจากอาคารในส่วนที่เป็นหลังคาและผนังด้านทิศตะวันตกมีความจำเป็นมากที่สุด ให้มีหน้าต่าง ประตูเปิดรับลมและมีการระบายอากาศได้ทั่วห้อง การออกแบบอาคารให้มีการระบายอากาศที่ดีต้องทำดังนี้

1) ทำอาคารให้โปร่ง อาจเป็นระเบียงหรือชานโล่งมีหลังคาคลุมและห้องที่มีช่องเปิดระบายอากาศ
2) วางอาคารขวางในแนวเหนือใต้ ให้ด้านแคบอยู่ในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้อาคารได้รับลมเต็มที่ และไม่ถูกแสงแดดส่องมากเกินไป
3) ออกแบบอาคารในลักษณะที่ทำให้ได้รับลมมากขึ้น เช่นอาคารที่แคบ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4) เลือกชนิดของหน้าต่างที่เหมาะสม เช่นถ้าต้องการกระแสลมมาก ควรใช้หน้าต่างบานเกล็ดเปิดตลอด เพราะหมุนปรับมุมให้เปิดมากน้อยได้ ถ้าเป็นหน้าต่าง ประตูบานเปิดอาจมีบานเกล็ดเล็กๆบางส่วนของหน้าต่าง ประตูนั้นหรือทำช่องลมเหนือหน้าต่างทึบ

ในอาคารเดี่ยวที่ห้องมีความสำคัญต่างๆกัน ควรจัดให้ถูกกับทิศทางลม ถ้าวางห้องรับลมไม่ได้หมดทุกห้อง ให้ทำที่ดักลม เพื่อให้ลมพัดมาปะทะแล้วเบี่ยงเบนเข้าสู่อาคารได้ หรือให้ลมพัดย้อนขึ้นจากทางด้านล่าง โดยการทำหน้าต่างสองชั้น ชั้นนอกอาจเป็นบานเกล็ดหรือไม้ระแนงโปร่ง เพื่อกันแดดและฝนชั้นในเป็นหน้าต่างมุ้งลวดอยู่ห่างจากชั้นนอกประมาณ 1 เมตร มีที่ว่างด้านข้างและพื้นด้านล่าง

2.2.6 การใช้สภาพแวดล้อม

ในการออกแบบอาคารเพื่อให้ลดการใช้พลังงานนั้น การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมรอบๆอาคารมีความสำคัญมากเพราะสามารถลดความร้อนที่จะเข้าไปยังอาคารได้ เป็นการนำเอาปัจจัยทางธรรมชาติและสิ่งเอื้ออำนวยที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ก) การใช้ประโยชน์จากพืช

แนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างร่มเงาในบริเวณรอบๆอาคาร มีวัตถุประสงค์ในการลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการสร้างบรรยากาศแวดล้อมอาคารให้ร่มรื่น ในบางกรณีรวมไปถึงการอาคารหรือสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ช่วยบังแดดให้อาคารด้วย

ต้นไม้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของธรรมชาติ ชนิดและประเภทของต้นไม้สามารถบอกได้ถึงชนิดและส่วนประกอบของดินได้ด้วย รูปแบบของต้นไม้แบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ ตามการให้ร่มเงาแก่พื้นดินดังนี้[3]

- ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และขนาดกลาง (Overstory tree) เป็นไม้ที่มีระดับความสูงของกิ่งที่ต่ำที่สุดอยู่เหนือระดับสายตาและกลุ่มของใบจะแผ่ขยายอยู่เหนือศรีษะ
- ไม้ยืนต้นขนาดเล็ก (Understory tree) เป็นไม้ที่มีระดับความสูงของกิ่งที่ต่ำที่สุดอยู่ใต้ระดับสายตา
- ไม้พุ่ม (Shrubs) ทั้งไม้พุ่มสูงและพุ่มเตี้ย เหมาะสำหรับใช้ในการบังคับทางเดิน
- ไม้คลุมดิน (Ground cover) รวมถึงพืชใบเขียวประเภทหญ้าชนิดต่างๆและไม้เลื้อยด้วย

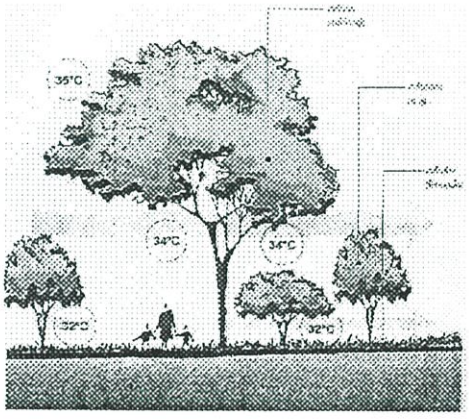
---

[3] (David Douglas Debord and Thomas R. Dunbar. 1985. **Earth-Sheltered Landscape, Site Considerations for Earth-Sheltered Environments.** USA.)

Cooling Effect ที่ได้จากการบังเงาและระเหยจากการคายน้ำ ในบริเวณที่ได้มีการจัดภูมิทัศน์จะช่วยให้อุณหภูมิโดยรอบลดลงประมาณ 5.5-8.5°C ในพื้นที่ร้อนแห้ง ถ้าเพิ่มพื้นที่ของพืชพรรณขึ้นอีกประมาณ 30% ด้วยลักษณะการจัดวางที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศได้ถึง 50%จากการลดความเร็วลม (ที่จะทำให้เกิดการพาความร้อน) ซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรงและการระเหยไอน้ำจากการคายน้ำ ซึ่งเป็นผลกระทบทางอ้อม รวมถึงปริมาณของพืชพรรณที่นำมาใช้รอบอาคารก็ล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดความร้อนทั้งสิ้น

ตำแหน่งของการปลูกพืชพรรณเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาและจำนวนชั่วโมงที่ต้องป้องกันแสงแดด

การมีต้นไม้ใหญ่จำนวนมาก ช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นไม้ใหญ่แต่ละต้นช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มาก ถ้าต้องการใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่อย่างเต็มที่ควรสร้างสภาพแวดล้อมอาคารให้เต็มไปด้วยต้นไม้ใหญ่ เพราะนอกจากช่วยบังเงาให้กับอาคารยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำด้วย การเลือกใช้ต้นไม้ประเภทต่างๆให้มีความเหมาะสม



ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ, 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.กรุงเทพฯ.บริษัท พริ้นเพอร์ดี้มาร์เก็ต จำกัด. หน้า 73**

ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างการใช้ต้นไม้ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมให้เย็น

การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางปลูกรอบๆอาคาร ช่วยให้สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้นั้นๆเย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไป ใบของต้นไม้ช่วยกรองแสงที่ส่องมายังผิวดินโดยตรงและช่วยในการบังแสงที่จะส่องเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางเวลา ต้นไม้ใหญ่อาจช่วยทำให้อุณหภูมิใต้ต้นไม้เย็นลงในช่วงกลางวัน แต่ในเวลากลางคืนอุณหภูมิใต้ต้นไม้จะสูงกว่าในบริเวณที่โล่ง ดังนั้นในการเลือกใช้ต้นไม้ใหญ่จึงต้องคำนึงถึงความหนาของพุ่มใบ เพราะถ้าต้นไม้รอบๆอาคารมีพุ่มใบหนาทึบเกินไปจะทำให้อุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนไม่เย็นลงเท่าที่ควร พุ่มใบที่หนาทึบจะสกัดกั้นการแลกเปลี่ยนความเย็นกับท้องฟ้า ในการพิจารณาการปลูกต้นไม้ไม่ควรปลูกไม้ยืนต้น

ขนาดใหญ่ใกล้กับอาคารเพื่อป้องกันอันตรายจากต้นไม้ล้ม การทำลายโครงสร้างอาคารจากรากไม้ การปิดบังแสงอาทิตย์ การปิดกั้นอากาศที่จะเข้าสู่อาคาร ส่วนต้นไม้ขนาดกลางและไม้ยืนต้นขนาดเล็กสามารถปลูกใกล้อาคารได้ตามความเหมาะสม

ในการปลูกไม้ยืนต้นทางด้านทิศตะวันออก ตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะให้ผลดีเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม (Altitude) ต่ำในช่วงเช้าและบ่ายเกือบเย็น รังสีดวงอาทิตย์จะทำมุมต่ำทอดเงายาว ผลการทดลองกับอาคารชั่วคราว (Mobile Home) จะลดอุณหภูมิได้ถึง 13°C เมื่อบังเงาด้วยไม้ยืนต้น

การปลูกไม้พุ่มสามารถบังเงาหน้าต่างทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ในขณะเดียวกันทำหน้าที่เหมือนเป็นกำแพงกันลม (Wing wall)ในแนวตั้งเพื่อดักลมเข้าสู่อาคารได้ด้วย

ไม้ยืนต้นและไม้พุ่มสามารถออกแบบจัดวางตำแหน่งเพื่อปรับปรุงลักษณะการระบายอากาศในอาคารได้ โดยใช้เป็นแนวดักลมเย็น ถ้าไม้พุ่มถูกนำมาใช้เพื่อดักลมควรอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะห่างจากอาคาร เพื่อไม่ให้เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางลมขึ้นสู่เหนืออาคาร ในขณะเดียวกันก็สามารถทำหน้าที่เป็นตัวต้านลมสำหรับลมร้อนได้ ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ขวางลมปะทะอาคาร สำหรับอาคารที่ใช้การระบายอากาศโดยเครื่องจักร (Active System) ต้นไม้ก็สามารถช่วยลดภาระการปรับอากาศของอาคารได้ โดยพุ่มใบที่มีความหนาแน่นสูง จะช่วยกรองอากาศ และลดความดันลมและความเร็วลมลงได้ถึง 75-85% ซึ่งจะช่วยลดความร้อนที่มาจากการพาและการแทรกซึมของอากาศได้ โดยการปรับสภาพความกดอากาศ พืชพรรณจะทำหน้าที่ต้านลมซึ่งควรจะอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะห่างไม่เกิน 1-1.5 เท่าของความสูงอาคาร กลุ่มไม้ยืนต้นจะทำให้เกิดภาวะอากาศนิ่ง (Dead Air Space) ในบริเวณโดยรอบ ซึ่งทำให้ลดความเร็วลมประมาณ 5 เท่าของด้านต้นลมและ 25 เท่าของด้านใต้ลม

การปลูกไม้เลื้อย การนำองค์ประกอบพืชพรรณในลักษณะอื่นๆมาใช้เช่น ระแนงไม้ที่ทำหน้าที่บังเงาในแนวนอน (Overhang) ซึ่งเหมาะสมกับผนังด้านทิศใต้ในช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมสูง ระแนงไม้เลื้อยในแนวตั้งจะให้ผลดีกับผนังภายนอกด้านทิศใต้ ตะวันออกและตะวันตก ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ตลอดทั้งวัน ส่วนลักษณะของไม้เลื้อยที่เกาะอยู่ตามผนังจะให้ผลในการลด Solar Heat Gain ที่จะทะลุผ่านเปลือกอาคารได้ (ผลการทดลองที่ Florida ผนังและหน้าต่างที่ได้รับการบังเงาด้วยพืชพรรณทีสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 60% และการใช้ไม้เลื้อยคลุมผนังด้านทิศตะวันตกประมาณ 80% ของพื้นที่ หนา 7.5 ซม.จะช่วยลดอุณหภูมิผนังเฉลี่ยลงได้ 7.5°C เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่ได้บังเงาในช่วงบ่าย)

การป้องกันแสงแดดด้วยระแนงไม้เลื้อยในลักษณะแนวนอนสามารถลดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและลดการเปล่ารังสีกลับได้ดี ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เห็นชัดที่สุดคือบริเวณพื้นผิวดิน โดยที่ดินโล่ง อุณหภูมิสูงถึง 48°C ในขณะที่ภายใต้ร่มเงาอุณหภูมิ 34°C

การป้องกันแสงแดดด้วยไม้เลื้อยเพื่อบังเงาให้เฉลียงด้านทิศใต้ สามารถกรองการรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงได้ดี โดยเฉลียงในที่โล่งจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ย 60-70% ของรังสีดวงอาทิตย์ภายนอกในขณะที่เฉลียงที่ได้รับการบังเงา จะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ย 25% และสามารถลดอุณหภูมิพื้นผิวเฉลียงลงได้ ในขณะที่ไม้เลื้อยในแนวตั้งจะรับความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่า ไม้เลื้อยในแนวทำมุมแทยงแต่การนำมาใช้ประเภทนี้จำเป็นต้องได้รับการระบายอากาศที่เพียงพอ เนื่องจากเมื่อบริเวณไม้เลื้อยถูกจำกัดการพาความร้อนอุณหภูมิที่พื้นผิวของไม้เลื้อยเองจะสูงขึ้นและจะแผ่รังสีความร้อนออกโดยรอบ

การป้องกันแสงแดดด้วยไม้เลื้อยบนผนังด้านทิศตะวันตก ส่งผ่านความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยกว่าจะรักษาอุณหภูมิพื้นผิวได้คงที่ตลอดทั้งวัน ในขณะที่บริเวณที่ไม่มีการบังเงาอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆในช่วงบ่ายไปจนถึงช่วงเวลากลางคืน

สวนหลังคา (Roof Garden) หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่ดูดซับรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงฤดูร้อน การปลูกหญ้าบนหลังคาจะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิพื้นผิว ซึ่งส่งผลถึงอุณหภูมิอากาศพื้นที่ภายใต้หลังคาได้ การปลูกพืชบนหลังคาทั่วไปจะลดอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดจาก 80°C ลงเหลือเพียง 25°C การพัฒนารูปแบบของสวนหลังคาจะช่วยลดอุณหภูมิหลังคาลงได้และความเร็วลมที่บริเวณระดับสูงก็จะสูงกว่าระดับพื้นดินด้วย

การใช้พืชคลุมดินเป็นการดูดซับเอาจากน้ำใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก บางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบของพุ่มไม้อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกซึ่งจะทำให้ดินบริเวณนั้นเย็น และความเย็นดังกล่าวก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวดินจนสามารถทำให้ดินบริเวณนั้นส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องกันไปยังพื้นที่ใต้อาคารได้ บริเวณสนามหญ้าจะมีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ แม้ว่าจะเย็นไม่เท่าอุณหภูมิใต้พืชคลุมดิน การจะทำให้สภาพแวดล้อมเย็นได้นั้นต้องทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินเย็นลงก่อน เพราะนอกจากจะทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลง ยังทำให้เกิดผิวของสภาพแวดล้อมที่เย็นเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบายเนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวหนังกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าอีกด้วย

หญ้าและวัสดุปกคลุมพื้นดิน โดยรอบอาคารจะให้ผลในการควบคุมอุณหภูมิอากาศและจะส่งผลให้ลด ภาระการทำความเย็นน้อยกว่าอาคารที่ล้อมรอบไปด้วยแอสฟัลท์หรือคอนกรีต มีการค้นพบว่าอุณหภูมิผิวดินภายใต้ผิวหญ้าที่มีความชุมชื้นที่ความลึกประมาณ 7.6 ซม. อุณหภูมิจะต่ำลง 2.2°C เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินที่มีวัชพืชปกคลุมประมาณ 50% จากการทดลองพบว่า กะบะต้นไม้และสนามหญ้าจะช่วยลดอุณหภูมิได้ประมาณ 5.5-8°C เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่โล่งและสนามหญ้าทีมีขนาด 1,047 ตร.ม.ในวันที่แดดแรงในช่วงฤดูร้อน สามารถส่งผ่านพลังงานได้ 13,770 kWh ซึ่งเพียงพอสำหรับการระเหยน้ำในปริมาณ 25,740 ลิตรของสนาม (ความสามารถในการระเหยนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้น้ำที่สนามหญ้า) ดังนั้นจึงจะเหมาะสมกับเขตร้อนชื้นมากกว่าร้อนแห้ง เนื่องจากร้อนแห้งมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าและราคาน้ำสูงกว่า

การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินเป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนให้กับดิน และเป็นการเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ซึ่งจะมีผลทางด้านการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนสู่ผิวดินที่เย็นกว่าเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ นอกจากนั้นยังเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตาและป้องกันการสะท้อนของแสงไม่ให้เข้าสู่อาคารโดยตรง สามารถปลูกให้เลื้อยบนสิ่งก่อสร้างที่ทำขึ้นเฉพาะช่วยลดความกระด้างและเป็นเครื่องป้องกันแดดให้อาคารและป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งได้อีกด้วย

ข) การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน[4]

เนื่องจากความร้อนจากแสงแดดที่ตกลงสู่พื้นผิว สามารถสะท้อนเข้าสู่อาคารได้ฉะนั้นการเลือกวัสดุที่นำมาใช้คลุมดินรอบอาคาร เพื่อลดความร้อนจากแสงแดดที่สะท้อนจากผิวดิน แนวทางการแก้ปัญหานอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดินแล้ว การเลือกใช้วัสดุผิวดินที่เหมาะสมช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ ควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ และมีค่าการกระจายความร้อนสูงหรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี และควรเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสีเข้มและมีค่าการดูดความร้อนสูงเช่น ผิวยางมะตอยโดยเฉพาะที่ที่มีลมพัดผ่านเพราะจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนไว้มาก

วัสดุที่มีมวลมากจะสามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก เมื่อโดนแดดก็จะดูดซับความร้อนเอาไว้ได้มากทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นร้อนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน การเลือกใช้พืชคลุมดินหรือต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาจึงเป็นการช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

ตารางที่ 2.5 การสะท้อนแสงในวัสดุปูพื้นผิวบางชนิดและพืชคลุมดิน

วัสดุคลุมผิวดิน	เปอร์เซนต์การสะท้อนจากพื้น
หญ้า	6
หินชนวน	8
ยางแอสฟาวต์	7-15
ดิน	10
กรวด	13-15
คอนกรีต	20-40
หินอ่อน	45
สีขาว	60-75

ค) การใช้ประโยชน์จากดิน

---

[4] Marc Schiler. 1992. **Simplified Design of Building Lighting**. USA

ดินเป็นองค์ประกอบทางสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ลักษณะและส่วนผสมของดินในแต่ละสถานที่จะแตกต่างกันตามสภาพท้องถิ่น ดินมีคุณสมบัติที่เกี่ยวกับความจุความร้อน (Thermal Capacity) ทำให้อุณหภูมิของดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและช้ากว่าอุณหภูมิอากาศทั้งในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละช่วงฤดูกาล ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27°C ที่ระดับความลึก 0.60 เมตรจากผิวดิน[5] การที่เราจะใช้ประโยชน์จากดินให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องมีการปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด การปรับสภาพดินขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของต้นไม้ที่ใช้ผสมผสานกัน การทำให้ดินเปียกและมีกระแสลมพัดผ่านเพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำ รวมถึงความสามารถของการกระจายความร้อนของผิวดินให้กับท้องฟ้าและใช้ต้นไม้หรือพืชคลุมดินที่มีลมพัดผ่านใต้พุ่มใบเพื่อทำให้สภาพแวดล้อมเย็นสามารถทำการปรับสภาพของดินได้อย่างเหมาะสมจะทำให้อุณหภูมิดินเย็นลงมาก

การทำเนินดินสามารถสร้างเป็นแนวปะทะลมหรือเบี่ยงเบนทิศทางลมไปในทิศทางที่ต้องการได้ นอกจากนี้พืชพรรณที่ขึ้นสามารถจัดให้เป็นแนวปะทะลมได้ดี โดยเฉพาะต้นไม้ที่ไม่ทิ้งใบ ใบไม้ที่ร่วงจะกลายเป็นตัวสะท้อนรังสีอินฟาเรด การปลูกพืชที่หนาแน่นจะทำให้เกิดการลดอุณหภูมิจากอากาศภายนอกถึง 10-15°F หรือประมาณ 5.5-8°C[6] ด้วยคุณสมบัติพิเศษของดินได้มีการนำเสนอแนวความคิดที่เกี่ยวกับการนำความเย็นของดินมาใช้ในอาคาร เรียกว่า isolated loss ซึ่งเป็นวิธีในการนำลมผ่านท่อที่วางใต้สนามดินหรือบ่อน้ำ เพื่อให้อาคารคายความร้อนออกจนกลายเป็นลมเย็น หลังจากนั้นจึงนำมาใช้ในอาคารต่อไป

และเทคนิคอีกประการคือการออกแบบให้พื้นอาคารมีผิวสัมผัสกับดินโดยตรง วัสดุส่วนที่เป็นพื้นอาคารควรคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุด้วย และข้อควรระวังของการใช้เทคนิคนี้คือต้องมีการป้องกันความชื้นที่พื้นชั้นล่างเป็นอย่างดี

จากคุณสมบัติของดินที่ชุ่มชื้นและปกคลุมด้วยต้นไม้จะมีอุณหภูมิต่ำมาก ความเย็นจากดินจะค่อยๆถ่ายเทสู่ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ทำให้ความเย็นกระจายไปทั่วบริเวณและสามารถเหนี่ยวนำความเย็นเข้าสู่ภายใต้อาคาร พื้นอาคารชั้นล่างที่มีการเลือกใช้วัสดุอย่างถูกต้องมีความเย็นเท่าๆกับอุณหภูมิดินคือประมาณ 27-28°C ถ้าหากได้รับการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอย่างถูกต้อง โดยให้ดินมีความร่มเย็นและชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา แต่ต้องระวังและป้องกันความชื้นเข้าสู่ภายในอาคารจากพื้นชั้นล่างที่สัมผัสกับดิน หากตำแหน่งที่ตั้งของอาคารอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินมาก ปัญหาเรื่องความชื้นจากใต้ดินจะมีน้อย หากพื้นอาคารอยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดินต้องระมัดระวังในปัญหาเรื่อง

---

[5] สุนทร บุญญาธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.กรุงเทพฯ.บริษัท พร็อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต จำกัด.

[6] มาลินี ศรีสุวรรณ. 2529. การประหยัดพลังงานในอาคารและเมือง. การประชุมวิชาการในงานสถาปนิก'29. สมาคมสถาปนิกสยาม

ความชื้นจากใต้ดินเป็นพิเศษ และหากระดับระดับพื้นอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง

ง) การใช้ประโยชน์จากลม

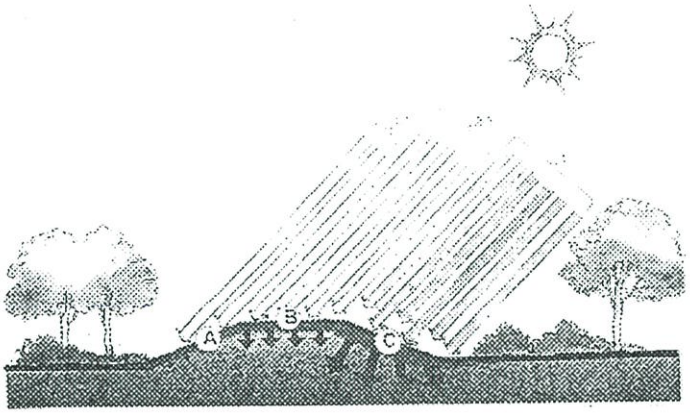
การใช้ประโยชน์จากลมให้ได้มากที่สุดต้องทำให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อม พัดผ่านบริเวณที่เย็นก่อนพัดเข้าสู่ตัวอาคารเช่น ใต้ร่มไม้ ใต้เงาอาคารหรือใกล้ระดับดิน ซึ่งจะทำให้บริเวณอาคารได้รับอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงจากสภาพแวดล้อม แต่ยังมีความชื้นในอากาศอยู่สูง ถ้านำเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาในอาคารที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นเพื่อลดความชื้น

การปล่อยให้กระแสลมภายนอกที่เย็นและชื้นพัดผ่านเฉพาะรอบอาคารภายนอก จะเป็นผลดีมากกว่าให้พัดผ่านเข้ามาในอาคาร ถ้าช่วงเวลาที่นำอากาศภายนอกเข้ามาในอาคารเป็นช่วงที่สภาวะอากาศภายนอกมีความร้อนและความชื้นสูง พบว่าต้องใช้พลังงานในการลดความร้อนและความชื้นมาก และถ้าต้องการระบายอากาศด้วยระบบธรรมชาติช่วงเวลาที่เหมาะสมเป็นช่วงหัวค่ำจนถึงเช้าตรู่เท่านั้น เพราะเป็นช่วงที่อากาศภายนอกมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้สร้างสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถ้าสามารถออกแบบอาคารให้มีอุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้จะเป็นการดี เพราะช่วยลดความรุนแรงของสภาพอากาศและทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดช่องเปิดให้อากาศภายนอกผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ต่อไป

จ) การใช้ประโยชน์จากความลาดเอียงของดิน

ในด้านที่ต้องการให้พื้นดินเย็นหากไม่มีต้นไม้หรือร่มเงาปกคลุม อาจใช้วิธีปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้รับแสงแดดน้อยลงในเวลากลางวัน ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนี้การทำให้พื้นดินลาดเอียงไปทางด้านทิศเหนือ ทำให้รับแสงแดดเฉลี่ยตลอดปีน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินในระนาบปกติ ในประเทศไทยต้องการให้สภาพแวดล้อมเย็นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ความลาดเอียงของพื้นดินไปทางทิศเหนือจะเหมาะสมที่สุดและควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนน้อย การใช้พืชคลุมดินหรือหญ้าเป็นวัสดุผิวดินจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้คอนกรีต หากไม่สามารถปรับความลาดเอียงได้ตามต้องการ การใช้ต้นไม้และพืชคลุมดินมาให้ร่มเงากับพื้นดินให้ได้รับแสงแดดน้อยที่สุด

นอกจากนี้ความลาดเอียงของผิวดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยปรับแต่งแนวทางการไหลเวียนของอากาศให้เป็นไปตามต้องการ ในกรณีนี้อาจใช้ความลาดเอียงของผิวดินเป็นตัวควบคุมให้กระแสลมถูกปรับเปลี่ยนแนวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางซึ่งช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงหรือเพิ่มความเร็วลมได้



ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.กรุงเทพฯ.บริษัท พริ้อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต จำกัด.หน้า 87

ภาพที่ 2.26 อิทธิพลของความลาดเอียงของพื้นดิน

ฉ) การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

การระเหยของน้ำทำให้อากาศเย็นลงแต่ชื้นกว่าเดิม ต้องหาทางลดการสะสมความชื้น มีการระบายอากาศที่ดี แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยการให้กระแสลมที่พัดผ่านบริเวณผิวหน้าของน้ำที่เย็น และแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศนั้นนำเข้ามาภายในอาคาร แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของความชื้นที่มากับลมด้วย จะพบว่าเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำในระยะที่มากพอ อุณหภูมิอากาศจะค่อยๆเย็นลงไปพร้อมกับความชื้นที่เพิ่มขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้ว ถ้านำอากาศดังกล่าวมาใช้ในอาคาร จะไม่ช่วยลดการใช้พลังงาน (ในกรณีที่เป็นอาคารปรับอากาศ) เนื่องจากอากาศนั้นมีความชื้นมากขึ้นกว่าเดิม แต่ในอาคารทั่วไปที่มีลมพัดหรืออากาศถ่ายเทสะดวก ความชื้นก็จะไม่สะสมมากนัก แต่จะเป็นการสร้างความร่มเย็นให้กับสภาพแวดล้อม และช่วยลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการลดภาระในการทำความเย็นให้กับอาคาร

การออกแบบภูมิทัศน์รอบอาคารโดยการใช้ต้นไม้และสนามหญ้า ช่วยลดปริมาณความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และสร้างบรรยากาศแวดล้อมอาคารให้ร่มรื่น การมีต้นไม้จำนวนมากโดยเฉพาะต้นไม้ใหญ่ช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้ ช่วยบังเงาให้กับอาคาร นอกจากนี้ไม้พุ่มและพืชคลุมดินยังลดปริมาณความร้อนให้กับดินและเป็นการเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ช่วยในการเสริมสร้างบรรยากาศ ป้องกันกรสะท้อนแสงไม่ให้เข้าสู่อาคารโดยตรง ช่วยลดความกระด้างและป้องกันแสงแดดและฝุ่นให้กับอาคาร ซึ่งการใช้ประโยชน์จากต้นไม้นี้ให้ได้ผลดีควรมีการจัดภูมิทัศน์ประกอบกันทั้งต้นไม้ พืชคลุมดิน การทำเนินดินและสระน้ำ เพื่อช่วยสร้างสภาพแวดล้อมของอาคารโดยตรง และช่วยลดอุณหภูมิของอาคารมีผลให้ลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในทางอ้อมด้วย ในบางส่วนของอาคารอาจมีช่องเปิดที่ใช้กระจกแทนผนังทึบซึ่งได้รับแสงแดด การออกแบบให้มีต้นไม้ดูดซับความร้อนจากแสงแดด นอกจากจะ

สามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารแล้ว ยังเกิดผลพลอยได้ในแง่ของสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติ เมื่อมองมายังอาคารหรือมองออกนอกอาคาร นอกจากนี้การจัดสวนบนดาดฟ้าเพื่อใช้คุณสมบัติของต้นไม้ช่วยระบายความร้อนพร้อมกับใช้ฉนวนป้องกันความร้อนใต้พื้นของชั้นดาดฟ้าช่วยลดการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาได้ ในอาคารที่มีพื้นที่ว่างน้อย การจัดสวนบนดาดฟ้าหรือในพื้นที่ว่างอื่นๆ การปลูกไม้พุ่มหรือไม้เลื้อยบริเวณระเบียงสามารถช่วยเสริมสร้างสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นและลดปริมาณความร้อนลงได้ แม้เพียงเล็กน้อย

2.3 การประหยัดพลังงานในระบบและอุปกรณ์

2.3.1 ระบบไฟฟ้า

2.3.1.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง

1) การควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารธุรกิจทั่วไป มีองค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าดังนี้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ความต้องการพลังไฟฟ้าและเพาวเวอร์แฟคเตอร์จากองค์ประกอบเหล่านี้การไฟฟ้าฯจะเรียกเก็บเงินจากลูกค้าโดยระบุค่าธรรมเนียมต่างๆดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) คือค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือน โดยมีอัตราที่แตกต่างกันแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟ

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) เป็นค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือน

ค่าเพาวเวอร์แฟคเตอร์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มี Lagging Power Factor ถ้าในรอบเดือนผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุดเกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาวเวอร์แฟคเตอร์ในอัตราเควาร์ (Kvar) ละ 14.02 บาท สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะไม่เสียค่าธรรมเนียมในส่วนนี้

ค่าธรรมเนียมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีสัดส่วนค่อนข้างสูง โดยเป็นอันดับสองรองจากค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นถ้าสามารถลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ค่าใช้จ่ายด้านพลังไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็จะลดลงไปด้วย

เนื่องจากการไฟฟ้าฯคิดค่าไฟฟ้าในส่วนที่ใช้เฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาทีของแต่ละเดือน โดยค่าไฟฟ้าส่วนนี้จะคิดค่าจากค่าสูงสุดเพียงอย่างเดียวไม่เกี่ยวกับระยะเวลาใช้งานว่ามากน้อยและนานเพียงใด จะมีค่าสูงสุดเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งในรอบหนึ่งเดือนก็ตาม ก็จะคิดค่าไฟฟ้าส่วนนี้เท่ากัน ดังนั้นเพื่อการประหยัดค่าไฟฟ้าและคุ้มกับค่าใช้จ่าย จึงจำเป็นที่ต้องปรับระดับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้มากที่สุด

ที่ต้องมีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเพราะเป็นตัวประกอบอันหนึ่งที่จะแสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไรบ้าง ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ (มีตัวประกอบโหลดต่ำหรือที่เรียกว่า Load Factor) แต่ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ (ใช้เท่าที่จำเป็นจริงๆในกระบวนการผลิตหรือการบริการ) ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (มีตัวประกอบโหลดสูง) เพราะฉะนั้นสถานประกอบการใดที่ยังไม่มีการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จะกล่าวได้ว่ายังไม่ได้ดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างจริงจัง แต่ในกรณีที่สามารถปรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในขนาดที่เหมาะสมก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้อย่างมาก และแสดงให้เห็นว่าสถานประกอบการนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับสูง

แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องเข้าใจถึงตัวประกอบโหลดก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีคำจำกัดความดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดต่อเดือน}}{\text{กิโลวัตต์สูงสุด x จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \times 100\%$$

เมื่อพิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำมีอยู่สองตัว คือจำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ดังนั้นเราสามารถที่จะเพิ่มค่าประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ 2 วิธีคือ

1. ลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) ลง

2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) ลง เพื่อให้สมดุลกับจำนวน Peak demand ที่ลดลง ทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงจะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่ส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง

ประโยชน์ที่ได้รับจากการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 4 ประการ

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง ยิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไรค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ถ้าสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายของพลังงานลงได้

2. อาคารธุรกิจจะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Change) ลดลง

3. ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

4. การที่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลง สายป้อนกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้มีความจุเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

2) การแก้ไขพาวเวอร์แฟคเตอร์

อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ใช้งานในกิจการต่างๆจะเป็นชนิดต้องการกำลังงานรีแอกตีฟ (Reactive) จากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า การติดตั้งคะแปซิเตอร์กำลังเพิ่มเข้าไปในระบบไฟฟ้า จึงเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุดในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้น โดยเฉพาะระบบไฟฟ้าที่กำลังใช้งานอยู่และมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ต่ำ

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นมีผลดีต่อระบบไฟฟ้าหลายประการ เช่น

1. ลดกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจนถึงตำแหน่งที่ติดตั้งตัวคะแปซิเตอร์กำลัง

2. ลดกำลังงานสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจะมีผลดีต่ออุปกรณ์จ่ายกำลังไฟฟ้าต่างๆเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สายเคเบิ้ล ฯลฯ

3. ลดแรงดันไฟฟ้าตกในระบบไฟฟ้าลดลง ทำให้ระดับของแรงดันไฟฟ้ามีความมั่นคงมากขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งปลายสุดของสายป้อนไม่ตกมาก ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. เพิ่มขีดความสามารถในการรับหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าให้สูงขึ้น ทำให้สามารถขยายการใช้ไฟฟ้าหรือเพิ่มโหลดได้โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มขนาดของอุปกรณ์รับ-จ่ายกำลังไฟฟ้า

5. ลดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Change) ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Change) เฉพาะส่วนที่เป็นพลังงานสูญเสียที่ลดลงและค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เมื่อมีค่าต่ำกว่า 0.85

2.3.1.2 ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

ระบบนี้ใช้เพื่อให้ความสว่างในสถานที่ใช้งาน ความสว่างของแสงไฟนั้นขึ้นอยู่กับสถานที่ที่จะใช้งาน ไฟฟ้าแสงสว่างบางครั้งก็ใช้สำหรับการตกแต่งเช่น ดวงโคมระย้าในห้องจัดเลี้ยงหรือบริเวณโถงต้อนรับของโรงแรม พลังงานไฟฟ้าใช้สำหรับการส่องสว่างนั้นจากการสำรวจอยู่ระหว่าง 10-20% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร

หลักการสำคัญในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างคือ การใช้ไฟแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นั่นคือแทนที่จะใช้วิธีปิด-เปิดไฟเป็นบางดวงนั้น ควรจัดระบบไฟแสงสว่างให้ใช้ได้อย่างเต็มที่และตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป ซึ่งมีแนวทางและวิธีปฏิบัติดังนี้

<u>มาตราการที่ไม่ต้องมีการลงทุน</u>

1. เลือกวิธีให้แสงสว่างที่ตรงกับความต้องการ

วิธีให้แสงสว่างต้องคำนึงถึงลักษณะของกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ การให้แสงแบบเท่ากันตลอดและการให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่นระดับความสว่างที่ต้องการ ระดับการใช้สายตา ความสะดวกในการซ่อมบำรุง ความสะดวกในการติดตั้ง ความสบายตาและปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ เมื่อมองในแง่การประหยัดพลังงานแล้ว ควรเลือกใช้วิธีการส่องสว่างทั้ง

สองแบบร่วมกัน ซึ่งสามารถใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากันในการให้ความสว่างที่สูงกว่าและสภาพแวดล้อมที่ดีกว่าได้ แต่ต้องระวังไม่ให้ความสว่างที่บริเวณต่างๆต่างกันมากกว่า 10 เท่าตัว

2. การควบคุมการทำงานและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องทำให้เหมาะสม

ไฟแสงสว่างที่ติดทางด้านนอกของตัวอาคารถ้าใช้ระบบปิดแบบอัตโนมัติหรือตั้งเวลาได้ก็จะเป็นการดี

ก) การทำความสะอาดตัวหลอดและอุปกรณ์ และทำการเปลี่ยนหลอดทุกๆช่วงเวลาที่เหมาะสม

ข) บริเวณที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้และไม่ต้องการแสงจากหลอดไฟ ให้ติดสวิทซ์ที่สามารถเปิด-ปิดแบบง่ายๆและใช้งานได้สะดวกเช่น แยกสายและสวิทซ์ของหลอดไฟแนวริมหน้าต่างออกจากแนวอื่น

ค) วงจรของหลอดไฟต้องแบ่งตามบริเวณที่ใช้งานเหมือนกัน ไม่เช่นนั้นเมื่อมีการทำงานจะต้องเปิดไฟในส่วนที่ไม่จำเป็นด้วย

ง) ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ การดับไฟโดยการถอดหลอดออกจะมีผลเสียคือ ขั้วรับหลอดจะเป็นสนิมและมีการสูญเสีย ขณะไม่มีโหลดที่บัลลาสต์ ฉะนั้นควรติดหลอดไว้แล้วติดสวิทซ์ไว้ทางด้านปฐมภูมิของอุปกรณ์แล้วทำการปิดอุปกรณ์ทั้งชุด

จ) กรณีที่ความสว่างตามตำแหน่งต่างๆสูญเสียความสม่ำเสมอ ให้ใช้อุปกรณ์ส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งติดตั้งระหว่างอุปกรณ์ส่องสว่างที่เป็นพื้นอย่างเหมาะสม เพื่อปรับปรุงให้ความสว่างใกล้เคียงกัน

3. การใช้แสงสว่างในเวลากลางวัน (Day light) ให้เป็นประโยชน์

ในเวลากลางวันห้องที่สามารถรับแสงธรรมชาติจากภายนอกทางหน้าต่างได้ก็ให้ใช้แสงนั้นให้เป็นประโยชน์และติดสวิทซ์เฉพาะสำหรับปิดไฟดวงที่อยู่ริมหน้าต่าง เพื่อให้ประหยัดพลังงานส่วนนั้นไป ปริมาณของแสงธรรมชาติเข้าทางหน้าต่างนั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดของหน้าต่าง ตำแหน่ง ทิศทาง ฤดูกาล สภาพอากาศและเวลาเป็นอย่างมาก ฉะนั้นควรมีระบบการให้แสงสว่างจากหลอดไฟเสริมให้ได้ความสว่างตามความต้องการของงาน

4. การเดินสายและการเปิด-ปิดสวิทซ์ต้องเป็นวิธีที่สะดวก

การเลือกใช้วิธีเปิด-ปิดไฟให้เหมาะกับความต้องการจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วิธีใดก็ตามจะออกแบบระบบการเดินสายให้ผู้ใช้สามารถใช้สวิทซ์เปิด-ปิดไฟได้สะดวก

ก) วิธีปิดทั้งหมด ในช่วงเวลาพักเที่ยงหรือช่วงเลิกงาน โดยการตัดไฟทั้งหมดที่สายไฟหลัก

ข) การปิดไฟเป็นบางส่วน เป็นการเปิดไฟเฉพาะพื้นที่ที่ไม่มีการใช้งาน

- บริเวณที่ใช้แสงธรรมดาได้เช่น ที่ริมหน้าต่างเป็นต้น
- บริเวณที่ไม่ใช้ในช่วงสั้นๆเช่น ไฟส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งที่เครื่องจักรเป็นต้น

ในการออกแบบการเดินสายไฟเพื่อให้ได้ผลในการประหยัดพลังงานควรคำนึงถึง บริเวณที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้และไม่ต้องการแสงจากหลอดไฟ ให้ใช้สวิทช์ที่สามารถเปิด-ปิดแบบง่ายๆและใช้งานได้สะดวกเช่น แยกสายไฟและสวิทช์ของหลอดไฟ แนวริมหน้าต่างจากแนวอื่น หรือถ้าจะให้ดีติดสวิทช์สำหรับทุกหลอดก็จะดี

และการใช้วิธีดับไฟบางดวงนั้น ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์การดับๆไฟโดยการถอดหลอดออกจะมีผลเสียคือขั้วรับหลอดจะเป็นสนิมและมีการสูญเสีย ขณะไม่มีโหลดที่บัลลาสต์ ฉะนั้นควรติดหลอดไว้แล้วติดสวิทช์ไว้ทางด้านปฐมภูมิของอุปกรณ์แล้วทำการปิดอุปกรณ์ทั้งชุด

กรณีที่ความสว่างตามตำแหน่งต่างๆสูญเสียความสม่ำเสมอ ให้ใช้อุปกรณ์ส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งติดตั้งระหว่างอุปกรณ์ส่องสว่างที่เป็นพื้นอย่างเหมาะสม เพื่อปรับปรุงให้ความสว่างใกล้เคียงกัน

5. ปิดไฟทุกครั้งเมื่อไม่ต้องการใช้แม้ว่าจะเป็นช่วงที่ไม่ต้องการใช้ระยะเวลาสั้นๆ

<u>มาตราการที่มีการลงทุน</u>

1. การเลือกใช้หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม

การเลือกใช้หลอดไฟต้องเลือกชนิดที่ให้ความสว่างเหมาะสมกับงานและพื้นที่ที่ใช้งาน โดยเลือกหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่อดวงต่ำที่สุด นอกจากนั้นการจัดให้ช่วงเวลาเปิดไฟสั้นลง การเพิ่มปริมาณฟลักซ์ของแสงต่อดวง การเพิ่มสัมประสิทธิ์ การใช้แสงสว่าง (Coefficient of Utilization) และสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance Factor) จะทำให้สามารถลดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ลงได้ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง (Coefficient of Utilization) คืออัตราส่วนของฟลักซ์ของแสงที่ตกบนพื้นที่ทำงานกับฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่างจะขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง ดัชนีการสะท้อนแสงของเพดาน ฝาผนังและพื้นที่ซึ่งถ้าการสะท้อนยิ่งมาก สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่างก็ยิ่งสูง

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษานั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับการเสื่อมสภาพของตัวหลอดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการทำความสะอาดอุปกรณ์ ถ้าไม่ทำความสะอาดอุปกรณ์ค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษาต่ำ หมายถึงต้องใช้จำนวนหลอดมากขึ้นและใช้ไฟมากขึ้น

นอกจากนั้นการใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิผลต่อการส่องสว่าง (Iumonous Efficacy) สูง ติดที่ตำแหน่งที่จำเป็นและเปิดในเวลาที่จำเป็นเท่านั้น และเพื่อที่จะให้ทำเช่นนั้นได้การเดินสายไฟและติดตั้งสวิทช์เปิด-ปิดควรอยู่ในบริเวณนั้นด้วย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการส่องสว่างของหลอดชนิดต่างๆเพื่อใช้ในการปรับปรุงการใช้กำลังไฟฟ้าทางด้านแสงสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด		กำลังไฟฟ้าของหลอด (W.)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm.)	กำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ (W.)	ประสิทธิภาพของการส่องสว่าง (lm./w)
หลอดไส้ (Incandescent lamp)		100	1520	100	15
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (สีขาว)	แบบทั่วไป	40	3100	53	58
	แบบประหยัดพลังงาน	38	3100	51	61
หลอดแสงจันทร์ (Mercury Fluorescent lamp)	แบบทั่วไป	400	22000	430	51
	แบบประหยัดพลังงาน	375	22000	396	56
หลอดเมตัลฮาไลด์ (แบบใช้บัลลาสต์ของหลอดไอปรอทได้)		400	31000	430	72
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	แบบทั่วไป	360	47500	390	122
	แบบความสามารถในการเห็นสีได้ถูกต้อง	360	41000	390	105

ที่มา: โมะโตะกิ มัทซึโอะ. เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้า. สีทองกิจไพศาล: กทม. 2525

ในการออกแบบ ต้องคำนึงถึงความต้องการทางด้านแสงที่มีอยู่ จึงควรเลือกชนิดของหลอดไฟโดยคำนึงถึงสีของแสง (Light Colour) และฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) ของหลอด

การส่องสว่างจะมีผลดีต้องเลือกใช้วิธีส่องสว่างที่เหมาะสมกับงาน โดยให้มีคุณภาพดีและการเลือกใช้อุปกรณ์ร่วมที่มีประสิทธิภาพสูงก็เป็นเรื่องจำเป็นเช่นกัน ซึ่งควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆต่อไปนี้

ก) เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูง คือเป็นแบบที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (Reflectance Coefficient) สูงและสัมประสิทธิ์การส่งผ่านสูง (Transmittance Coefficient)

ข) เลือกอุปกรณ์ที่มีการออกแบบดีเหมาะกับงานที่ต้องการ

ค) เลือกอุปกรณ์ที่ทำความสะอาดง่ายและการเปลี่ยนหลอดทำได้ง่าย

ง) หลอดที่ใช้ในการส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งไฟมักจะเข้าตาง่าย เพราะฉะนั้นต้องติดโคมสะท้อนแสง ตะแกรงหรือฝาครอบให้เหมาะสม

จ) เลือกอุปกรณ์ที่ใช้กำลังไฟน้อย

ฉ) เลือกอุปกรณ์ที่สามารถใช้ความร้อนที่เกิดจากหลอดให้เป็นประโยชน์ ซึ่งจะทำให้สามารถลดพลังงานที่ต้องใช้ในการปรับอุณหภูมิห้องให้สูงขึ้นได้ การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับสภาพโครงสร้างของอาคาร

2. ติดตั้งวงจรควบคุมแสงสว่างเพิ่มขึ้น สามารถทำให้ปิด-เปิดวงจรแสงสว่างในพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้งานได้สะดวก

ในการออกแบบวงจรจะต้องออกแบบให้มีสวิทซ์ปิด-เปิดควงโคมหรือสามารถเลือกปิด-เปิดในตำแหน่งต่างๆภายในห้องให้อิสระต่อกันมากขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปิดควงโคมในบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานหรืออาจจะปิดบางโคมที่ไม่ต้องการออกไป เพื่อที่จะลดพลังงานสูญเสียไปเฉยๆในส่วนที่ไม่ได้ใช้งานซึ่งจะเป็นการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับตำแหน่งของสวิทซ์ถ้าสามารถออกแบบให้อยู่ใกล้ประตูหรืออยู่ในตำแหน่งที่สามารถปิด-เปิดได้สะดวก ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้คนปิดสวิทซ์ไฟหลังจากเลิกใช้งาน ส่วนตำแหน่งของสวิทซ์ที่ใช้ไม่สะดวกจะไม่มีคนใช้ และห้องที่มีทางเข้า-ออกหลายทางก็ควรติดสวิทซ์ปิด-เปิดได้หลายทางด้วย

3. ติดตั้งสวิทซ์ตั้งเวลา (Timer) หรือ Time Delay Switch

ทำงานเปิด-ปิดไฟบริเวณที่ใช้ไฟบางเวลา สำหรับห้องที่ใช้งานในช่วงเวลาสั้นๆคนมักลืมเปิดไฟไว้เมื่อเลิกใช้งาน เช่นห้องเก็บเอกสาร ห้องเก็บของ เก็บหนังสือ ห้องน้ำส่วนตัวการทำงานของสวิทซ์จะมีอยู่สองแบบ แบบแรกจะทำงานตามเวลาที่ได้ตั้งเอาไว้และแบบที่สองจะเปิดสวิทซ์โดยใช้มือและใช้เวลาที่ตั้งไว้เป็นตัวปิด แบบแรกนั้นนิยมใช้กับห้องที่รู้ระยะเวลาการทำงานตลอดทั้งวันเป็นเวลาที่ค่อนข้างแน่นอน แบบที่สองสวิทซ์จะเริ่มทำงานตั้งแต่เราเปิดสวิทซ์และถึงเวลาที่ตั้งไว้ก็จะปิดเองโดยอัตโนมัติ สวิทซ์ตั้งเวลาแบบนี้มีทั้งใช้ระบบอิเล็กทรอนิคและใช้ลาน การใช้ระบบอิเล็กทรอนิคจะมีพลังงานส่วนหนึ่งซึ่งสวิทซ์นี้จะต้องใช้ไป สำหรับสวิทซ์อีกแบบซึ่งใช้ปิดหลอดไฟในช่วงเวลาสั้นหลังจากเปิดสวิทซ์ไว้แล้วเราเรียกว่า Time Delay Switch

4. ติดตั้งสวิทซ์แสงแดด (photo Cell Switch) หรือสวิทซ์ตั้งเวลา (Timer)

สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดควงโคมที่ติดตั้งอยู่นอกอาคาร เพื่อป้องกันการลืมปิดไฟที่ถูกเปิดทิ้งไว้จนถึงเวลากลางวัน ซึ่งทำให้มีการใช้พลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ในช่วงเวลากลางวัน สวิทซ์แสงแดดเป็นสวิทซ์ควบคุมการเปิด-ปิดไฟอย่างอัตโนมัติโดยอาศัยแสงอาทิตย์ สามารถใช้เปิดไฟรอบอาคาร ไฟสนาม ไฟส่องอาคาร ไฟรั้ว ไฟลานจอดรถนอกอาคาร รวมทั้งไฟเพื่อการรักษาความปลอดภัยเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าและจะปิดไฟเมื่อเริ่มวันใหม่ที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ

5. ติดตั้งเครื่องปรับระดับแสงสว่าง (Dimmer)

บริเวณห้องที่ใช้สำหรับงานอเนกประสงค์ซึ่งบางครั้งก็ต้องการแสงสว่างมาก แต่บางครั้งก็ต้องการแสงสว่างน้อยหรือห้องที่มีการใช้แสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาช่วยให้แสงสว่างภายในระดับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ตามธรรมชาติจะเปลี่ยนไปไม่แน่นอน ห้องดังกล่าวนี้ควรนำอุปกรณ์ปรับระดับแสงสว่างมาช่วยในการปรับระดับแสงสว่างให้เหมาะสมสำหรับกิจกรรมแต่ละแบบที่

ต้องการแสงสว่างไม่เท่ากัน จะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานลงด้วยการลดปริมาณแสงในยามที่ไม่ต้องการแสงสว่างมากนัก หรือช่วงที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติภายนอกมาช่วย เช่นห้องประชุม

6. ควรมีแผ่นสะท้อนแสงที่ควงโคม

แผ่นสะท้อนแสงที่มีผิวสะอาด มันเป็นเงาและต้องมีมุมสะท้อนที่ถูกต้องทำให้แสงสว่างมารวมกันในบริเวณที่ต้องการ ผลที่ตามมาก็คือไม่ต้องใช้หลอดไฟที่มีวัตต์สูงหรือใช้หลอดไฟน้อยลงกว่าเดิมได้เพราะมีแสงสว่างเพียงพอ

7. คำนวณและเลือกขนาดสายไฟให้มีความสูญเสียต่ำ

ทำได้โดยการเพิ่มขนาดสายให้โตขึ้น เนื่องจากสายมีความต้านทานต่ำกว่า จึงทำให้สามารถลดความสูญเสีย เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าตกและลดค่าไฟฟ้าลงได้ อย่างไรก็ตามยังไม่การศึกษาว่าจะคุ้มกับการลงทุนหรือไม่ เพื่อหาจำนวนสายป้อนและขนาดของสายป้อนให้เหมาะสม ก็จะมีส่วนช่วยในการประหยัดไฟฟ้าได้

2.3.1.3 ระบบไฟฟ้าเครื่องกล

1) ระบบปรับอากาศ

ระบบนี้สามารถปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้พอเหมาะทำให้ผู้อยู่ในอาคารสามารถประกอบภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่เป็นระบบที่สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้ามาก

การออกแบบอาคารเกือบทุกประเภทที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อจุดประสงค์ในการลดอุณหภูมิ เราจึงควรทำให้ใช้งานได้ทั้ง 2 ระบบคือ เมื่อไม่ต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศหรืออากาศภายนอกไม่ร้อน ก็สามารถเปิดหน้าต่างรับลมธรรมชาติช่วยในการลดความร้อนได้

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับอากาศ</u>

1. การตอบสนองของร่างกายต่อสภาพแวดล้อม โดยปกติร่างกายจะระบายอากาศด้วยวิธีคายความร้อนและการระเหยจากผิวหนังเป็นหลัก ดังนั้นอุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วอากาศจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการระบายความร้อนออกจากร่างกาย

2. ความสบาย ความรู้สึกร้อน-หนาวของคน ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย 3 ประการคือ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วอากาศ จึงมีการกำหนดดัชนีขึ้นมาเพื่อวัดความรู้สึกร้อน-หนาวของคนเรียกอุณหภูมิประสิทธิผล (Effective Temperature –E.T.) ซึ่งเป็นดัชนีแสดงอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วอากาศและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อร่างกาย สเกลอุณหภูมิประสิทธิผลคือสเกลอุณหภูมิอิ่มตัวของอากาศในช่วงที่ลมสงบ หรือช่วงเวลาที่พิจารณาอุณหภูมิอากาศอาจมีภาวะต่างกัน จากการวิจัยของ ASHRAE ได้ผลว่าคนส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิประสิทธิผลประมาณ 71°F E.T. (อุณหภูมิประสิทธิผลแสดงบนเส้นความชื้นสัมพัทธ์ที่ 10 และ 100%) ต่อมาพบว่าอุณหภูมิประสิทธิผลเน้นอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อความสบายของคนมากเกินไป ต่อมาพบว่าการออกแบบภายในเพื่อการปรับอากาศที่ 78-80°F ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ที่ความเร็วอากาศ 25-70 ฟุตต่อนาที

3. ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ เป็นการกำหนดขีดความบริสุทธิ์ของอากาศภายในห้องปรับอากาศโดยอาศัยการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องที่อาจปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง ควัน กลิ่นและก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อเจือจางสิ่งปนเปื้อน ในกรณีที่ภายในห้อง ไม่มีการสูบบุหรี่ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 5-30 cfmต่อคน แต่ถ้าหากสูบบุหรี่ ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 15-50 cfmต่อคน

<u>การคำนวณภาระปรับอากาศ (Cooling Load)</u>

1. <u>การคำนวณภาระทำความเย็น (Cooling Load) โดยวิธี Tranfer Function Method</u> เป็นวิธีการคำนวณซึ่งตั้งบน 2 แนวคิดคือ Conduction Transfer Function (CTF) และ Weighting Factor (WF) โดยมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1.1 คำนวณการถ่ายเทความร้อน (Heat Gain) เข้าสู่อาคารในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้วิธี CTF เป็นหลักในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง เพื่อหาการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่อาคารในช่วงเวลาหนึ่งๆ

1.2 พิจารณาคุณสมบัติของกรอบอาคารส่วนทึบแสงที่พิจารณา เพื่อหาค่า CTF สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

1.3 ใช้ค่า Sol-air Temperature ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง

1.4 ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

1.5 ใช้ค่า Solar Heat Gain Factor ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสงโดยแยกการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนคือ Transmitted Solar Heat Gain (TSHG) และ Absorbed Solar Heat Gain (ASHG

1.6 เมื่อคำนวณการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา แล้วใช้วิธี Weighting Factor เพื่อแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ให้เป็นภาระการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา โดยคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ภายในอาคาร

2. <u>การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Total Equivalent Temperature Difference/Time Averaging (TETD/TA)</u>

เป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยวิธี TETD และใช้วิธีคำนวณแบบ TETD และใช้วิธีคำนวณแบบ Time Averaging ในการเปลี่ยนจากการถ่ายเทความร้อนไปเป็นภาระการทำความเย็นอีกครั้ง มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

2.1 ให้ค่า Sol-air Temperature ในแต่ละช่วงเวลาประกอบกับคุณสมบัติของกรอบอาคาร เพื่อคำนวณหาค่า TETD สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง

2.2 ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

2.3 ใช้ค่า Solar Heat Gain Factor (SHGF) ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารโปร่งแสง แต่ไม่ได้คำนวณแยกเป็น 2 ส่วนคือ การส่องผ่าน (Transmitted) และการดูดกลืน (Absorbed) ความร้อน เช่นเดียวกับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Transfer Function Method

2.4 ใช้วิธี Time Average ในการแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนช่วงเวลาต่างๆเป็นภาระการทำความเย็นโดยการคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบต่างๆทางสถาปัตยกรรมภายในอาคาร

3. <u>การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF)</u>

เป็นวิธีที่ดัดแปลงจากวิธี Transfer Function Method โดยพัฒนาให้มีขั้นตอนในการคำนวณที่ง่ายขึ้น โดยข้ามขั้นตอนของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ไปเป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยตรง มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1.1 พิจารณาอาคารส่วนทึบแสง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร (U) พื้นที่ผิวและค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น (Cooling Load Temperature Difference) เพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง

1.2 พิจารณากรอบอาคารส่วนโปร่งแสงและพื้นที่ผิวของกรอบอาคารในส่วนที่พิจารณาและใช้ร่วมกับค่า CLTD ที่กำหนดให้เพื่อนำไปใช้คำนวณภาระการทำความเย็นผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

3.3 พิจารณาองค์ประกอบต่างๆทางสถาปัตยกรรมภายในอาคาร เพื่อนำไปหาค่า Solar Cooling Load (SCL) และค่า Cooling Load Factor (CLF) สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสงและการคำนวณภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนต่างๆภายในอาคาร โดยคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบต่างๆของสถาปัตยกรรมในอาคาร

จาก ASHRAE Fundamental Handbook (Si) 1997 จากการคำนวณภาระปรับอากาศ (Cooling Load) โดยวิธี CLTD/SCL/CLF แบ่งเป็น External Cooling Load, Internal Cooling Load และ Ventilation and Infitration มีรายละเอียดดังนี้

1. External Cooling Load

<u>การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนผ่าน ผนัง หลังคา และ กระจกช่องแสง</u>

สมการในการคำนวณ $q = UA(CLTD)$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ(W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (W/m^2-K)

A = พื้นที่ผิวที่พิจารณา(m^2)

$CLTD$ = cooling load temperature diference ($^{\circ}C$)

ค่า cooling load temperature diference(CLTD) จะแปรไปตามละติจูดและช่วงเวลาในการใช้งานในอาคาร

<u>การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดความร้อนเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกช่องแสง</u>

สมการในการคำนวณ $q = A(SC)$(SCL หรือ SF)

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

SC = shading coefficient ของวัตถุตัวกลาง

SCL = solar cooling facter หาจากตารางในภาคผนวก ก.

SF = solar heat gain facter หาจากตารางในภาคผนวก ก.

ค่า solar cooling facter (SCL) จะแปรไปตาม ละติจูดแต่ละช่วงเวลาในการใช้งานในอาคารซึ่งในกรณีของประเทศไทยจะต้องมีการพิจารณาปรับค่าแก้ตามคู่มืออนุรักษ์พลังงานในอาคารจะใช้ค่า SF แทน

<u>การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากความต่างอุณหภูมิระหว่างฉากกันห้อง ใต้ฝ้าเพดาน และพื้น</u>

สมการในการคำนวณ $q = UA\,(t_b - t_{rc})$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (W/m^2-K)

A = พื้นที่ผิวที่พิจารณา (m^2)

T_b = อุณหภูมิในส่วนที่ต่อเนื่องกับพื้นที่ปรับอากาศ ($^{\circ}C$)

2. Internal Cooling Load

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร

สมการในการคำนวณ $q_{sensible}$ = N (Sensible heat gain) CLF

q_{latant} = N(Latent heat gain) CLF

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

N = จำนวนผู้ใช้

CLF = cooling load facter มีค่า เป็น 1 เมื่อการใช้งาน 24 ชั่วโมง หรือ มีความหนาแน่นมาก

<u>การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ในอาคาร</u>

สมการในการคำนวณ $q_{el} = W(F_{ul})(F_{sa})CL$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

W = watt input ของอุปกรณ์ หรือระบบแสงสว่าง

F_{ul} = Iigthing use facter ของระบบแสงสว่าง

F_{sa} = spacial allowence facter ของอุปกรณ์ หรือระบบแสงสว่าง

หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ใช้ค่าประมาณ 1.2

หลอดไฟฟ้าอินเคนเดสเซนต์ ใช้ค่าประมาณ 1

CLF = cooling load facter มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ตลอด 24 ชั่วโมง และ หรือมีการเปิดเครื่องปรับอากาศไม่ถึง 24 ชั่วโมง

3. Ventilation and Infiltration

ในการคำนวณจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

สมการในการคำนวณ $q_{swnsibwl} = 1.23\ V\ (t_o - t_i)$ ---------- 1

$q_{latent} = 3010\ V\ (w_o - w_i)$ ---------- 2

$q_{total-} = 1.20\ V\ (h_o - h_i)$ ---------- 3

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ(W)

V = ความเร็วลม L/S

t_o, t_i = อุณหภูมิอากาศภายนอก/ภายใน ตามลำดับ ($^{\circ}C$)

w_o, w_i = humidity ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ kg(water)/(kg(dry air)

h_o, h_i = enthalpy ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ kj/kg(dry air)

<u>อิทธิพลจากการรั่วไหลอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องและอากาศที่ระบายจากห้อง ต่อความร้อนที่เกิดภายในอาคาร(INFILTRATIION & VENTIRATION)</u>

การรั่วไหลอากาศ หรือ Infilration หมายถึง อากาศจากภายนอกอาคารที่ไหลผ่านช่องว่างระหว่างกรอบและบานหน้าต่าง-ประตู เข้ามาในห้องที่ต้องการปรับอากาศ

อากาศที่ระบาย หรือ Ventilation หมายถึงอากาศจากภายนอกที่เข้ามาภายในห้องปรับอากาศด้วยความตั้งใจโดยผ่านภาระที่อุปกรณ์จ่ายลมเย็น (air handing epuipment)

สำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นเนื่องจากอากาศภายนอกแห้งเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าอากาศในห้องปรับอากาศ เมื่อมีลมเข้ามาปะทะอาคารความดันภายนอกอาคารด้านลมปะทะจะสูงกว่าด้านภายในห้อง ดังนั้นอากาศนอกห้องจึงถูกดันผ่านช่องเปิดหรือ

ประตูต่างๆเข้าสู่ภายในอาคาร ปริมาณอากาศที่รั่วเข้าในห้องจะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศ หรือความเร็วลมนอกห้อง

อากาศที่รั่วไหลเข้ามาในห้องจะพาความร้อนทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเข้ามาในห้องซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระปรับอากาศถายใน คำนวณความร้อนทั้ง 2 ประเภท ได้ดังสมการ 1, 2 และ 3 ในเรื่อง Infiltration และ Ventilation

ดังนั้นยิ่งอาคารที่รอยร้าวหรืออัตราส่วนประตู-หน้าต่างอาคารมาก มีรอยรั่วมาก ก็มีโอกาสเกิดการ Infiltration ได้สูง ทำให้ภาระการทำความเย็นในอาคารปรับอากาศเพิ่มขึ้นได้

การคำนวณปริมาณอากาศที่รั่วเข้าอาคารสามารถคำนวณอย่างง่ายได้จากวิธี Crack Method ที่คำนวณด้วยการประมาณความกว้างรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับลักษณะของอาคารหรือช่องเปิดว่ามากน้อยเท่าไหร่ ซึ่งสามารถวัดได้จากอาคารจริงหรือการประมาณค่าจากแบบอาคารแล้วนำมาคำนวณหาค่าอัตราอากาศรั่วไหลเข้าอาคาร

<u>ความร้อนเนื่องจากดวงไฟแสงสว่าง</u>

เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในอาคารอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญก็คือ ระบบการให้แสงสว่างในอาคาร แต่วิธีที่จะคำนวณค่าปริมาณความร้อนอันเนื่องจากระบบแสงสว่างนั้นจะต้องมีวิธีที่ต่างจากการใช้พลังงานในระบบอื่น ASHRAE Fundamental hand book (SI) (1997) ระบุว่า

ภาระการทำความเย็นเนื่องจากระบบแสงสว่างบางส่วนจะเกิดจากการพาความร้อนซึ่งเป็นความร้อนที่เครื่องปรับอากาศจะสามารถจับหรือทำความสะอาดก็ต่อเมื่อ พื้นผิวของบริเวณที่ปรับอากาศได้แก่ พื้น ผนัง ฝ้าเพดานและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมภายในมีการสะสมความร้อนจากการแผ่รังสี และแผ่รังสีให้แก่สภาพแวดล้อม ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนให้แก่พื้นที่ในเวลาที่มากหรือน้อยต่างกันเนื่องจากลักษณะการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ของวัสดุ ซึ่งทำให้บางส่วนของพลังงานความร้อนเนื่องจากระบบแสงสว่างยังเกิดการแผ่รังสีขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะปิดไฟฟ้าแสงสว่างแล้วก็ตาม

<u>การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น (COP และ EER)</u>

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะต่างจากเครื่องยนต์ชนิดอื่นคือ แทนที่จะผลิตกำลังงาน ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการทำความเย็นที่ใช้ประโยชน์ได้ กับกำลังงานที่ป้อนเข้าไปในเครื่องสามารถพิจารณาได้ 3 แบบ คือ Coefficient of Performance (COP), Energy Input Ratio (EIR) และ Energy Efficiency Ratio (EER) มีรายละเอียดดังนี้

Coefficient of Performance (COP) เป็นอัตราส่วนกำลังระหว่างความร้อนที่เครื่องปรับอากาศสามารถดึงออกไปได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อนดึงความร้อนดังกล่าว โดยมีหน่วยของพลังงานเป็นหน่วยเดียวกัน

$$COP = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่เครื่องสามารถดึงออก (Watt)}}{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (Watt)}}$$

Energy Input Ratio (EIR) เป็นส่วนกลับของ COP

$$EIR = \frac{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (Watt)}}{\text{พลังงานความร้อนที่เครื่องสามารถดึงออก (Watt)}}$$

Energy Efficiency Ratio (EER)

เป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการทำความเย็นดังกล่าวโดยมีหน่วยในการเปรียบเทียบที่ต่างกัน

$$EER = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr.)}}{\text{พลังงานที่ใช้ (Watt)}}$$

ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่จะมีอุปกรณ์หลายตัวประกอบขึ้นเป็นระบบ ซึ่งแต่ละตัวก็มีความสำคัญแตกต่างกันไปตามหน้าที่ของอุปกรณ์และมีสัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์หลักแยกตามระบบได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 สัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลักในแต่ละระบบ

WATER COOLED WATER CHILLER		AIR COOLED WATER CHILLER		WATER COOLED PACKAGED	
EQUIPMENT	%	EQUIPMENT	%	EQUIPMENT	%
CHILLER	50-60	CHILLER	75-85	COOLING TOWER	5-10
COOLING TOWER	4-8	PUMP	5-10	PUMP	10-15
PUMP	15-25	AHU	10-20	PACKAGE	75-85
AHU	15-25				

จากสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละระบบจะเห็นได้ว่า ส่วนที่ใช้พลังงานสูงสุดคือส่วนที่มีเครื่องอัดสารทำความเย็น ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจของระบบปรับอากาศ หากเราควบคุมการใช้งานชุดอัดสารทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงสุดก็เท่ากับว่าเราควบคุมระบบได้มากกว่าครึ่งแล้ว

ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่จะมีอุปกรณ์หลายตัวประกอบขึ้น

หลักสำคัญในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน

เพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน จำเป็นต้องปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยใช้พลังงานไฟฟ้าดังต่อไปนี้

1. จัดการปรับอากาศโดยรักษาอุณหภูมิและความชื้นที่พอสบายพร้อมทั้งมีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม

1) ต้องลดภาระการปรับอากาศโดยป้องกันไม่ให้อุณหภูมิต่ำเกินไป ป้องกันแสงอาทิตย์โดยตรงโดยการใช้กันสาด นอกจากนี้ยังอาจใช้กระจกกรองแสงและการเพิ่มฉนวนให้ตัวอาคารเป็นต้น

2) ลดการสูญเสียความร้อนโดยการหุ้มฉนวนท่อลมเป็นต้น

2. มีการระบายอากาศให้เพียงพอ เพื่อป้องกันการสะสมกาซและติดตั้งอุปกรณ์ดูดฝุ่นละอองที่เหมาะสม

แนวทางและวิธีปฏิบัติแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

<u>มาตราการที่ไม่ต้องมีการลงทุน</u>

1. จัดระบบให้เครื่องทำความเย็น (Chiller) ทำงานเป็นช่วงๆสลับกันและให้สัมพันธ์กับภาวะความต้องการความเย็นภายในอาคาร แนวทางนี้จะประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณร้อยละ 20 ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ

2. ปรับความเย็นให้อยู่ในระดับที่ต้องการ อย่าให้เย็นเกินไป โดยกำหนดเป้าหมายอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัทในการทำความเย็น 25 °C ในการเปลี่ยนแปลงการปรับตั้งอุณหภูมิภาระของระบบปรับอากาศจะลดลงดังนี้

จาก 24°C เป็น 25°C ภาระการทำความเย็นจะลดลงประมาณร้อยละ 10[7]

3. การควบคุมปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามา ถ้าปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามามีมากเกินไป พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศจะมากขึ้นตามด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณหาค่าปริมาณอากาศภายนอกที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดให้มีไม่เกินร้อยละ 0.1 หรือหมายความว่าจำเป็นจะต้องถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้ามาไม่ต่ำกว่า 20-30 ลบ.ม./ชม. ต่อบุคคลที่อยู่ในห้อง 1 คน แต่สำหรับเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปปริมาณอากาศจากภายนอกที่ดูดเข้ามาคงที่ ดังนั้นในกรณีที่มีบุคคลน้อยจึงเกิดการสูญเปล่า เนื่องจากดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาเกินความจำเป็น

4. ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศด้านหน้าและแผ่นระบายความร้อนด้านหลังทุกเดือน ถ้าคอนเดนเซอร์ซึ่งใช้กับเครื่องทำความเย็นมีสิ่งสกปรก หรือตะกรันน้ำจับเกาะผิวส่งผ่านความร้อนซึ่งจะขัดขวางการแลกเปลี่ยนความร้อน ความดันใช้งานของด้านความดันสูงจะสูงขึ้นในที่สุดสวิทซ์ป้องกันความดันสูงจะทำงาน ทำให้ไม่อาจเดินเครื่องอัดก็จะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่มำให้เครื่องชำรุดได้ง่าย สำหรับการสิ้นเปลืองพลังงาน เมื่อความดันสูงขึ้น ประ

---

[7] จากการศึกษาของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์

สิทธิภาพเชิงปริมาตรจะลดต่ำลง เวลาเดินเครื่องจึงนานขึ้น ตามส่วนของการลดต่ำลงของขีดความสามารถในการทำความเย็น จึงสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

วิธีการทำความสะอาดสำหรับระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ให้ใช้น้ำยาโดยเฉพาะฉีดพ่นเข้าไปแล้วล้างด้วยน้ำ สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำยา อาจใช้น้ำยาทำความสะอาดในหอผึ่งเย็น หรือทำความสะอาดโดยใช้แปรงก็ได้

5. ควรติดตั้งให้สูงจากพื้นพอสมควรเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่จะให้อากาศหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ และควรหลีกเลี่ยงอย่าให้เครื่องได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์

มาตราการที่มีการลงทุน

1. ใส่ฉนวนบุเพดานซึ่งจะสามารถลดกำลังการใช้ระบบปรับอากาศลงได้ 1 ตันความเย็นต่อพื้นที่ 100 ตารางเมตร

2. ใส่กระจก 2 ชั้นที่ช่องเปิดเพื่อลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องกระทบกระจกอาคาร ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศและลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร

3. ติดตั้ง Heat Exchanger ventilator ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานของการระบายอากาศด้วยการใช้อากาศเป็นตัวระบายออกไป โดยการถ่ายเทความเย็น (Cooled Exchanger Air) ให้กับอากาศร้อนที่นำเข้ามา (Warm Fresh Air)

4. AC. Adjustable Frequency Drive ปัจจุบันการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency) ทางไฟฟ้า เพื่อให้มอเตอร์ทำงานที่จุดประสิทธิภาพสูง ในระบบปรับอากาศมีอุปกรณ์มอเตอร์ขับอยู่หลายชนิด เช่นเครื่องสูบน้ำ พัดลมของเครื่องส่งลมเย็น ตลอดจนถึงเครื่องทำน้ำเย็นแบบพัดลมหอยโข่ง (Centrifugal) เป็นต้น

5. Variable Air Volumn System อาคารทั่วไปจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทางทิศตะวันออกในตอนเช้าและได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทางทิศตะวันตกในตอนบ่าย ดังนั้นมนตอนเช้าหากสามารถให้เครื่องส่งลมเย็นมายังทิศตะวันออกและทางทิศตะวันตกในตอนบ่ายเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้เกิดความสบายแก่ผู้ใช้สอยอาคารมากกว่าที่จะให้ร้อนหรือเย็นเกินไปขณะถูกแสงอาทิตย์ จึงได้มีการพัฒนาการใช้ระบบการจ่ายลมเย็นให้คงที่ (Variable Air Volumn System) ซึ่งในหลักการก็จะควบคุมอุณหภูมิในแต่ละบริเวณให้ใกล้เคียงกัน โดยจ่ายลมเย็นให้กับบริเวณที่ร้อนมากขึ้น

6. ม่านกั้นแสงสำหรับกระจกหน้าต่างของอาคาร เป็นการช่วยลดปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกหน้าต่างของอาคารเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งไม่ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเสียไป

7. แผ่นสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นแผ่นวัสดุสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่จะผ่านเข้ามาในอาคารโดยเฉพาะจากชั้นหลังคาเพื่อช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารได้

8. ฉนวนใยแก้วเป็นวัสดุช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศประโยชน์ใช้สอย เช่นบุหลังคาหรือผนัง เพื่อช่วยลดความร้อนจากแสงอาทิตย์

9. ใช้เครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูงสำหรับอาคารขนาดใหญ่ซึ่งสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจาก 1.5 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น เป็น 1.35 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

10.ติดตั้งอุปกรณ์บังแสงชนิดปรับมุมตามแนวนอน ซึ่งจะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในขณะที่มีแสงอาทิตย์ได้ร้อยละ 15

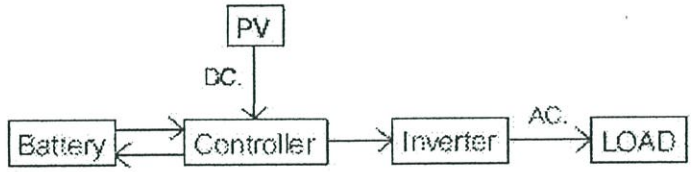
2) มอเตอร์ของอุปกรณ์ต่างๆและปั๊มน้ำ

การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (Variable Speed Drives: VSD) เป็นอุปกรณ์เสริมที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในขบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปั๊มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่ อุปกรณ์ VSD ใช้เทคโนโลยีแบบ Voltage Vector Control ทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมไม่ให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนในตัวมอเตอร์และมีอุปกรณ์กำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องป้องกันการรบกวนสัญญาณควบคุมและยังส่งผลดีในการประหยัดพลังงานอีกด้วย

VSD ได้ใช้แพร่หลายในทางอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวยการผลิตและลดต้นทุนและงานทั่วไปในระบบปั๊มน้ำและระบบปรับอากาศที่มีมอเตอร์เช่น ควบคุมปั๊มน้ำและพัดลม ระบบปรับอากาศในโรงงานและอาคารขนาดใหญ่ ลิฟท์และบันไดเลื่อนเป็นต้น

3) การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

แบบที่ 1 ระบบผลิตไฟใช้ในอาคาร



ภาพที่ 2.27 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร

การเลือกใช้ระบบนี้ต้องทราบปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการใช้ใน 1 วัน (วัตต์) แล้วจึงคำนวณหาขนาดของ Inverter (วัตต์) ที่ต้องใช้ เมื่อได้ขนาดของ Inverter แล้วจึงหาขนาดของแบตเตอรี (A/Hr.) ที่ต้องใช้ ซึ่งขนาดของแบตเตอรีที่ได้สำหรับสะสมไฟและใช้หมดใน 1 วัน ฉะนั้นจึงต้องคำนวณขนาดแบตเตอรีสำหรับสะสมกระแสไฟไว้ใช้ 2-3 วันในระหว่างที่สภาพอากาศไม่อำนวยต่อการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อได้ขนาดของแบตเตอรีแล้ว ต้องคำนวณหาขนาดของ Controller แล้วจึงคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงรับแสงอาทิตย์ จากนั้นเราจึงหาจำนวนแผงที่ต้องการใช้ โดยเลือกว่าจะใช้แผงที่สามารถผลิตไฟได้กี่วัตต์ และในการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ทุกตัว ต้องคิดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทุกตัวด้วย

ตัวอย่างเช่น เราต้องการใช้ไฟฟ้าวันละ 42,000 วัตต์

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ต้องใช้ขนาด 42,000 วัตต์

แบตเตอรี ต้องใช้ขนาด 1,750 A/Hr.

มีประสิทธิภาพ 90% จึงต้องใช้ขนาด 1,944 ~ 1,950 A/Hr.

Controller มีประสิทธิภาพ 90% จึงต้องใช้ขนาด 52,000 วัตต์

ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

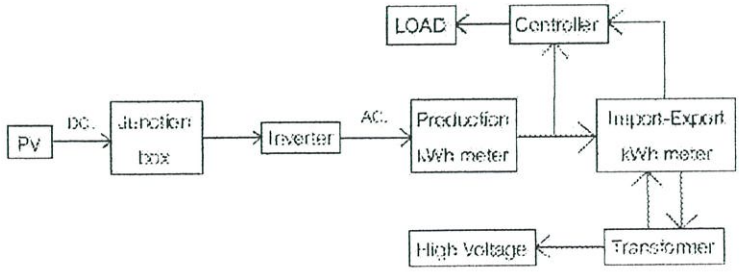
ถ้าแผงเซลล์มีประสิทธิภาพ 90% จะได้ไฟฟ้า 5,7777.77 ~57,778 วัตต์ (ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้ ผลิตและใช้หมดใน 1 วัน ถ้าต้องการสำรองไว้ใช้ในช่วงที่สภาพอากาศไม่อำนวยต่อการทำงานของแผงรับแสง ต้องคำนวณขนาดของแบตเตอรีและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์เพิ่มขึ้น)

ถ้าเลือกใช้แผงเซลล์ขนาด 110 วัตต์ จะใช้ 525.25 ~ 526 แผง

การเลือกใช้ระบบนี้ผลิตไฟฟ้าในอาคารมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ทั้งในการลงทุนครั้งแรก เนื่องจากแผงรับแสงอาทิตย์ ราคาประมาณ 360 บาทต่อวัตต์ (ราคาในเดือนธันวาคม 2543) ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ส่วนค่าใช้จ่ายของ Controller Inverter แบตเตอรีและการเดินสายไฟจะแปรผันตามขนาดของระบบ และเมื่อได้ใช้งานไปแล้วเราต้องการปริมาณไฟเพิ่มขึ้นก็ต้องมีการเพิ่มอุปกรณ์ชุดใหม่เข้าไป เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด รวมทั้งการดูแลรักษาซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงด้วย

ดังนั้นการเลือกใช้ระบบนี้เมื่อวิเคราะห์การตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วไม่คุ้มในการลงทุน เนื่องจากมีการลงทุนและการดูแลระบบที่สูงมาก จึงเหมาะกับการใช้ในโครงการที่ไม่ต้องคำนึงถึงการตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่นผลิตไฟฟ้าในชนบทห่างไกล ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง

แบบที่ 2 ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.28 การทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งเข้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าขาเข้าจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมให้อยู่ระหว่าง 170-230 โวลท์และจะดึงพลังงานจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หลังจากนั้นเครื่องแปลงเป็นกระแสสลับมีแรงเคลื่อน 220 โวลท์ เชื่อมโยงกับระบบของการไฟฟ้าฯ โดยอาศัยรูปคลื่นสัญญาณ

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเสมอ ในกรณีไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯดับหรือขัดข้องผิดปกติ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานทันทีเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ไฟฟ้าส่วนนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งแบ่งออกเป็น

- เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

ในเวลากลางวันเช่น หลอดแสงสว่าง-กระแสตรง สามารถต่อเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยตรง

- เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

ในเวลากลางวันเช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศในระบบต้องมีอินเวอร์เตอร์ด้วยและถ้าต้องการใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืน ต้องมีแบตเตอรีเพิ่มเข้ามาในระบบด้วย กล่องควบคุมการประจุไฟฟ้า ทำหน้าที่ 1. เลือกว่าจะส่งกระแสไฟฟ้าไปยังอินเวอร์เตอร์หรือส่งไปยังแบตเตอรี 2. ตัดเซลล์แสงอาทิตย์ออกจากระบบและต่อแบตเตอรีไปยังอินเวอร์เตอร์

ไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า จะมีคุณสมบัติและคุณภาพเหมือนไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนนี้จะผ่านชุดมิเตอร์ผลิตไฟฟ้า เพื่อบันทึกการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีหน่วย วัตต์–ชั่วโมง เหมือนมิเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้าในบ้านทั่วไป หลังจากนั้นไฟฟ้าส่วนนี้จะถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน ถ้ามีไฟฟ้าเหลือใช้จะถูกส่งผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้าออกไปสู่มิเตอร์ของการไฟฟ้าฯ ที่ติดอยู่กับเสาไฟฟ้า โดยมิเตอร์ชุดนี้ทางการไฟฟ้า ยินยอมให้ปรับเปลี่ยนให้สามารถหมุนกลับทางได้ คือซื้อ-ขายในตัวเดียวกัน หักลบกัน ในกรณีที่เป็นบ้านพักอาศัยคนในครอบครัวออกไปทำงานนอกบ้าน การใช้ไฟฟ้าในบ้านจะมีน้อยมาก ไฟฟ้าที่เหลือใช้ถูกส่งเข้าระบบของการไฟฟ้าฯในช่วงเวลากลางวัน

การเลือกใช้ระบบนี้ เราสามารถคิดปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการจากปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในแต่ละวันก่อนแล้วจึงหาขนาดของอุปกรณ์ร่วมหรือเครื่องแปลงกระแสไฟ (Inverter) แล้วจึงหาปริมาณไฟฟ้าที่ต้องผลิตโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจำนวนแผง ไม่จำเป็นต้องเผื่อในกรณีที่ไม่สามารถผลิตไฟได้ เนื่องจากสามารถใช้ไฟจากการไฟฟ้าฯได้ในส่วนที่ขาดไป หรือจะเริ่มการใช้ระบบนี้ด้วยการตั้งงบประมาณที่จะใช้ในการติดตั้งระบบ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ราคาประมาณ 360 บาทต่อวัตต์ ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม (ราคาเดือนธันวาคม 2543) อุปกรณ์ร่วมทั้งหมด การติดตั้ง การเดินสายไฟและค่าดำเนินงาน ซึ่งแปรผันตามขนาดของระบบ

ระบบนี้มีอุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์รวมทั้งการดูแลรักษาที่ต่ำกว่าระบบแรกมาก และสามารถใช้งานได้สะดวกกว่า ไม่จำเป็นต้องผลิตไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการป้องกันปัญหาการผลิตไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร หรือสูญเสียพลังงานที่เหลือใช้จากการใช้ที่น้อยเกินไป แต่การนำระบบนี้มาใช้ในอาคารต้องได้รับความเห็นชอบและร่วมมือจากการไฟฟ้าในพื้นที่ตั้งอาคารด้วย การลงทุนของแผง

เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ายังสูงกว่าการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเพียวอย่างเดียว จึงยังไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานในปัจจุบัน นอกจากเป็นโครงการที่ไม่คำนึงถึงการตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก

ดังนั้นการเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอาคารนั้น ยังไม่เหมาะกับสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันนัก เนื่องจากการตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพราะต้นทุนการผลิตไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์ยังสูงกว่าค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับการไฟฟ้าฯมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการให้บริการไฟฟ้า แต่ในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ระบบนี้เหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุน ทั้งนี้มักจะเป็นโครงการที่ไม่ได้คำนึงถึงการตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก แต่ได้ดูจากหลายปัจจัยเช่น ผลตอบแทนทางสังคม เนื่องจากเมื่อติดตั้งให้กับชุมชนหนึ่งแล้ว ในอนาคตเมื่อมีไฟฟ้าเข้าถึงก็สามารถรื้อย้ายระบบดังกล่าวไปติดตั้งยังชุมชนอื่นๆต่อไปได้

2.3.2 ระบบความร้อน

2.3.2.1 การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนใหญ่ผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) จะมีรุ่นที่ผลิตขายอยู่สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป บริษัทละ 4-5 รุ่น โดยในชื่อรุ่นจะบอกปริมาณการผลิตน้ำร้อนไว้ด้วย เช่น S-160 สามารถผลิตน้ำร้อนได้วันละ 160 ลิตร S-320 สามารถผลิตน้ำร้อนได้วันละ 320 ลิตร ดังนั้นก่อนที่จะเลือกขนาดของเครื่องทำน้ำร้อนเราจึงควรทราบปริมาณน้ำร้อนที่เราต้องการใช้ในแต่ละวันด้วย

น้ำร้อนที่เครื่องผลิตได้มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน 60 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปอัตราการใช้น้ำร้อนอาบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและใช้คนละประมาณ 40 ลิตรต่อวัน แต่ถ้าต้องการนำน้ำร้อนไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆด้วย เช่นซักผ้าหรือล้างจาน ก็จะต้องคิดอัตราการใช้น้ำร้อนคนละ 50 ลิตรต่อวัน

ถ้าบ้านพักอาศัยมีคนพัก 4 คน ต้องการน้ำร้อนใช้ในการอาบเท่านั้น จะใช้ปริมาณน้ำร้อน 40 x 4 ลิตรต่อวัน ดังนั้นต้องเลือกรุ่นที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้วันละ 160 ลิตร

แต่ถ้าต้องการนำไปใช้ในกิจกรรมอื่นด้วย จะใช้ปริมาณน้ำร้อน 50 x 4 ลิตรต่อวัน ดังนั้นจึงควรเลือกรุ่นที่สามารถผลิตนำร้อนได้วันละ 200 ลิตร

สำหรับอาคารขนาดใหญ่เช่น โรงแรม โรงพยาบาลหรือโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องคำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ต่อคนต่อวันอีกอัตรา ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งอาคาร ในอาคารพักอาศัยขนาดใหญ่อย่างเช่น อาคารชุดพักอาศัยและโรงแรม โดยทั่วไปจะมีปริมาณการใช้น้ำร้อนอาบวันละ 100 ลิตรต่อห้องพัก ซักล้าง 2,000-3,000 ลิตรต่ออาคาร ขึ้นอยู่กับประเภทอาคารและการให้บริการและใช้ล้างจาน 10-20 ลิตรต่อคน

ตัวอย่างเช่น อาคารชุดพักอาศัยหรือโรงแรมมีห้องพัก 200 ห้อง

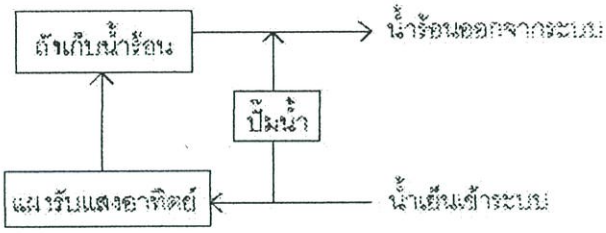
จะใช้ปริมาณน้ำร้อนอาบ 100x200 = 20,000 ลิตรต่อวัน

ในการซักล้าง 2,000x1 = 2,000 ลิตรต่อวัน

ในการล้างจาน 10x400 = 4,000 ลิตรต่อวัน

ดังนั้นจึงควรเลือกเครื่องที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้ 26,000 ลิตรต่อวัน

ซึ่งอาคารขนาดใหญ่จะมีการใช้น้ำร้อนมาก เครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้จึงจำเป็นต้องสั่งทำถังเก็บน้ำร้อนขึ้นมาใหม่และในการผลิตถังไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินไป ทางผู้ผลิตจะคำนวณหาปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถผลิตในถังได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเมื่อต้องการใช้งานระบบจะทำการเติมน้ำที่อุณหภูมิห้องเข้าไป ให้น้ำร้อนที่ระบบจ่ายให้ผู้ใช้งานมีอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ เพื่อลดขนาดของถังเก็บน้ำ ทำให้สะดวกและประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง



ภาพที่ 2.29 การทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) สำหรับอาคารขนาดใหญ่

<u>ค่าใช้จ่ายของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์</u>

ราคาของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) ของแต่ละบริษัทผู้ผลิต อยู่ที่ประมาณ 230-270 บาทต่อลิตร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ค่าติดตั้งขึ้นอยู่กับความใกล้ไกลและการเข้าถึงของพื้นที่ โดยทั่วไปอยู่ที่ 3,000-5,000 บาทและอาจสูงกว่านี้ถ้าเครื่องมีขนาดใหญ่ ราคาของอุปกรณ์และการเดินท่อน้ำร้อนเมตรละ 400-500 บาท

การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) เป็นการลงทุนที่สูงในครั้งแรก แต่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบ นอกจากซ่อมแซมและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เสื่อมลง ดังนั้นในการเลือกใช้จึงควรวิเคราะห์การตอบแทนทางเศรษศาสตร์ถึงผลที่ได้รับจากการลงทุน คุ้มทุนในระยะกี่ปี ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงอัตราดอกเบี้ย อัตราการเฟ้อของเงินที่จะใช้ซื้อพลังงาน อัตราการลดลงของประสิทธิภาพของอุปกรณ์และการซ่อมบำรุง และเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า

สำหรับการหาการตอบแทนทางด้านเศรษศาสตร์ของการใช้ในบ้านพักอาศัยสามารถคำนวนเบื้องต้นจากปริมาณน้ำร้อนที่ใช้และราคาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าติดตั้ง แล้วหาจุดคุ้มทุน นำมาเปรียบเทียบกับจำนานและราคาของเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้ารายเดือนด้วย จะทำให้ทราบว่าระบบไหนเหมาะสมต่อการนำมาใช้ ส่วนการนำมาใช้ในอาคารขนาดใหญ่ ต้องเปรียบ

เทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่ รายจ่ายของหม้อต้มน้ำ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงและการดูแลรักษา

2.4 การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมการใช้พลังงาน

1.4.1 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการใช้พลังงานในอาคาร

1) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการใช้พลังงานในอาคาร[8]

โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานจะมีคุณค่าสำหรับการปรับปรุงการใช้พลังงานก็ต่อเมื่อมีผลการคำนวณที่แม่นยำเท่านั้น เพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่แม่นยำ การคำนวณจะต้องรวมถึงการใช้พลังทุกอย่าง โมเดลดังกล่าวจะต้องคำนวณการใช้พลังงานต่อปีทั้งหมดในอาคารได้ใกล้เคียงกับการใช้พลังงานจริงโดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และโมเดลนี้ต้องแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบอื่น ได้อย่างถูกต้องด้วย

ปัจจัยที่ทำให้การจำลองการใช้พลังงานถูกต้องมี 3 ประการคือ

ก) เข้าใจกระบวนการทำงานของโปรแกรม เพื่อให้ใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง ผู้ใช้ต้องเข้าใจว่า โปรแกรมนำข้อมูลไปใช้อย่างไร นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการอย่างไร ทราบกระบวนการนำข้อมูลไปวิเคราะห์จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ และทราบถึงความแม่นยำในการคำนวณของโปรแกรม

ข) เข้าใจอาคารที่ทำการจำลองการใช้พลังงาน ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาแบบจำลองของอาคารเก่าคือ ความรู้ที่แท้จริงเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพ และสภาพการใช้งานของอาคารที่กำลังทำการจำลองการใช้พลังงาน

<u>การสำรวจทั่วไป</u>

การสำรวจอาคารควรสำรวจการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของอาคาร ซึ่งไม่เพียงแต่สำรวจในแบบ As-Built เท่านั้น เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วระบบควบคุมที่ติดตั้งจริงมักไม่ตรงกับในแบบ หรือ ถูก Override หรือ ถูกแก้ไขจนทำงานไม่ตรงกับที่แสดงในแบบ การสำรวจลักษณะนี้มักรวมถึงการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆด้วย เช่น อุณหภูมิลมจ่าย อุณหภูมิลมเข้าคอยล์ อุณหภูมิลมที่หัวจ่าย เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการประเมินการทำงานของระบบควบคุม

การสำรวจยังมักจะต้องทำในช่วงเวลากลางคืนด้วย เพื่อให้ทราบถึงตารางการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ในอาคารอย่างแท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งบ่อยครั้งพบว่าแตกต่างจากรายงานที่ได้รับจากวิศวกรประจำอาคาร

---

[8] Albert Thumann, Handbook of Energy Audits, Fifth Edition

การสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้า

การสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็น เมื่อต้องการความแม่นยำสูงในการทำการจำลองการใช้พลังงาน จะต้องทำการวัดพลังไฟฟ้าทุกตู้ไฟฟ้า การวัดพลังไฟฟ้าไม่ควรวัดเพียงแต่แรงดันและกระแสไฟฟ้า ต้องวัดตัวประกอบกำลังด้วย เนื่องจากการอ่านเพียงแค่แรงดันและกระแสให้ผลที่ไม่เที่ยงตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับ Induction Motor ซึ่งมีค่าตัวประกอบกำลังแตกต่างกันมากเมื่อมีภาระแตกต่างจากพิกัด อาจทำให้ผลการวัดพลังไฟฟ้าผิดพลาดได้ถึง 50%
สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เช่น เครื่องทำน้ำเย็น ห้องคอมพิวเตอร์ ลิฟท์ ควรวัดพลังไฟฟ้าเป็นช่วงระยะเวลา เพื่อจะได้ทราบถึงรูปแบบ (Profile) การใช้พลังงานของอุปกรณ์นั้นๆ
เมื่อได้ผลจากการสำรวจ ควรนำผลนั้นไปเทียบกับใบเรียกเก็บค่าไฟฟ้า เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ได้รับตรงกับที่อาคาร
ใช้จริง

ค) วิเคราะห์ผลอย่างละเอียด สิ่งที่ยากที่สุดในการจำลองการใช้พลังงาน คือ การวิเคราะห์ผลที่ได้จากคอมพิวเตอร์ด้วยความซื่อสัตย์ เนื่องจากผู้วิเคราะห์ได้ทุ่มเทไปกับการเก็บและป้อนข้อมูลเป็นเวลาหลายชั่วโมงหรือหลายวัน จึงมีแนวโน้มที่จะเชื่อว่าผลการคำนวณนั้นจะต้องถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดในอดีตสอนว่า เราจะต้องตรวจผลการคำนวณนั้นโดยพยายามตั้งข้อสงสัยไว้ก่อน

การเปรียบเทียบรูปแบบการใช้พลังงานในหนึ่งปี

เทคนิคแรกในการวิเคราะห์ผลคือ การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในหนึ่งปีระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณ กับผลการใช้พลังงานจริง บางกรณีผลรวมการใช้พลังงานตลอดปีอาจสอดคล้องกัน แต่การใช้พลังงานในแต่ละเดือนอาจไม่สอดคล้องกัน ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองการใช้พลังงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศยังไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ เนื่องจากในการจำลองการใช้พลังงาน ใช้ข้อมูลภูมิอากาศซึ่งเป็นข้อมูลเชิงสถิติ ดังนี้จึงควรเปรียบเทียบข้อมูลภูมิอากาศในแบบจำลอง กับข้อมูลอากาศในปีที่นำมาเปรียบเทียบด้วย

เปรียบเทียบภาระสูงสุด

เทคนิคที่สองในการวิเคราะห์ผลคือ การเปรียบเทียบภาระสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ กับภาระสูงสุดจริง ข้อมูลจากใบเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าจะแสดงค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน สำหรับภาระสูงสุดของเครื่องทำน้ำเย็นสามารถหาได้จากบันทึกของวิศวกรประจำอาคาร หรือได้จากการสำรวจ การเปรียบเทียบจะแสดงในเห็นความแม่นยำของการจำลองการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์ผลลัพธ์โดยละเอียด

เทคนิคที่สามในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ เป็นวิธีการเพื่อการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงระบบต่างๆ เพื่อที่จะประมาณค่าการประหยัดเนื่องจากการปรับปรุง สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบผลการจำลองการใช้พลังงานหลังจากปรับปรุง กับผลก่อนการปรับปรุง เนื่องจาก

การป้อนข้อมูลผิดพลาดสามารถเกิดขึ้นได้ง่าย และก่อให้เกิดผลการคำนวณที่ไม่ต้องการ เทคนิคในการควบคุมคุณภาพจึงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลจากการจำลองการใช้พลังงานในรายละเอียดและกำหนดค่าการประหยัดโดยประมาณในแต่ละมาตรการเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณ การวิเคราะห์ผลจะแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของการประหยัดในแต่ละมาตรการ

การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานให้สมบูรณ์แบบสามารถทำได้ในทางทฤษฎี อย่างไรก็ตาม ยังเป็นข้อสงสัยในทางปฏิบัติว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอาจจะมากกว่าคุณค่าที่ได้รับจากการจำลองการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารขนาดเล็ก และถึงแม้ว่าจะใช้โปรแกรมการจำลองพลังงานที่ดีที่สุดและแบบจำลองที่สร้างมาอย่างดี ก็ยังมีข้อจำกัดในตัวเองที่จะคาดการณ์ผลของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่นำมาใช้ ดังนั้นในบางกรณีจึงควรลดทอนค่าการประหยัด เพื่อป้องกันไม่ให้มีผลการประหยัดสูงเกินความเป็นจริง

2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานนั้นมีหลายโปรแกรมด้วยกัน ดังนี้

2.1) DOE-2 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้พยากรณ์การใช้พลังงานรายชั่วโมงและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคาร ซึ่งต้องใช้รายละเอียดของข้อมูลด้านอากาศรายชั่วโมง ประเภทอาคาร อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศและราคาโครงสร้าง สามารถใช้ DOE-2 กำหนดตัวแปรต่างๆของอาคารได้เพื่อให้มีการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพขึ้น ขณะที่ยังคงสภาวะน่าสบายและค่าใช่จ่ายที่คุ้มค่า การคำนวณและประเมินผลของ DOE-2 มี 4 ส่วนคือพลังงานไฟฟ้า (Load) เครื่องกล (Plants) ระบบอื่นๆและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จากการคำนวณผลของพลังงานไฟฟ้าจะนำมาใช้ในการคำนวณของระบบและเครื่องกล จากนั้นจึงนำผลมาใช้ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

2.2) Power DOE เป็นโปรแกรมที่มีการทำงานคล้ายกับ DOE-2 แต่มีการป้อนข้อมูลและการแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิคสามารถแสดงภาพของอาคารได้ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ ผังของระบบปรับอากาศ สามารถป้อนข้อมูลอาคาร ตัวแปรต่างๆและรายงานผลรายชั่วโมงได้เร็ว

2.3) eQUEST เป็นโปรแกรมที่คล้ายกับ DOE-2.2 แต่มีการทำงานที่ง่ายกว่า แรกเริ่มได้พัฒนาสำหรับใช้งานใน Power DOE แล้วจึงพัฒนาเป็นโปรแกรมนี้ สำหรับใช้ใน Windows โปรแกรม eQUEST จึงใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนเท่า DOE-2 และ Power DOE แสดงผลได้เร็ว สามารถวิเคราะห์รายละเอียดได้โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลมาก เช่นการคำนวณโดยโปรแกรม DOE-2 สามารถสร้างการจัดกลุ่มของอาคาร ตรวจวัดประสิทธิภาพของพลังงาน การแสดงผลคล้ายกับโปรแกรม DOE-2.2 ส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาก็มีรายละเอียดของอาคาร การเชื่อมโยงกับโปรแกรมอื่นๆ รวมถึงการแสดงลักษณะอาคารใน 2 มิติและ 3 มิติ ผังแสดงระบบปรับอากาศ การเข้าไปป้อนข้อมูล เงื่อนไขและรายละเอียดการรายงานผล

2.4) OTTVEE1.0 เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารและการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยสถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานนโยบายแห่งชาติ โปรแกรมจะทำการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารทั้งทางผนังและหลังคาตามข้อมูลของกรอบอาคารและอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคารที่ป้อนเข้าไป สามารถประเมินภาระของระบบปรับอากาศ การใช้พลังงานของอาคาร ราคากรอบและระบบปรับอากาศ สามารถนำผลลัพธ์ประเมินราคากรอบอาคารระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าต่อปี มาวิเคราะห์การลงทุนเมื่อมีการปรับปรุงอาคาร

2.5) โปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา เวอร์ชั่น2.1 โดยคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โปรแกรมนี้มีฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างต่างๆ สามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปของลักษณะผนังและหลังคา สามารถคำนวณทิศทางของอาคารได้ละเอียด ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดและแสดงผลรายละเอียดต่างๆเช่นผนัง หลังคา รายละเอียดของอาคาร

2.4.2 ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automatic System)

การที่จะรักษาสภาวะแวดล้อมภายในอาคารให้เหมาะสม เกิดความสบายแก่ผู้อาศัยตลอดจนทำให้เครื่องจักรกลต่างๆ ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดและเกิดความปลอดภัยแก่การอยู่อาศัยนั้น การควบคุมการทำงานของระบบย่อยต่างๆ ในอาคารไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบขนส่งภายในอาคาร ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบรักษาความปลอดภัยให้ทำงานอย่างถูกต้องและรวดเร็วนั้น จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งในซอฟแวร์เข้ามาช่วย จึงจะได้ผลอย่างเต็มที่ ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของเครื่องจักร (Supervisory Control System) นี้ มีชื่อเรียกต่างๆ กัน แล้วแต่ว่าจะเน้นความสำคัญในเรื่องใด เช่น

1. ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System: BAS) เมื่อต้องการเน้นความสามารถในการควบคุมระบบต่างๆ ให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ประหยัดแรงงานคน

2. Energy Monitoring and Control System (EMCS) เมื่อต้องการเน้นความสามารถในการตรวจวัดการใช้พลังงานแล้วทำการควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆ อย่างเหมาะสมทั้งโดยวิธีอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ เพื่อให้ประหยัด การใช้พลังงาน

3. Energy Management System (EMS) เมื่อต้องการเน้นการประหยัดพลังงานโดยใช้ชุดโปรแกรมคำสั่ง เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ โดยอัตโนมัติ

4. Facility Management System (FMS) หรือ Building Management System เมื่อขอบเขตการควบคุมไม่ได้ใช้เฉพาะระบบปรับและระบายอากาศแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังครอบคลุม

ถึงการทำงานของระบบอื่นๆเช่น ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบรักษาความปลอดภัย ฯลฯ หรือการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในอาคารหลายๆหลังพร้อมๆกัน

องค์ประกอบของระบบควยคุมอาคารอัตโนมัติ (BAS) การทำงาน ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ

1) ฮาร์ดแวร์(Hardware) ของระบบ ประกอบด้วย

1.1 Central Processor หรือจำหน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งมีหน่วยความจำติดตั้งอยู่ภายใน ทำหน้าที่ประมวลข้อมูลและควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลโดยชุดคำสั่งของ Software ที่อยู่ในหน่วยความจำนั้น

1.2 Keyboard สำหรับป้อนค่าหรือคำสั่งที่ต้องการเข้าสู่ Central Processor

1.3 Visual Display Unit (VDU) สำหรับแสดงโครงสร้างของระบบ (System-schematic) สรุปสถานภาพการทำงานต่างๆ ตลอดจนแสดงผลที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่ง

1.4 เครื่องพิมพ์ (Printer) สำหรับการแสดงผลสภาวะการทำงานทั้งที่ปกติและผิดปกติ (Alarm) แนวโน้มของค่าต่างๆ ฯลฯ บนกระดาษพิมพ์ เครื่อง PC และ Printer นี้อาจติดตั้งไว้หลายตำแหน่งในที่ต่างๆ กันของตัวอาคาร แล้วแต่ความจำเป็น โดยผู้ใช้แต่ละรายจะได้รับสิทธิไม่เท่ากันในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบ BAS

1.5 Sensing Devices (Sensor) ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบ หรือควบคุม เช่น Sensors วัดอุณหภูมิความชื้น ความดัน อัตราการไหล เป็นต้น

1.6 Control Devices คือ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลที่ต้องการควบคุมให้การทำงานเป็นไปตามต้องการ เช่น เครื่อง Chiller, เครื่องสูบน้ำ, Cooling Tower, Valve หรือ Damper เป็นต้น

1.7 Data Gathering Panel เป็นแผงอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ใกล้ระบบย่อยที่ต้องการควบคุมเป็นที่ซึ่งสัญญาณควบคุม และข้อมูลการทำงานของระบบย่อยเหล่านี้สื่อสารผ่านถึงกัน

1.8 Transmission Network เป็นโครงข่ายสื่อสัญญาณ เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ ของระบบ BAS ดังกล่าวข้างต้นเป็นเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network)

2) ซอฟแวร์คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่กำหนดตรรก (Logic) กฎเกณฑ์และวิธีการในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับเพื่อทำการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานตามต้องการเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบ BAS ผู้ขาย BAS ในปัจจุบันใช้มักใช้ฮาร์ดแวร์ที่คล้ายคลึงกันมากแต่แตกต่างกันที่ซอฟแวร์ซึ่งมีการพัฒนาที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ระบบมีความสามารถไม่ทัดเทียมกัน การเลือกซื้อระบบ BAS จึงควรให้ผู้ขายสาธิตขีดความสามารถของตัวซอฟแวร์ให้แน่ชัดเสียก่อนว่าจะสามารถทำงานต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ

ซอฟแวร์ มาตรฐานที่ทำหน้าที่จัดการการใช้พลังงานในอาคาร ที่นิยมกันทั่วไปมี 7 โปรแกรม ได้แก่

1. <u>โปรแกรมควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้า (Power Demand Program)</u>

โปรแกรมจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าให้แก่อาคารได้มาก เพราะสามารถประหยัดได้ทั้งค่าพลังไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า หลักการทำงาน คือ เมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าสูงเกินกว่าค่าที่ตั้ง

ไว้ โปรแกรมนี้จะสั่งให้เครื่องที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหยุดทำงานชั่วคราว เพื่อรักษาระดับ Demand ให้อยู่ในเกณฑ์ต้องการ ครั้นเมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าลดลงต่ำกว่าค่า Dead Band ที่กำหนด เครื่องจักรนั้นก็จะเริ่มทำงานใหม่ โปรแกรมนี้มักใช้เพื่อการควบคุมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ที่ใช้พลังไฟฟ้ามากๆ เช่น เครื่องChiller เครื่องจักรใดที่ถูกควบคุมด้วยทั้ง Power Demand Program และ Duty Cycling Program จะทำงานตามการสั่งงานของ Duty Cycling Program ตามปกติ แต่เมื่อ Demand สูงถึงค่าที่กำหนด เครื่องจักรนั้นก็จะถูกสั่งให้หยุดทำงาน แม้ Duty Cycling Program จะยังคงบังคับให้ทำงานอยู่ก็ตาม

ลักษณะของโปรแกรม

1) ตรวจวัดค่าความต้องพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาที ในทุก 1 นาทีที่ผ่านไปแบบ Sliding Window เช่นเดียวกับการตรวจวัดของการไฟฟ้า แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนี้กับค่าที่กำหนดไว้

2) สามารถทำนายความต้องการพลังไฟฟ้าได้ล่วงหน้า โดยอาศัยรูปแบบการใช้พลังไฟฟ้าของอาคารในวันก่อนๆ ซึ่งเก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูลเดิม

3) ควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าได้หลายช่วงเวลาในแต่ละวัน และแต่ละฤดูกาลได้

4) จัดลำดับการหยุดและเดินเครื่องใหม่อย่างเหมาะสมตามความสำคัญของเครื่องจักรกล

5) มี Dead Band เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรจากการการเดินๆ หยุดๆ ของเครื่องจักรหากความต้องการพลังงานไฟฟ้าอยู่ในช่วง Dead Band จะไม่มีการตัด Load ออก หรือต่อ Load เข้าไปอีก

2. <u>โปรแกรมควบคุมการเปิดปิดเครื่องตามเวลา (Timed on-off Program)</u>

เป็นโปรแกรมที่ควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องจักรต่างๆ ตามเวลาในแต่ละวันโดยอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง สามารถกำหนดเวลาล่วงหน้าเป็นรายวัน รายสัปดาห์ หรือรายเดือน รวมถึงวันหยุด

ข้อดี - ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยป้องกันการลืมเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทิ้งไว้ในช่วงเลิกงาน หรือวันหยุด

- ช่วยประหยัดแรงงานในการเปิดปิดเครื่องจักร โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่ในสมัยก่อน นิยมใช้ Timer แทนโปรแกรมนี้ ซึ่งปรากฏว่ามีข้อเสียหลายประการคือ

- ต้องปรับค่าเวลาของสวิทช์เวลาแต่ละตัวให้ตรงกัน

- ต้องทำการตั้งเวลาของสวิทช์เวลาแต่ละตัวใหม่ทุกครั้งที่ไฟฟ้าดับ

- อาคารขนาดใหญ่ ซึ่งมีสวิทช์เวลาจำนวนมาก จะเพิ่มภาระแก่ช่างในการบำรุงรักษา

3. <u>โปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นวัฏจักร (Duty Cycling Program)</u>

เป็นโปรแกรมที่ใช้กันแพร่หลายในช่วงปี 1970 เมื่อเกิดวิกฤตการณ์ น้ำมันขาดแคลน เพราะเป็นการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลด้วยวิธีง่ายๆ แต่ได้ผลในการประหยัดพลังงานได้ดี ใน

ปัจจุบันมักไม่นิยมใช้โปรแกรมนี้เท่าใดนัก เนื่องจากมีจุดอ่อนหลายอย่าง อีกทั้งยังมีการพัฒนาโปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถควบคุมการทำงานได้ซับซ้อนมากขึ้น และได้ผลดีกว่าอีกด้วย

ลักษณะของตัวโปรแกรม

1) ควบคุมการเปิด ปิดของเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น พัดลมระบายอากาศ AHU ของระบบจ่ายลมเย็นแบบ CAV (Constant Air Volume) เป็นช่วงๆ ในแต่ละชั่วโมงหรือแต่ละวันอย่างสม่ำเสมอ

2) ควบคุมไม่ให้เครื่องจักรแต่ละชนิดเริ่มเดินพร้อมกัน เพื่อป้องกันมิให้ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงเกินไป เช่น เดินเครื่องปรับอากาศทีละชุดให้เวลาห่างกันชุดละ 5-10 นาที เป็นต้น

3) เมื่อสภาวะอากาศภายในอาคารไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป ก็สามารถยกเลิกการควบคุมได้

4. <u>โปรแกรมควบคุมการเริ่มเดิน/หยุดเครื่องอย่างเหมาะสม (Optimum Start – Stop Program)</u>

โปรแกรมนี้ ช่วยประหยัดพลังงานด้วยการทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยที่สุด โดยหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องให้ช้าที่สุดในตอนเช้า แต่เร่งเวลาการหยุดเครื่องให้เร็วที่สุดในตอนเย็น ทั้งนี้เนื่องจากอาคารโดยทั่วไปมักเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเริ่มงาน 1 – 2 ชั่วโมง และหยุดเครื่องหลังเลิกงาน 1 ชั่วโมง เป็นเช่นนี้ตลอดทั้งปี โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิอาคารภายนอกอาคาร ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก

ลักษณะของโปรแกรม

1) คำนวณหาเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน และภายนอกอาคาร ตลอดจนเวลาที่จะใช้งานตัวอาคาร

2) โปรแกรมที่มีการทำงานแบบง่ายๆ ผู้ควบคุมอาคารต้องทำการปรับตั้งค่าคงที่ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาการเริ่มเดินหรือหยุดเครื่องที่ถูกต้อง จึงต้องการผู้ที่มีความรู้และความชำนาญพอสมควรในเรื่องนี้

3) สำหรับโปรแกรมที่มีความสามารถในการเรียนรู้ เพื่อปรับการสั่งงานโดยอัตโนมัติจะอาศัยข้อมูลการเริ่มเดินหรือหยุดเครื่องในอดีตที่มีอยู่เดิม เพื่อหาค่าคงที่ที่เหมาะสมในแต่ละวันด้วยตัวเอง ทำให้การทำงานมีความถูกต้องและสามารถประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น

5. <u>โปรแกรมควบคุมการเดินเครื่องอย่างเหมาะสม (Optimization Control Program)</u>

หลักการทำงานของตัวโปรแกรมคือ ควบคุมการทำงานของ Chilled Water Plant ทั้งระบบ โดยบังคับให้เครื่อง Chiller, Chilled Water Pump, Condenser Water Pump และ Cooling Tower ทำงานน้อยตัวที่สุดและ Chiller แต่ละตัวจะทำงานที่ใกล้ Full Load มากที่สุด เพื่อทำให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมสูงที่สุด

ลักษณะของโปรแกรม

1) ทำการตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่อง Chiller ให้สูงขึ้น เมื่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารลดลง โดยยังคงสามารถควบคุมอุณหภูมิภาในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามต้องการ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 1.5-2% ต่อทุก 1 องศาฟาเรนไฮท์ ของอุณหภูมิน้ำเย็นที่สูงขึ้น

2) หาก Cooling Load ของอาคารยังคงลดต่ำลงไปอีก จะทำการหยุด Chiller บางตัว เพื่อให้เครื่อง Chiller ที่ทำงานอยู่มีสมรรถนะการทำความเย็นรวมใกล้เคียงกับ Cooling Load ที่แท้จริงของอาคาร

สิ่งที่พึงระวังสำหรับโปรแกรมนี้คือ

- การตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น ปริมาณน้ำเย็นที่ส่งออกจากเครื่อง Chiller จะยังคงเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่อาจประหยัดพลังงานได้จาก Variabie Speed Chilled Water Pump ได้

- หากทำการตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นสูงเกินไปจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอาคารสูงขึ้น ผู้อาศัยจะรู้สึกร้อนและเหนียวตัวเพราะเหงื่อระเหยได้ยากขึ้น

6. <u>โปรแกรมควบคุมปริมาณความร้อนรวม (Enthalpy Control Program)</u>

โปรแกรมนี้ทำงานโดยการคำนวณค่าปริมาณความร้อนรวมของอากาศ ทั้งจากอากาศภายนอกอาคารและจากลมกลับของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารแล้วทำการเลือกเอาอากาศจากแหล่งที่มีปริมาณความร้อนรวมของอากาศน้อยที่สุดมาเป็นตัวทำความเย็นแก่ตัวอาคาร เพื่อลดการทำงานและประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ

ลักษณะของโปรแกรม

1) ใช้ Wet Bulb Temperature Sensor (หรืออาจใช้ Dry Buib Temperature Sensor ร่วมกับ Relative Humidity Sensor ก็ได้) ติดตั้งไว้ ณ จุดที่เหมาะสมทั้งภายนอกและภายในอาคาร เพื่อส่งข้อมูลให้แก่ Processor ประมวลผลว่าอากาศจากแหล่งใดมี Enthalpy น้อยที่สุด แล้วทำการตัดสินใจ

2) หากอากาศภายนอกอาคารมีค่าปริมาณความร้อนรวมของอากาศสูงกว่าอากาศภายในอาคาร เช่น ในฤดูฝน BAS จะส่งสัญญาณไปควบคุม Fresh Air Damper ให้หรี่ลง เพื่อนำอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารให้น้อยที่สุด

3) หากอากาศภายนอกอาคารมีค่าปริมาณความร้อนรวมของอากาศน้อยกว่าอากาศในอาคารจะทำการตรวจสอบเพิ่มเติมอีกว่า อากาศภายนอกนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในอาคารหรือไม่ หากอากาศภายนอกร้อนมาก เช่น ในฤดูร้อน BAS จะส่งสัญญาณไปหรี่ fresh Air Damper เพื่อมิให้นำอากาศเข้ามาในอาคารเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

4) หากอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายในอาคาร BAS จะบังคับให้ปิด Return Air Damper ของเครื่องปรับอากาศ และเปิด Fresh Air Damper ให้มากที่สุด เพื่อนำ

อากาศจากภายนอกมาทำความเย็นแก่ตัวอาคาร โดยที่คอมเพรสเซอร์ไม่ต้องทำงาน เช่นในช่วงกลางคืน หรือตอนเช้าของฤดูหนาว

7. โปรแกรมเพื่อการบำรุงรักษา (Maintenance Reminder Program)

เป็นโปรแกรมที่เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสภาพการทำงานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรกลต่างๆ ทำให้ช่างสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของการทำงานที่ผิดปกติ เพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนดไว้ ทำให้เครื่องจักรกลมีอายุการใช้งานคงทน มีประสิทธิสูงตลอดเวลา และลดค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ลักษณะของโปรแกรม

1) แจ้งเตือนทันทีที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลใดทำงานผิดปกติ โดยค่าที่วัดได้เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตัวโปรแกรม เช่น Hi/Lo Alarmพร้อมกันนั้น ตัวโปรแกรมอาจให้คำแนะนำวิธีการแก้ไขด้วย

2) บันทึกระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ และแจ้งให้ผู้ควบคุมทราบเมื่อถึงกำหนดที่จะต้องบำรุงรักษาอุปกรณ์ เช่น ให้เปลี่ยนแบริ่ง เมื่อเครื่องจักรทำงานครบ 50,000 ชั่วโมง เป็นต้น

3) ตรวจสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ หากพบอุปกรณ์ใดทำงานผิดพลาดจะแจ้งเตือนทันทีโดยแสดงผลออกทางจอ VDU และ/หรือเครื่องพิมพ์ของ BAS

4) บันทึกข้อมูลการทำงานของทุกระบบแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น พร้อมแสดงผลออกมาในรูปของตาราง เส้นกราฟแนวโน้มต่างๆ เป็นต้น

8. Proprictary and Open System

ในปัจจุบันผู้ใช้จึงมีอิสระที่จะเลือกอุปกรณ์ควบคุมของระบบ BAS จากผู้ผลิตรายต่างๆ มากมายมาเชื่อมต่อกัน เพื่อให้สามารถทำงานสอดคล้องกับความต้องการของตนได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ถูกผูกขาดจากผู้ผลิตแต่ละรายเหมือนแต่ก่อน เรียกว่าเป็นระบบเปิดซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี - ผู้ใช้มีอิสระในการเลือกอุปกรณ์จากผู้ผลิตหลายรายตามความพอใจในเรื่องคุณภาพและราคา

- การขยายระบบในภายหลังไม่ถูกผูกขาดว่าต้องซื้อจากผู้ผลิตรายเดิมเท่านั้น

- เกิดการแข่งขันระหว่างผู้ผลิตในการผลิตอุปกรณ์ที่สามารถทำงานกับ BAC net Protocol ได้

ข้อเสีย - วิศวกรผู้ออกแบบต้องมีความรู้เรื่อง BAS เป็นอย่างดี จึงจะสามารถออกแบบตัวระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของเจ้าของอาคาร ซึ่งแต่เดิมความรับผิดชอบในส่วนนี้เป็นของผู้ผลิตตัวระบบ

- ความสำเร็จ หรือล้มเหลวของตัวระบบขึ้นอยู่กับเจ้าของ วิศวกรที่ออกแบบและผู้รับจ้างติดตั้งเป็นสำคัญผู้ผลิตจะมีความรับผิดชอบน้อยลงกว่าเดิม
- ในบางกรณี ผู้ผลิตไม่อาจนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้งานอย่างเต็มที่ เนื่องจากต้องยึดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว
- อุปกรณ์ในระบบเปิดเพิ่งผลิตออกมาไม่นานนัก ผู้ซื้ออาจยังไม่มั่นใจว่าจะสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ได้ดีเพียงใด

ประโยชน์ของระบบ BAS

ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในอาคารขนาดใหญ่คือการทดสอบและปรับแต่งระบบย่อยให้ทำงานอย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ การติดตั้งระบบ BAS จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้โดยอาจทำการทดสอบและปรับแต่ง ณ สถานที่ติดตั้งจริงหรือโดยการควบคุมระยะไกลจากศูนย์ควบคุมที่อยู่ห่างออกไปโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ ผู้ออกแบบสามารถสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงานภายใต้ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ ทดสอบว่ารูปแบบการควบคุมแบบใดที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงมากที่สุด หรืออาจสมมุติสภาวะอากาศภายนอกอาคาร เพื่อหาค่า Set Point หรือเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบปรับอากาศ ทำให้การใช้พลังงานของอาคารน้อยที่สุด

ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้ระบบ BAS ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของระบบต่างๆ ในอาคาร ในกรณีที่การควบคุมการทำงานเป็นไปอย่างหละหลวมและไม่มีการบำรุงรักษาอย่างเพียงพอ BAS อาจช่วยประหยัดพลังงานได้มากถึง 40% แต่ถ้าเป็นอาคารที่มีการควบคุมการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว BAS ก็ยังคงสามารถช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก 10%

ตารางที่ 2.8 พลังงานที่ได้จากการใช้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ

รายละเอียดการควบคุมการใช้พลังงานโดย BAS	ลักษณะการควบคุมการใช้พลังงานของตัวอาคาร	
	ไม่มีประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพ
1. การควบคุมการทำงานที่ Part Load	9.50%	2.00%
2. การใช้โปรแกรม Optimum Start	7.50%	2.00%
3. การควบคุมอุณหภูมิให้พอเหมาะ	7.00%	2.00%
4. การใช้โปรแกรม Optimum Stop	5.00%	1.00%
5. การควบไม่ใช้อุปกรณ์ทำงานในวันหยุด	4.00%	-
6. การควบคุมเครื่องสูบน้ำ	2.00%	0.50%
7. อื่นๆ	2.00%	0.50%
8. การตระหนักถึงความสำคัญของการประหยัด พลังงาน ของพนักงาน	5.00%	1.00%
รวม	42.00 %	9.00 %

2.5 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

วิธีการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นเพื่อศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุน ได้แก่การศึกษาระยะเวลาคืนทุน (Discount payback peirod) และการพิจารณามูลค่าสะสมของอาคารโดยมีสมการในการคำนวณต่างๆดังนี้

การศึกษาระยะเวลาคืนทุนเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุนเพื่อทำการปรับปรุงอาคารใดๆ เปรียบเทียบกับผลในการลดค่าใช้จ่ายรายปี ในแต่ละปีว่าจะสามารถคุ้มค่าการลงทุนในปีที่ใด หลังจากเริ่มลงทุนในปีแรก โดยทั้งนี้จะพิจารณาถึงอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีต่อๆไป มีสมการในการคำนวณคือ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\ln [\{(r-d)*c\} / A + 1]}{\text{Ln} [(1+r) / (1+d)]}$$

เมื่อ A คือ ค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปี

c คือ ค่าเงินลงทุน

d คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้พิจารณา

r คือ อัตราเงินเฟ้อ

2.6 แนวความคิดในการจัดทำแผนงานด้านการใช้พลังงาน

หลักในการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานให้ได้ผลจะต้องเริ่มจากระดับบริหารว่ามีวัตถุประสงค์หรือความตั้งใจเพียงใดในการดำเนินการประหยัดพลังงานให้ได้ผล เมื่อมีวัตถุประสงค์เกี่ยวกับเรื่องปะหยัดพลังงานแล้ว จะต้องจัดลำดับโครงการประหยัดพลังงานให้มีความสำคัญอยู่ในลำดับแรกๆ และต้องให้การสนับสนุนทั้งทางด้านกำลังคนและทรัพยากร การประหยัดพลังงานจะได้ผลจะต้องประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 6 ข้อดังนี้

1) การกำหนดนโยบายในการอนุรักษ์พลังงาน

ในการอนุรักษ์พลังงานจะต้องมีการกำหนดหรือการตัดสินใจในการกำหนดนโยบายจากฝ่ายบริหาร และจะต้องพิจารณาขอบเขตในการดำเนินงานว่าจะทำตลอดหน่วยงานหรือเพียงบางส่วน และในการนี้ควรจะมีทีมผู้ปฏิบัติงาน ผู้จัดการด้านอนุรักษ์พลังงาน ทำหน้าที่รับผิดชอบและควบคุมมาตรการต่าง ๆ และประสานงานกับองค์การต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้จะต้องมีการจูงใจพนักงานให้มีจิตสำนึก และร่วมมือกันในการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง

2) การสำรวจการใช้พลังงานเบื้องต้น

ในการสำรวจการใช้พลังงานเบื้องต้นจะเป็นการรวบรวมข้อมูล ปริมาณราคาของพลังงานที่ใช้ในหน่วยงานใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละเดือน หรือแต่ละปี ปริมาณของผลผลิต และถ้าเป็นไปได้ศึกษาถึงข้อมูลของการใช้พลังงาน สมรรถนะของอุปกรณ์แต่ละตัวหรือในองค์กรย่อยแต่ละหน่วย ข้อมูลเหล่านี้อาจจะได้จากใบเสร็จค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และจากข้อมูลการตรวจสอบเป็นประจำของหน่วยงาน

ข้อมูลที่ได้จะแสดงให้เป็นถึงสภาพปริมาณ และราคาของพลังงานที่ใช้ในแต่ละรูปแบบรวมไปถึงสัดส่วนการใช้พลังงาน โดยพลังงานที่มีปริมาณการใช้มาก จะมีแนวโน้มที่จะสามารถลดปริมาณการใช้งานได้มาก และพลังงานที่มีราคาสูงจะต้องระมัดระวังการใช้อย่าให้มีการสูญเสียเกิดขึ้น และข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละเดือนสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงสถานการณ์การใช้พลังงานในอดีตว่าเหมาะสมหรือไม่ และเตรียมหามาตรการในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงในระยะเวลาต่อไป ในการจัดทำข้อมูลเบื้องต้นมักจะพิจารณาค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ (Specific Energy Consumption) ซึ่งเป็นค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิต ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีบอกชี้สภาพการใช้พลังงานว่ามีประสิทธิภาพดีหรือไม่ โดยค่าพลังงานจำเพาะถ้ามีค่าน้อย แสดงว่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยมีค่าสูง ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เทียบกับปีก่อน เพื่อใช้ในการกำหนดเป้าหมายและมาตรการเพื่อให้ได้ค่าดัชนีที่เหมาะสม และยังสามารถนำไปเปรียบเทียบค่าดังกล่าวกับหน่วยงานที่มีสภาพคล้ายคลึงกัน

3) การกำหนดนโยบาย และแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน

จากผลการสำรวจเบื้องต้น ข้อมูลที่ได้จะนำไปหารือกับฝ่ายบริหาร เพื่อให้ทราบถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และจะมีการกำหนดนโยบายด้านอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ทุกระดับเข้าใจถึงแนวทางในการทดสอบหาและตรวจวัด และเปรียบเทียบข้อมูลในอุปกรณ์ที่ดำเนินการอยู่ และมีความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน

ในขั้นตอนนี้คณะทำงานด้านพลังงานมักจะศึกษา ถึงวิธีการอนุรักษ์พลังงานซึ่งส่วนใหญ่จะมี 3 ลักษณะได้แก่

ก) การดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่สภาพเรียบร้อย มีการสูญเสียน้อยที่สุด (house keeping)

ข) การปรับปรุงอุปกรณ์/กระบวนการ เพื่อลดการใช้พลังงานหรือใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ค) การนำอุปกรณ์ที่มีสมรรถนะสูงมาใช้งาน

การดูแลอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพการทำงานเป็นวิธีง่ายๆ ตัวอย่างเช่น การตรวจการรั่วไหลของไอน้ำ การหุ้มฉนวนท่อน้ำร้อนหรือไอน้ำที่เสื่อมสภาพ การซ่อมแซมท่อลมที่มีการไหลเป็นต้น วิธีการเหล่านี้จะสามารถประหยัดการใช้พลังงานอาจได้ถึง 30% โดยมีการลดทุนไม่มากและมีระยะ

เวลาต้นทุนสั้น อาจอยู่ในช่วงประมาณ 4 เดือน วิธีการดังกล่าวสามารถทำได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับการปรับปรุงอุปกรณ์และกระบวนการ เพื่อทำให้การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ มาช่วยในการวิเคราะห์สมดุลพลังงาน ในอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ ตรวจหาพลังงานที่สูญเสีย และหามาตรการหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อลดการสูญเสียของพลังงานซึ่งจะช่วยให้อุปกรณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มาตรการในการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์/กระบวนการจะมีการลงทุนสูงพอสมควร ซึ่งสามารถประหยัดการใช้พลังงานลงได้ถึง 40% และโดยทั่วไปจะมีระยะเวลาคืนทุนราว 1-2 ปี

การนำอุปกรณ์ที่มีสมรรถนะสูงมาใช้งาน จะเป็นการลงทุนค่อนข้างสูงมีระยะเวลาการลงทุนค่อนข้างนานอยู่ในช่วง 2-5 ปี และสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ถึง 30%

ในการหามาตรการหรือแนวทางในการประหยัดพลังงาน จะต้องมีการสำรวจการใช้พลังงานอย่างละเอียด และจะต้องมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป สำหรับการสำรวจการใช้พลังงานอย่างละเอียด จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมดุลพลังงานที่อุปกรณ์/กระบวนการ ซึ่งจะต้องมีการรายงานผลอย่างสม่ำเสมอ

4) การจัดแนวทางในการประหยัดพลังงาน

จากข้อมูลเบื้องต้นจะมีส่วนช่วยในการหาแนวทางในการประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบการตัดสินใจ และเมื่อกำหนดแนวทางต่าง ๆ เมื่อนำมาปฏิบัติแล้วจะต้องมีการรายงานผลความก้าวหน้าเป็นระยะ โดยกำหนดเป้าหมายที่ต้องการในการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดต้นทุนการผลิตด้วย โดยการตั้งเป้าหมายในปีแรก หรือ 2 ปีแรก อาจกำหนดให้มีการประหยัดพลังงานลด 10% และปรับความเหมาะสมให้ได้ถึง 30% เมื่อครบ 5 ปี เป็นต้น

การเตรียมแผนงานปรับปรุงหลังจากที่ได้วิเคราะห์สถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบันเรียบร้อยแล้วและพบว่ามีพลังงานสูญเสียจำนวนมาก สามารถประหยัดได้ ขั้นตอนต่อไปก็คือการจัดทำแผนงานปรับปรุง ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินงานอยู่ 3 ขั้นตอน คือรวบรวมความคิด จัดทำแผนและวิเคราะห์แผน

ก) การรวบรวมแนวความคิด

ถึงแม้ว่าวิศวกรผู้รับผิดชอบโครงการจะต้องทำหน้าที่ออกความคิด สร้างแผนงานปรับปรุงด้วยตนเอง โดยตรงก็ตาม แต่การรวบรวมความคิดจากผู้ปฏิบัติการในส่วนต่างๆ ซึ่งทำงานเต็มเวลาในพื้นที่ทำงานนั้นๆและจากวิศวกรแขนงต่างๆ ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านพลังงานการผลิต การควบคุม การบำรุงรักษาและด้านความปลอดภัย จะช่วยให้ได้แผนที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

ข) การจัดทำแผนงานปรับปรุง

จากแนวความคิดต่างๆที่ได้จากหัวข้อ ก.จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้านเทคนิค เพื่อชี้ชัดถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการอื่นๆกับคุณภาพของผลผลิต ขีดจำกัดสูงสุดของการผลิต สภาพ

แวดล้อมของการทำงาน มลภาวะสิ่งแวดล้อมและด้านความปลอดภัย แล้วแบ่งแนวความคิดออกเป็น 3 ระดับคือ

- แนวความคิดที่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างแน่นอน
- แนวความคิดที่อยู่ในขั้นทดลอง
- แนวความคิดที่ยังไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะนำไปปฏิบัติได้

ค) การประเมินแผนงาน

แผนงานประหยัดพลังงานที่ได้เสนอไว้จะต้องได้รับการประเมินผลประสิทธิภาพในเทอมของเงินลงทุน ระยะเวลาของการคืนทุนและควรจำแนกแผนตามลำดับความสำคัญด้วย

4) การนำแผนงานปรับปรุงไปปฏิบัติ

ก่อนปฏิบัติงานต้องมีการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งในเรื่องของเนื้อหาสาระ ระยะเวลาที่ใช้ วิธีการดำเนินงานและตัวประกอบอื่นๆว่าถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ จากนั้นต้องชี้แจงให้บุคคลที่เกี่ยวข้องและบุคคลข้างเคียงทราบถึงรายละเอียดของการดำเนินงาน

แผนที่ได้เสนอไว้ต้องได้รับการนำไปปฏิบัติ มีการวัดและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ควรได้รับตามที่ได้กำหนดไว้ในแผนงานและอาจมีการปรับแผนให้เหมาะสมขึ้น

5) การประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ในการทำโครงการประหยัดพลังงานหรือโครงการใดๆ เมื่อนำแผนงานไปปฏิบัติแล้วจะต้องมีการประเมินผลลัพธ์ด้วย เพื่อบอกให้ทราบว่าโครงการที่ตั้งขึ้นนั้นประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด ถ้าไม่สำเร็จเกิดจากสาเหตุใด ผลการประเมินจะชี้ให้เห็นว่าผลที่ได้คุ้มค่ากับความพยายามและค่าใช้จ่ายต่างๆที่ต้องเสียไปหรือไม่

6) ความต่อเนื่องของโครงการ

โครงการประหยัดพลังงานมีลักษณะเป็นโครงการแบบต่อเนื่อง เมื่อเริ่มดำเนินการแล้วจะหยุดไม่ได้ การประหยัดพลังงานจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวัน ซึ่งสามารถแปรเปลี่ยนไปได้ เช่นการลดพลังงานที่สูญเสียของหม้อน้ำจะทำได้โดยการปรับอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม การหุ้มฉนวนกันความร้อน ระบบต่างๆเหล่านี้จะใช้ได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไประบบต่างๆเหล่านี้จะทำงานเปลี่ยนไปเช่นอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม ฉนวนกันความร้อนชำรุด ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนมากขึ้นเป็นต้น การประหยัดพลังงานจึงต้องมีการติดตามอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างเหมาะสม ระบบที่ใช้ติดตามความต่อเนื่องได้ดีคือ การจดบันทึกและรายงานผลที่ดีจะบอกให้ผู้ควบคุมและผู้บริหารทราบว่ามีการใช้พลังงานชนิดต่างๆไปในส่วนใดบ้างและใช้ในส่วนใดมากเป็นพิเศษ มีแนวโน้มว่าจะเปลี่ยนไปจากสภาพปัจจุบันอย่างไร

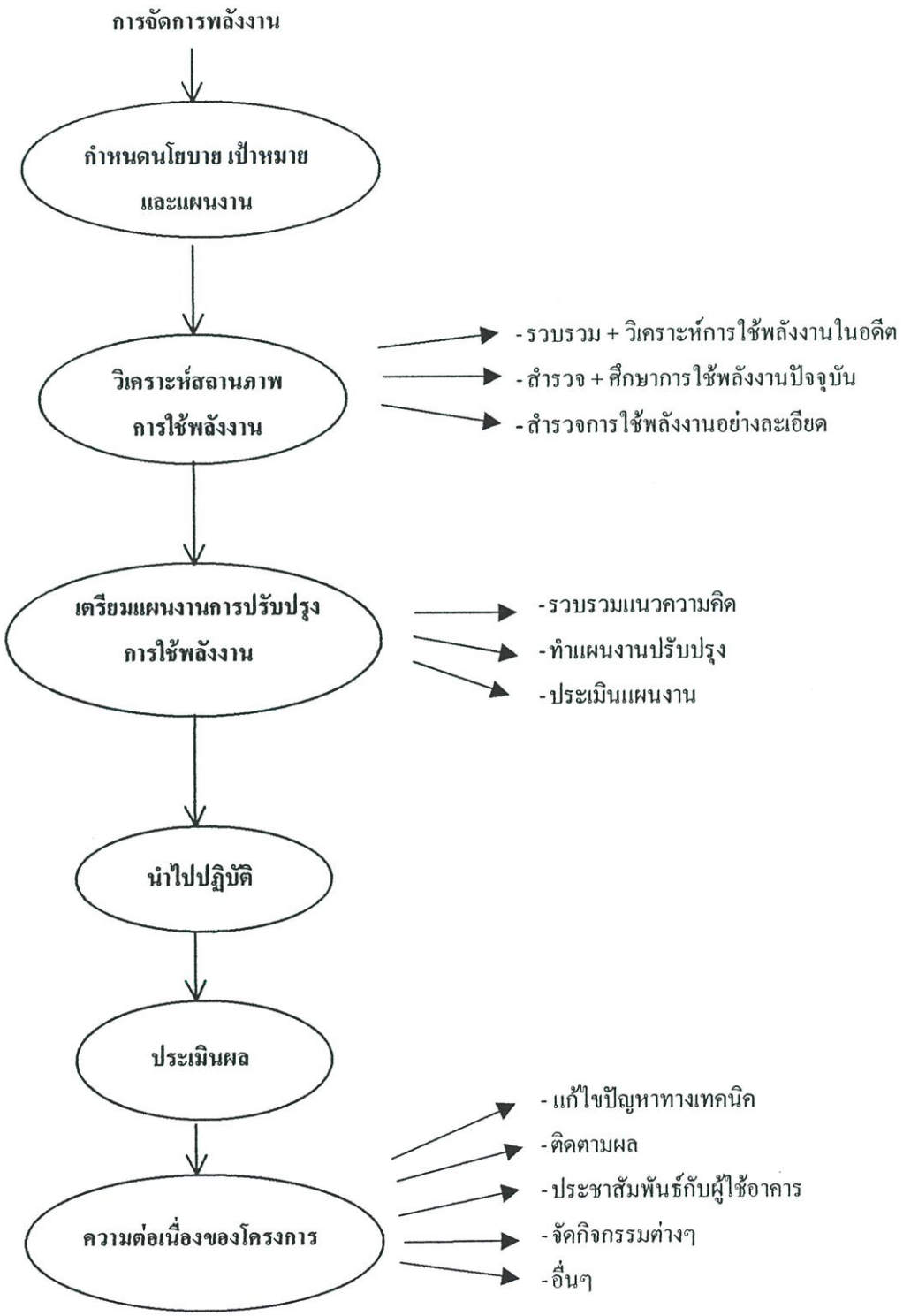
โครงการประหยัดพลังงานเป็นงานส่วนหนึ่งของการบริหารการใช้พลังงานหรือจัดการด้านพลังงาน ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่างๆเพื่อลดความต้องการการใช้พลังงานซึ่งอาจรวมถึงการควบคุมทางด้านนโยบายและปฏิบัติการ การใช้พลังงานอย่างเหมาะสมโดยการใช้พลังงานเป็นขั้นๆเช่นระบบการผลิตพลังงานร่วมระหว่างไฟฟ้าและความร้อนในเวลาเดียวกัน การเลือกใช้เชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมทั้งด้านราคาและแหล่งที่มา

การบริหารโครงการต้องมีคณะกรรมการหรือทีมงานที่รับผิดชอบโดยตรง เพื่อทำหน้าที่กำหนดเป้าหมาย ควบคุมการดำเนินการ ติดตามผลและประเมินผล ทำให้โครงการดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและประสบผลสำเร็จ ทีมงานชุดนี้จะมีผู้จัดการพลังงานเป็นประธาน การจะมีผู้จัดการพลังงานหรือไม่ขึ้นอยู่กับขนาดโครงการ ปริมาณการใช้พลังงานและสัดส่วนของค่าพลังงานต่อต้นทุนการผลิตทั้งหมด

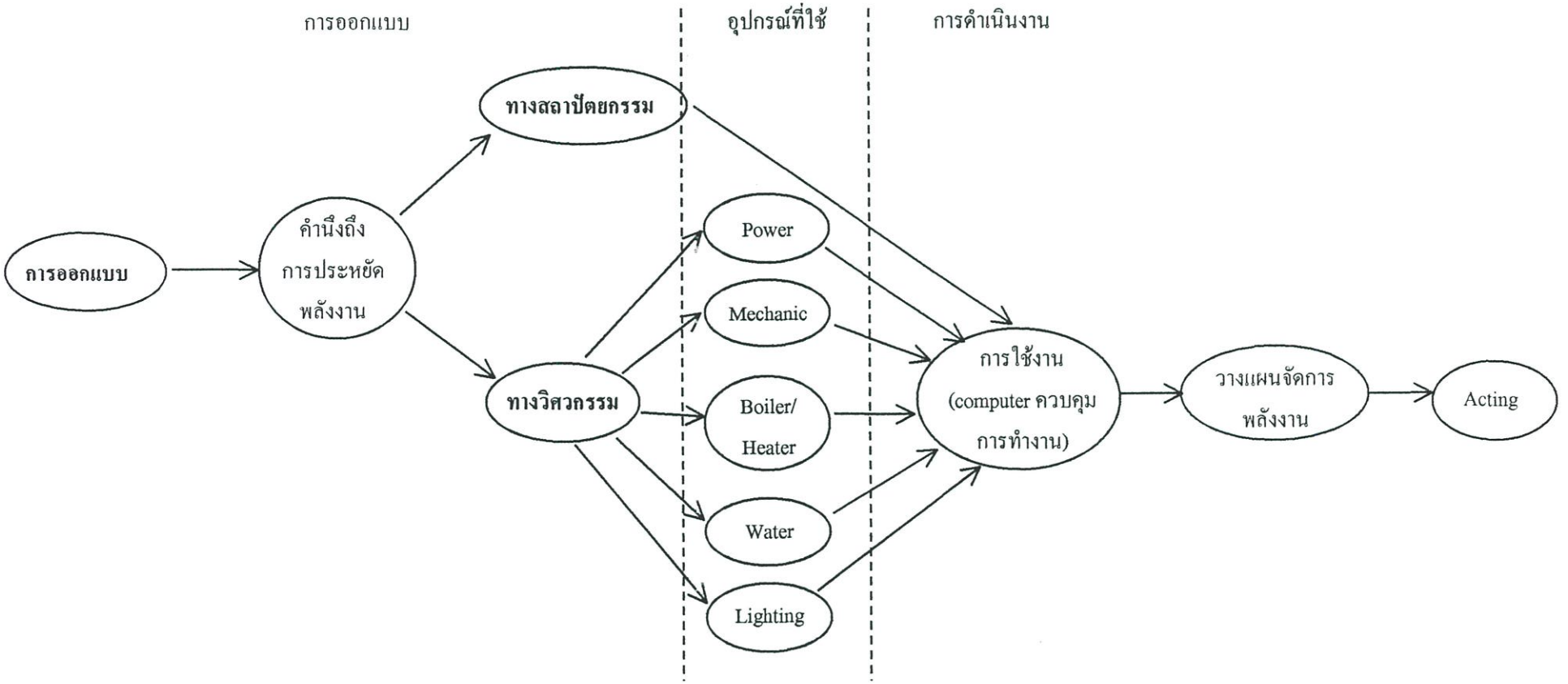
การจัดกิจกรรมการจัดการพลังงานและสร้างแรงจูงใจให้กับผู้ใชอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร ต้องมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เป็นไปตามนโยบายและเป้าหมายที่วางไว้

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีพลังงานรูปแบบใหม่ เช่นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลม ระบบความร้อนปล่อยทิ้ง ระบบสะสมพลังงานและอื่นๆ เป็นต้น

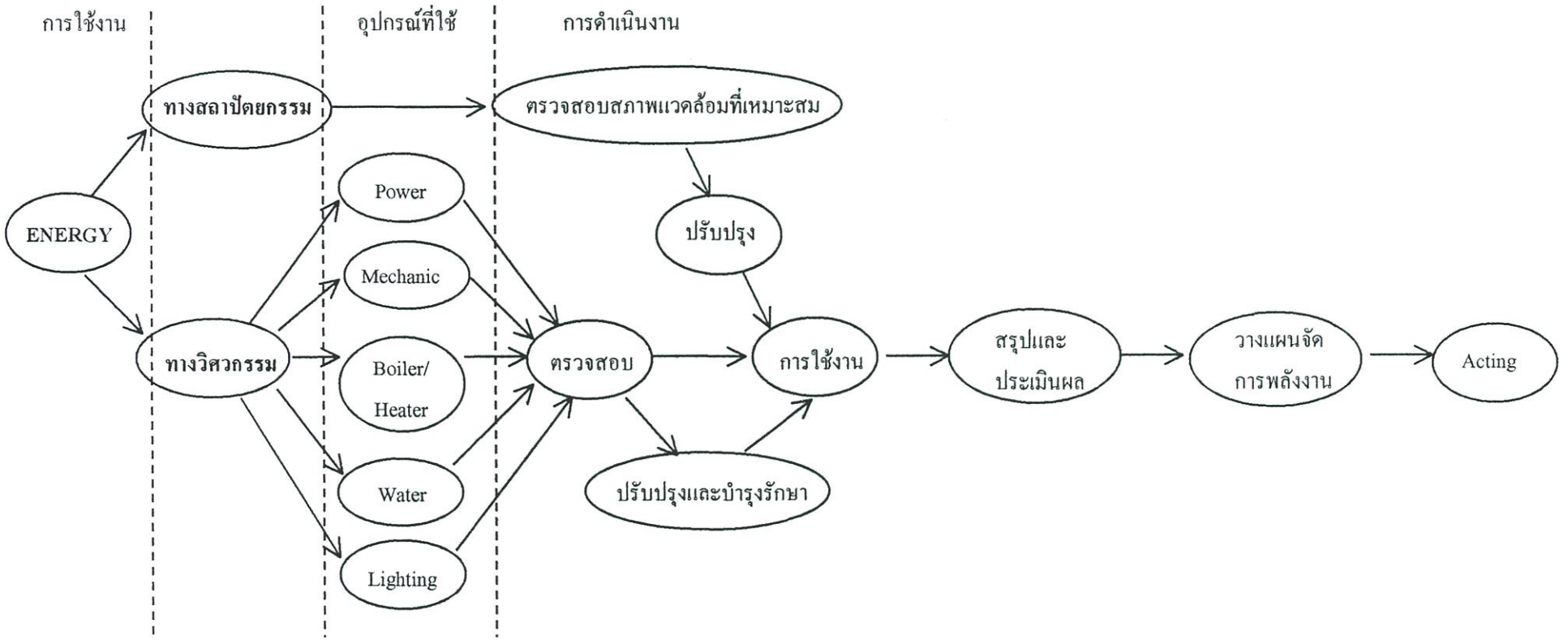
การจัดการพลังงานในอาคารทั่วไป[9]



[9] ที่มา: เอกสารเผยแพร่ "คู่มือการจัดการและการสร้างแรงจูงใจทีมงานเพื่อการประหยัดพลังงาน". กองฝึกอบรม กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2.30 ผังการจัดการพลังงานในอาคารสำหรับอาคารใหม่



ภาพที่ 2.31 ผังการจัดการพลังงานในอาคารสำหรับอาคารที่มีอยู่

แนวทางการตรวจสอบและปรับปรุง

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
ทางสถาปัตยกรรม	1.1 สภาพแวดล้อมของอาคาร ↓ 1.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร 1.2.1 ทางผนัง 1.2.2 ทางหลังคา	1) เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับอาคาร 1) ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำ shading ติด film ที่ช่องเปิด ลดพื้นที่ช่องเปิด เปลี่ยนชนิดกระจกช่องเปิด ติดตั้งฉนวนผนัง เปลี่ยนสีผนังอาคาร ลดรอยรั่วของผนัง+ช่องเปิด ทำ shading ติดตั้งฉนวนหลังคา ติดตั้งวัสดุมุงหลังคา เปลี่ยนสีหลังคา ลดรอยรั่วของหลังคา	

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
ทางวิศวกรรม			
2. Power	2.1 ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ ↓ 2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า ↓ 2.3 พลังไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร	1) ย้ายไปยังที่เหมาะสมกว่า 2) ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม 1) ย้าย Load เพื่อลดจำนวนหม้อแปลง 2) เพิ่มจำนวนหม้อแปลง 1) ควบคุมพลังไฟฟ้าสูงสุด 2) ลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 3) แก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง	
Mechanic			
3. Aircondition	3.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 3.2 การทำงานของระบบ	1) เปลี่ยนอุปกรณ์เป็นแบบประหยัดพลังงาน 1) ลดการรั่วไหลของอากาศ 2) ลดระยะเวลาทำงานของระบบ 3) ปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสม 4) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน 5) อื่นๆ	1) ลดพื้นที่ใช้งานบางช่วงเวลา

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
4. Elevator	4.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์	1) เปลี่ยนอุปกรณ์	1) ควบคุมการจอดรอในชั้นที่มีการใช้งานมาก
5.Escalator	5.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 5.2 การใช้งานอุปกรณ์	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ 1) ติด Sensor ให้ทำงานเมื่อมีคนเดินผ่าน	1) ลดการทำงานของอุปกรณ์
6. Boiler/Heater	6.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 6.2 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูง 2) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับปริมาณอากาศ 3) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 4) เปลี่ยนหม้อไอน้ำโดยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น 1) ลดการรั่วไหลของเชื้อเพลิง 2) หาพลังงานอื่นมาเสริม 3) เปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้	

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
7. Water	7.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 7.2 ปริมาณน้ำที่ใช้	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ 1) ลดการรั่วไหลของน้ำ 2) ใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ 3) ใช้ระบบ Sensor ควบคุมปริมาณน้ำ	
8. Lighting	8.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 8.2 จำนวนดวงโคมและระยะเวลาทำงาน ↓ 8.3 ความสว่างแต่ละพื้นที่	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ 1) ติดตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการปิด-เปิดอัตโนมัติ 1) ปรับปรุงระดับความสว่างของแสงให้เหมาะสม 2) ดวงโคมเพิ่ม 3) ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงบริเวณดวงโคม 4) ลดจำนวนดวงโคม 5) การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ 6) อื่นๆ	

บทที่ 3

ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานและเทคนิคที่ใช้ในการประหยัดพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบสถาปัตยกรรมของโรงแรม

โรงแรมเดอะซิตี้ ตั้งอยู่เลขที่ 6/126 ถ.สุขุมวิท อ.ศรีราชา จ. ชลบุรี ก่อสร้างเสร็จและเปิดใช้อาคารเมื่อ พ.ศ. 2535 เป็นอาคารเดี่ยวมีความสูง 13 ชั้น ความสูงชั้นละ 3.50 เมตร ด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศเหนือ เวลาทำงานภายในอาคารวันละ 24 ชั่วโมง ปีละ 365 วัน

พื้นที่ใช้งานของอาคารรวม	24,481.0	ตารางเมตร
พื้นที่ปรับอากาศ	16,833.0	ตารางเมตร
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	5,178.0	ตารางเมตร
พื้นที่จอดรถ	2,470.0	ตารางเมตร

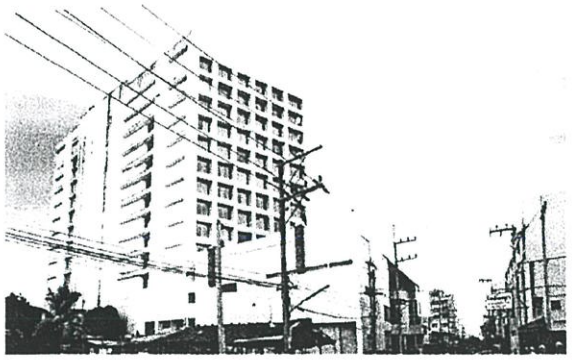
จำนวนห้องพักทั้งหมด 216 ห้อง แบ่งเป็น
- Suit rm. 2 ห้อง
- Corner Rm. 2 ห้อง
- Deluxe rm. 22 ห้อง
- Standard rm. 184 ห้อง

ลักษณะอาคาร

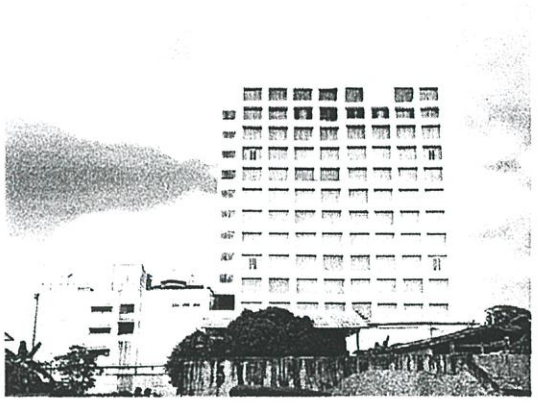
ด้านทิศเหนือ

ด้านทิศตะวันตก

ภาพที่ 3.1 ภาพถ่ายอาคารด้านนอก



ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



อาคารด้านทิศใต้

ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

ภายในอาคารมีการจัดแบ่งพื้นที่ตามชั้นต่างๆเพื่อกิจกรรมภายในโรงแรม ดังผังของโรงแรมในภาพที่ 3.5 ซึ่งสามารถแบ่งอาคารออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆตามลักษณะของกิจกรรมภายในดังนี้

1) ส่วนพื้นที่บริการและสำนักงาน อยู่ชั้นล่างถึงบางส่วนของชั้น 3 และ ชั้นที่ 12 และ 13

2) ส่วนห้องพัก จำนวน 216 ห้อง อยู่ในชั้นที่ 3 ถึง 11

และการจัดเนื้อที่ใช้สอยภายในอาคารเฉพาะส่วนสำคัญแบ่งได้โดยสังเขปดังนี้

ชั้นล่าง ที่จอดรถ ห้องทำงานฝ่ายบุคคล ฝ่ายช่าง ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินและห้องเก็บของ

ชั้นที่ 1 Lobby, Coffee shop ห้องอาหาร ห้องครัวใหญ่ ห้องทำงานแผนกต้อนรับส่วนหน้าและร้านค้า ให้เช่า

ชั้นที่ 2 ห้องอาหารญี่ปุ่น Business center ห้องทำงานฝ่านบริหารและฝ่ายขาย ห้องทำงานฝ่ายบัญชี แผนกซักรีดและร้านค้าให้เช่า

ชั้นที่ 3 Atheletic club สระว่ายน้ำ ห้องทำงานฝ่ายทำความสะอาด ห้องอาหารพนักงาน ร้านค้าให้เช่าและห้องพักแบบ Standard บางส่วน

ชั้นที่ 4-11 ห้องพักแบบต่างๆ

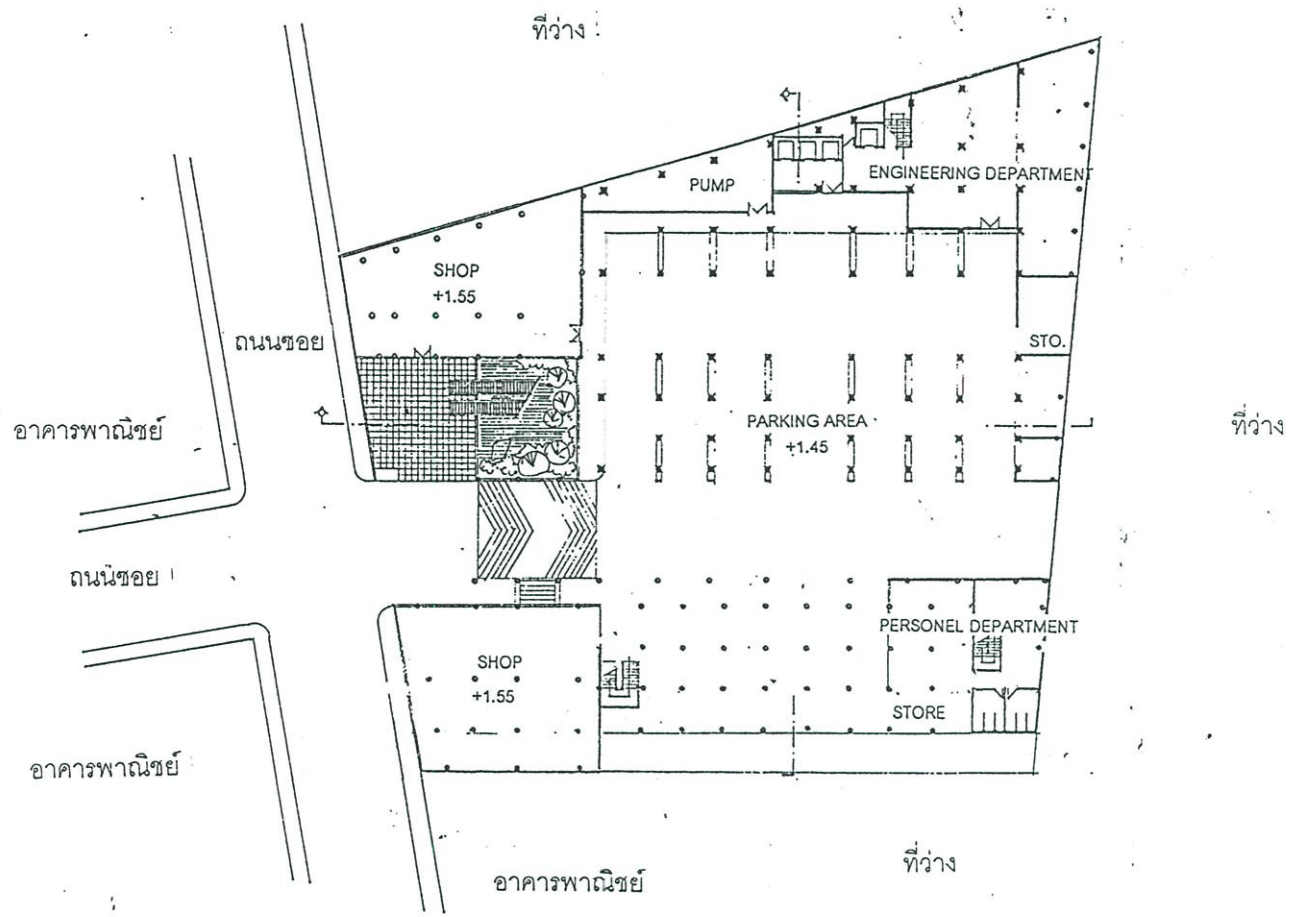
ชั้นที่ 12 ห้องจัดเลี้ยงและส่วนเตรียมอาหาร

ชั้นที่ 13 ห้องควบคุมระบบไฟฟ้าของห้องจัดเลี้ยง

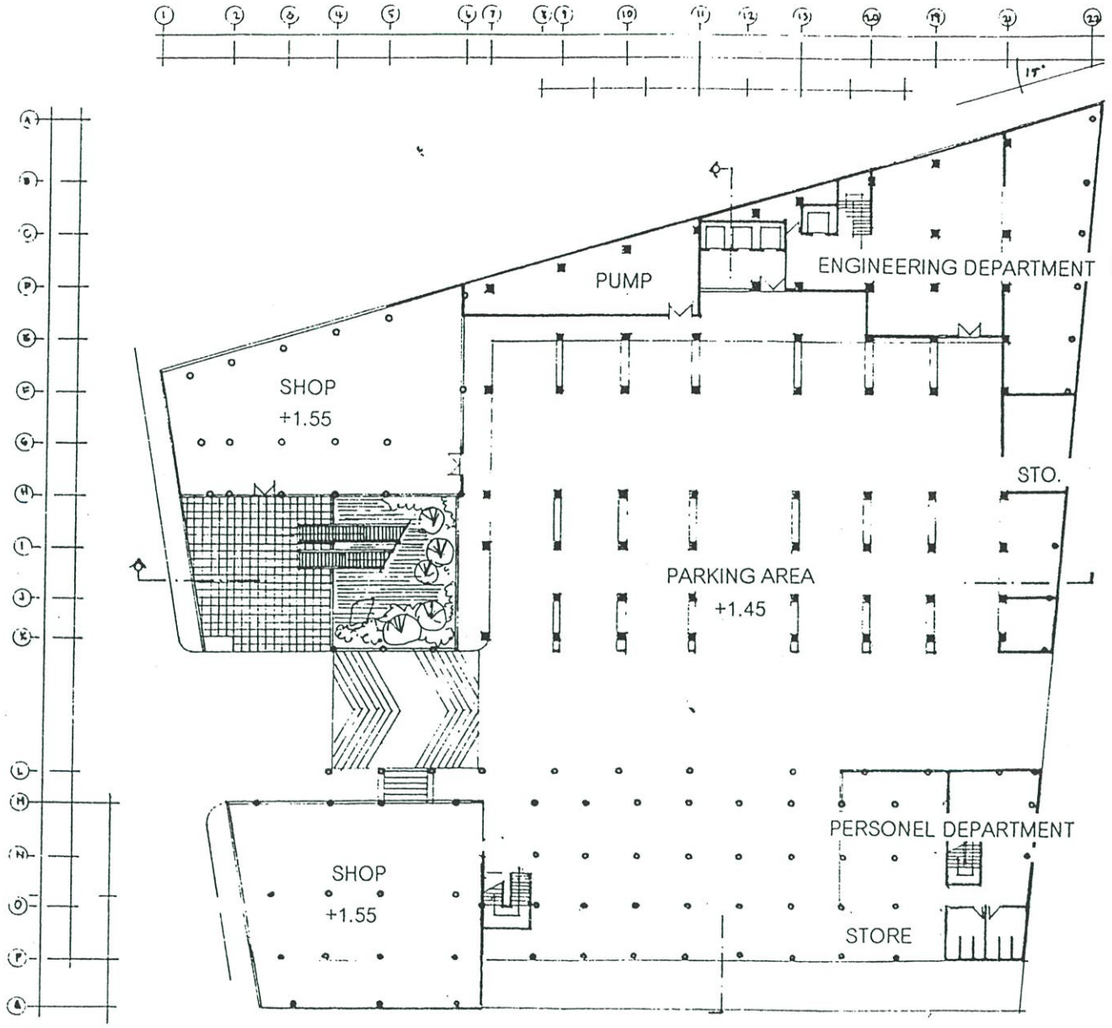
ชั้นที่ 14 ห้องหม้อไอน้ำ

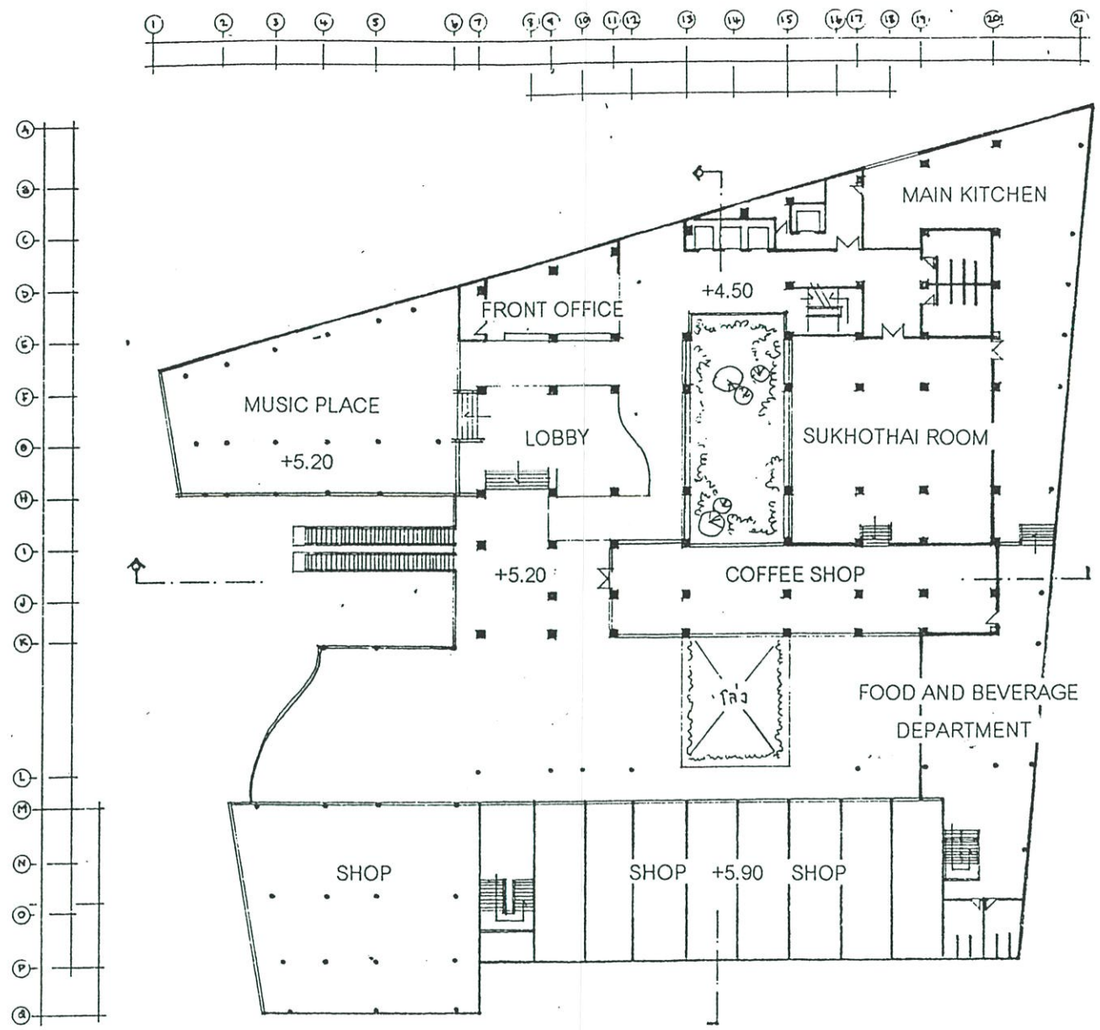
ชั้นที่ 15 ห้องเครื่องลิฟท์และถังเก็บน้ำ

จากขนาดของอาคารและกิจกรรมต่างๆภายในอาคาร จึงส่งผลให้สภาพการใช้พลังงานภายในอาคารมีปริมาณสูงตามไปด้วย ดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 3.2

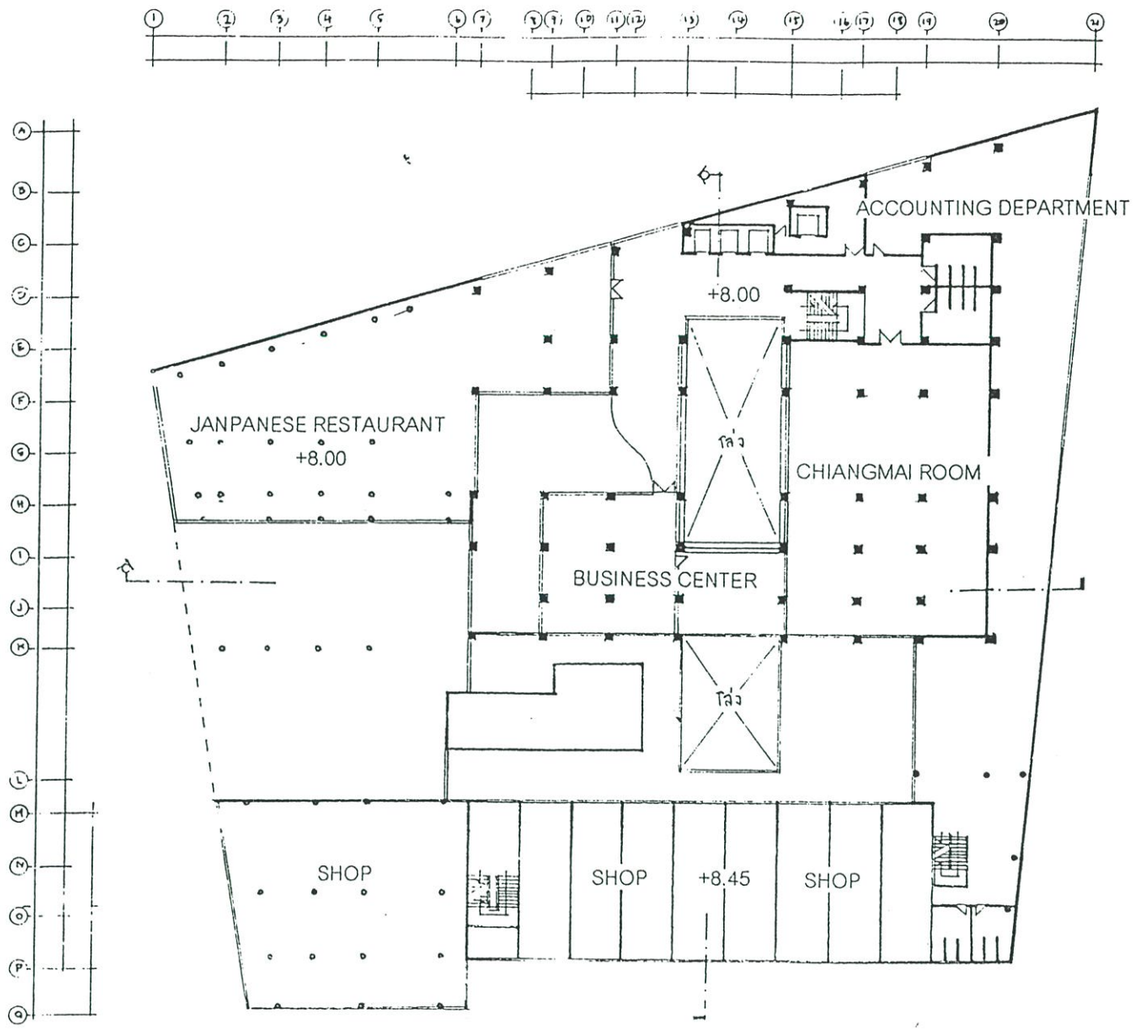


ภาพที่ 3.2 สภาพแวดล้อมอาคาร

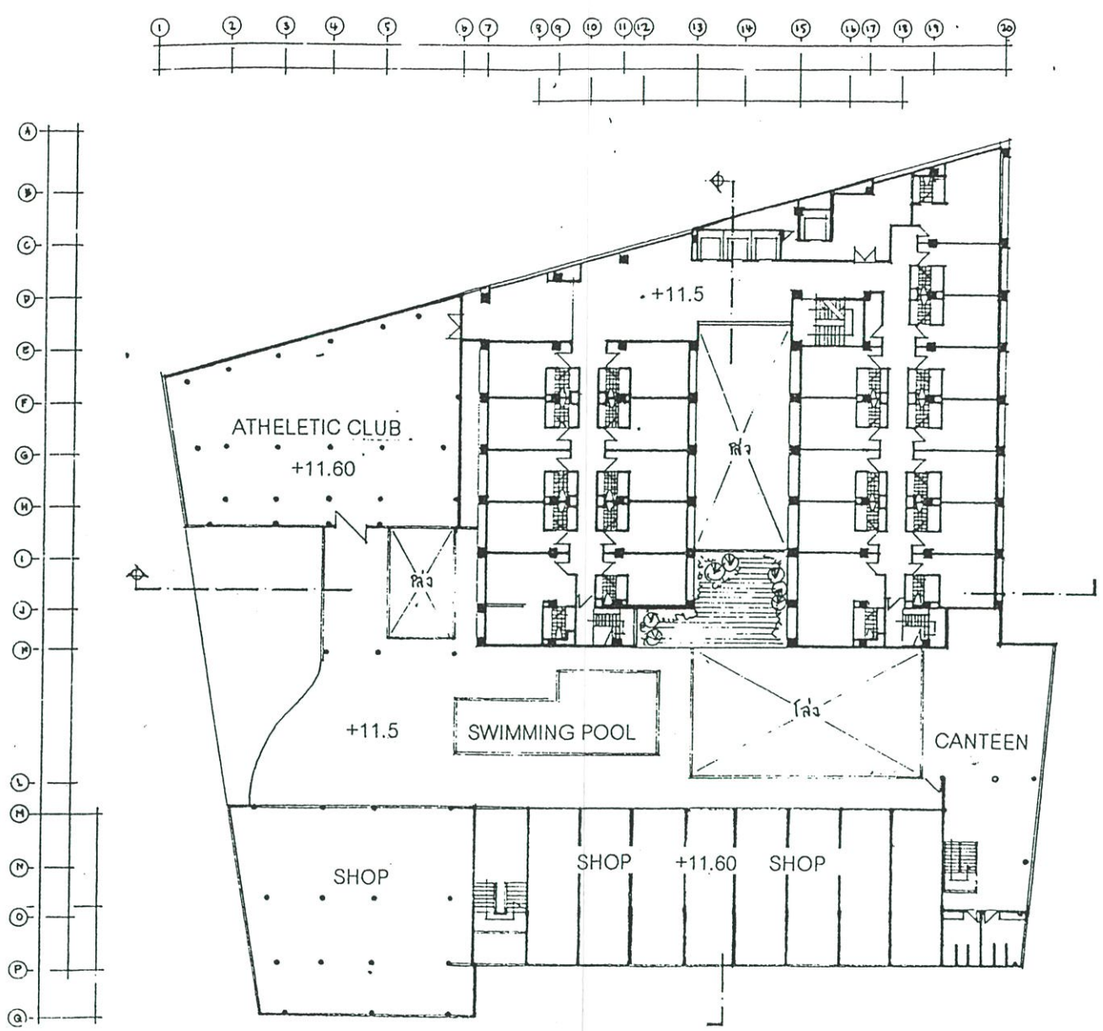




ภาพที่ 3.3 ผังอาคาร

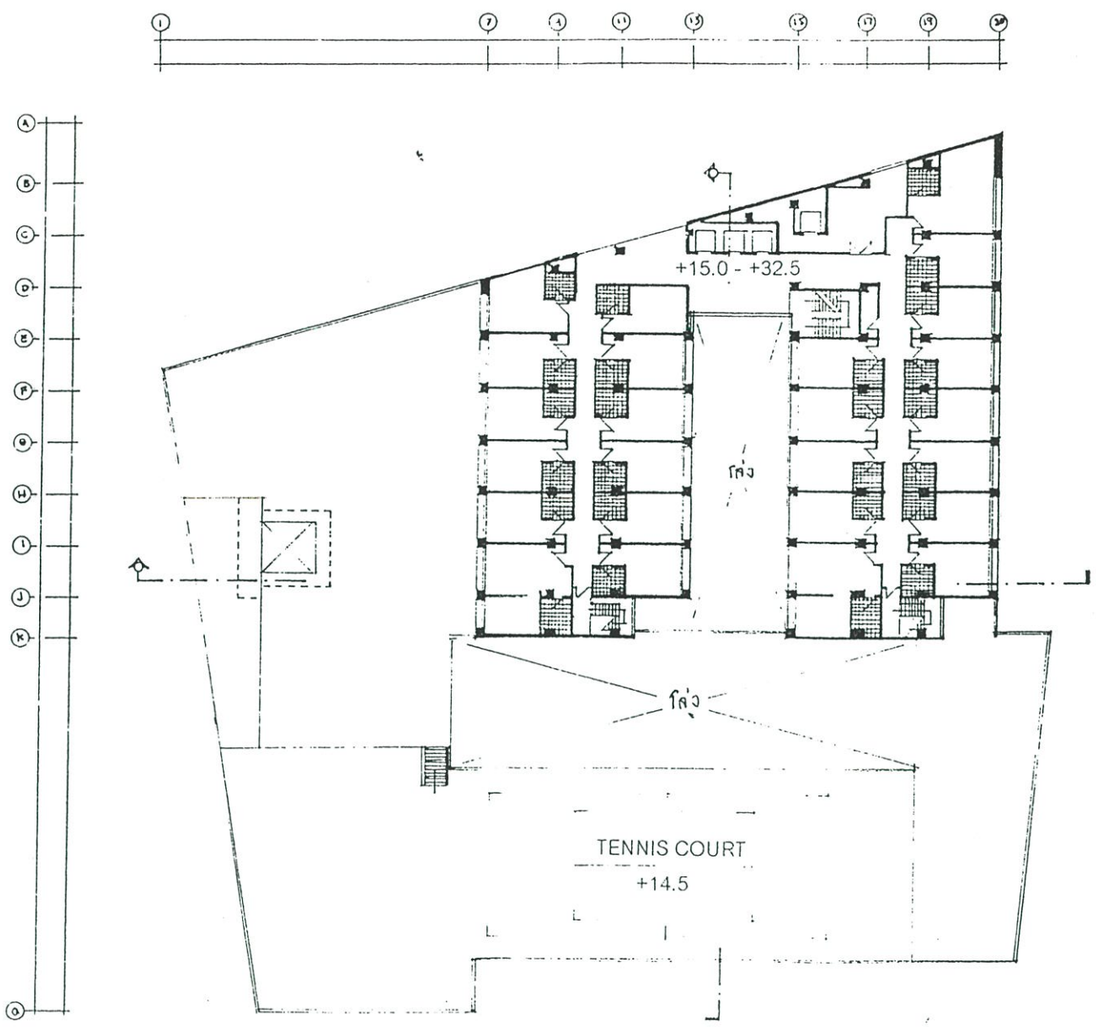


N 2nd FLOOR PLAN SCALE 1:500

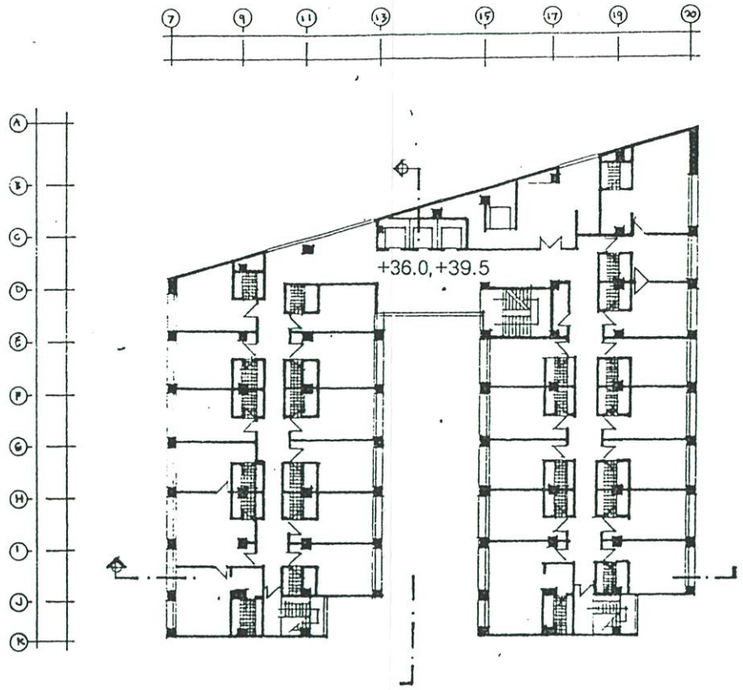


N 3rd FLOOR PLAN SCALE 1:500

ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

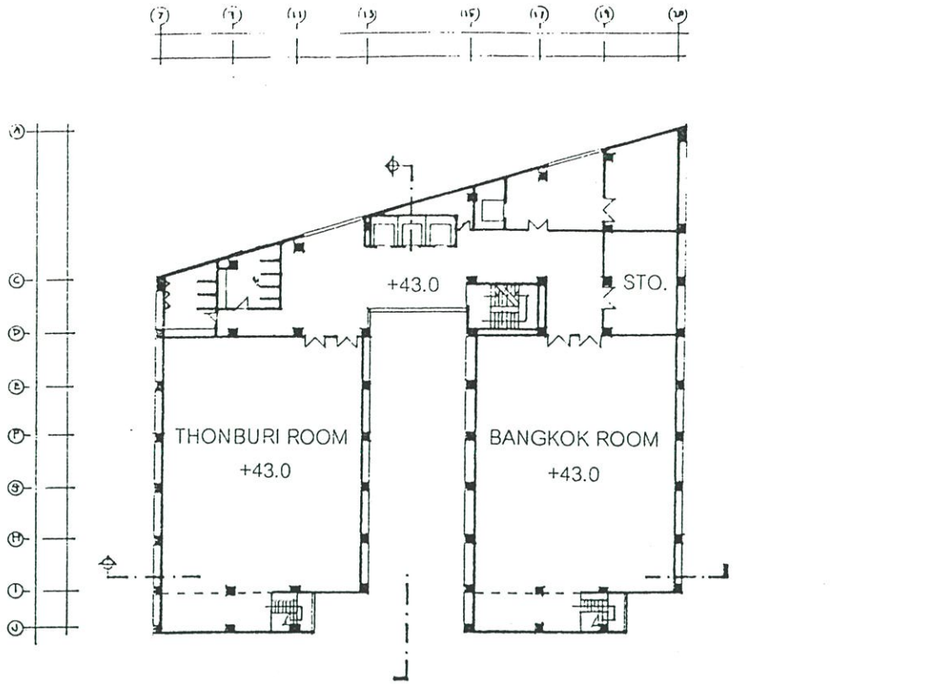


N 4th-9th FLOOR PLAN SCALE 1:500

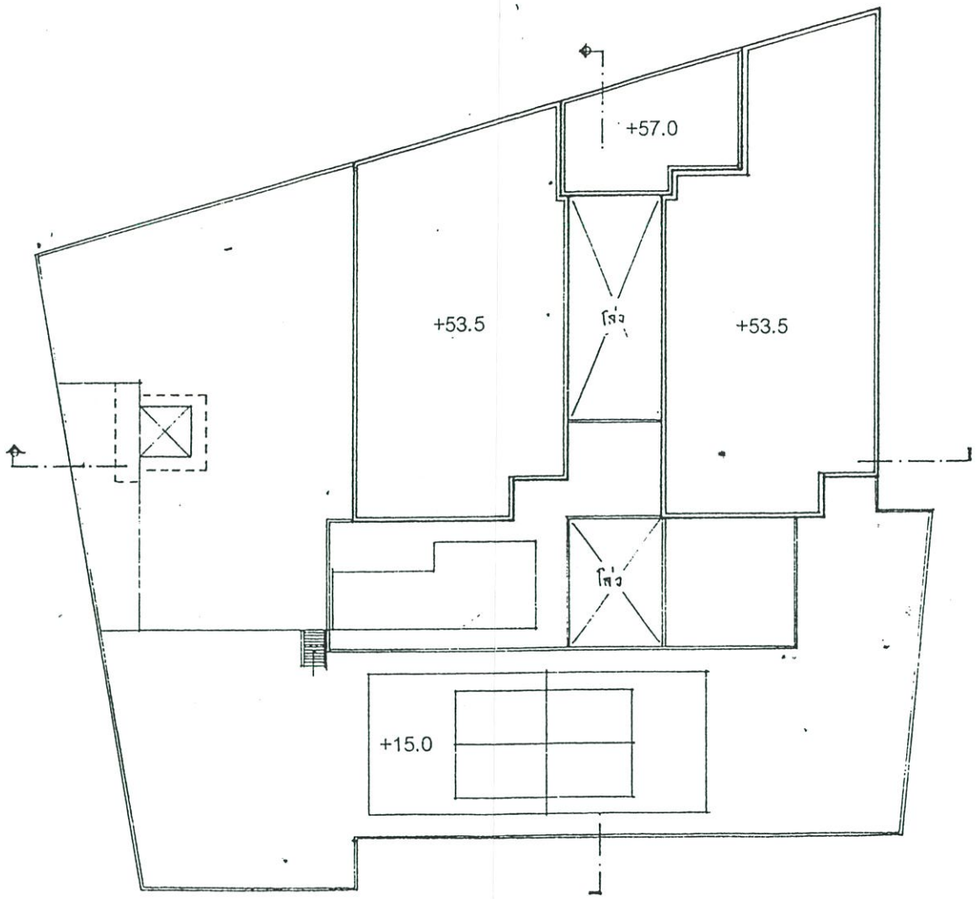


N 10th-11th FLOOR PLAN SCALE 1:500

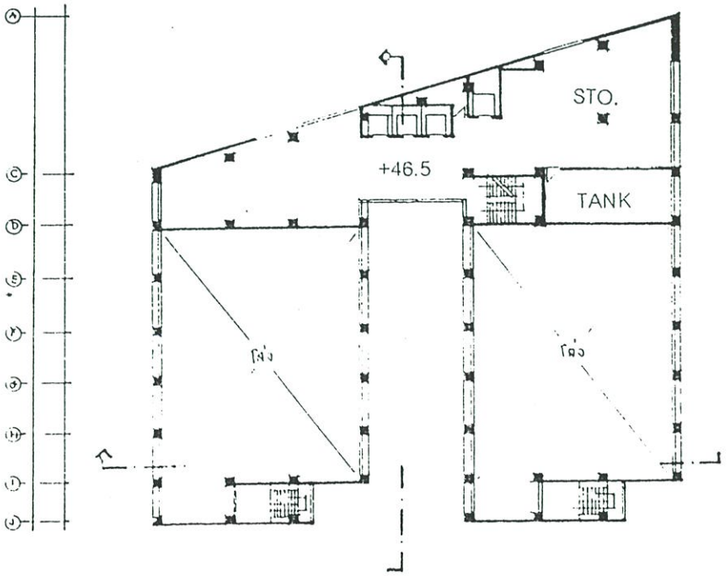
ภาพที่ 3.3 (ต่อ)



N 12th FLOOR PLAN SCALE 1:500

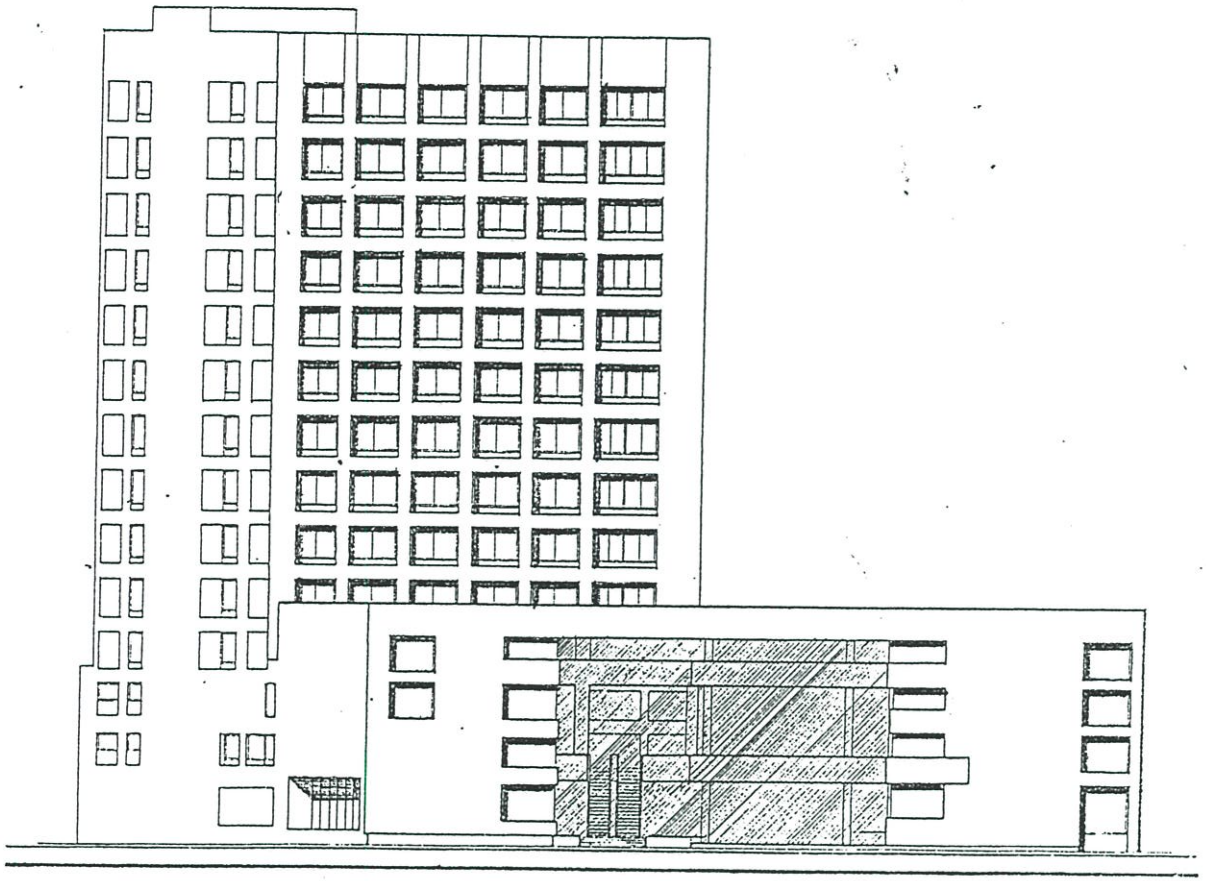


N ROOF FLOOR PLAN SCALE 1:500



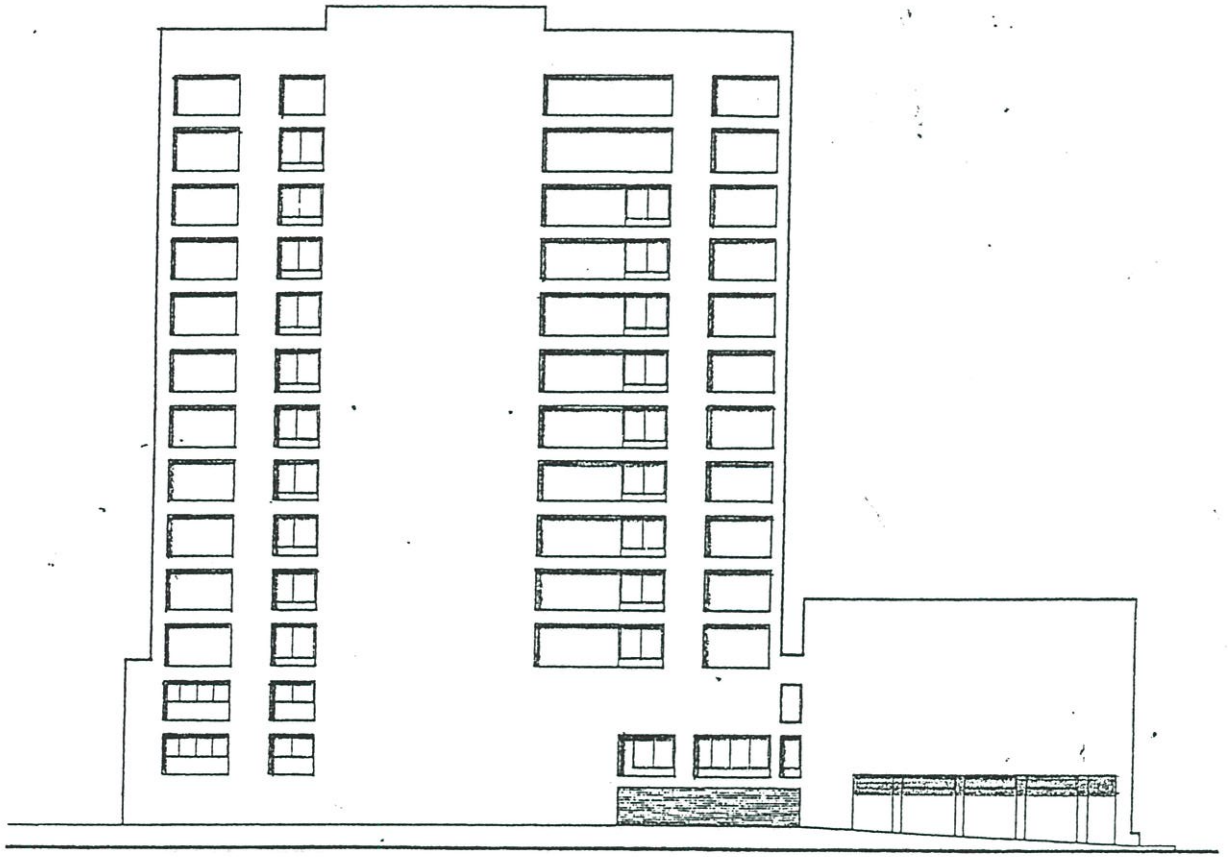
N 13th FLOOR PLAN SCALE 1:500

ภาพที่ 3.3 (ต่อ)



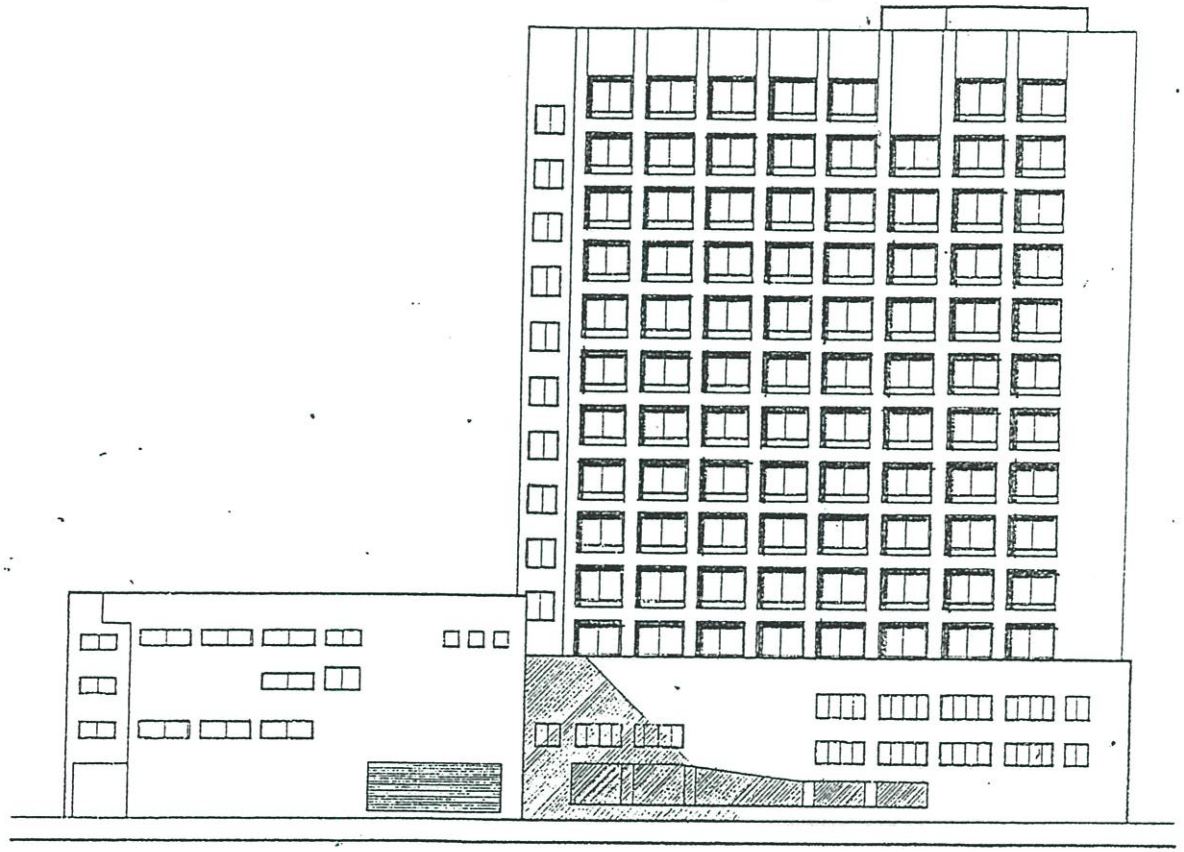
NORTH ELEVATION SCALE 1:500

ภาพที่ 3.4 รูปด้านอาคาร



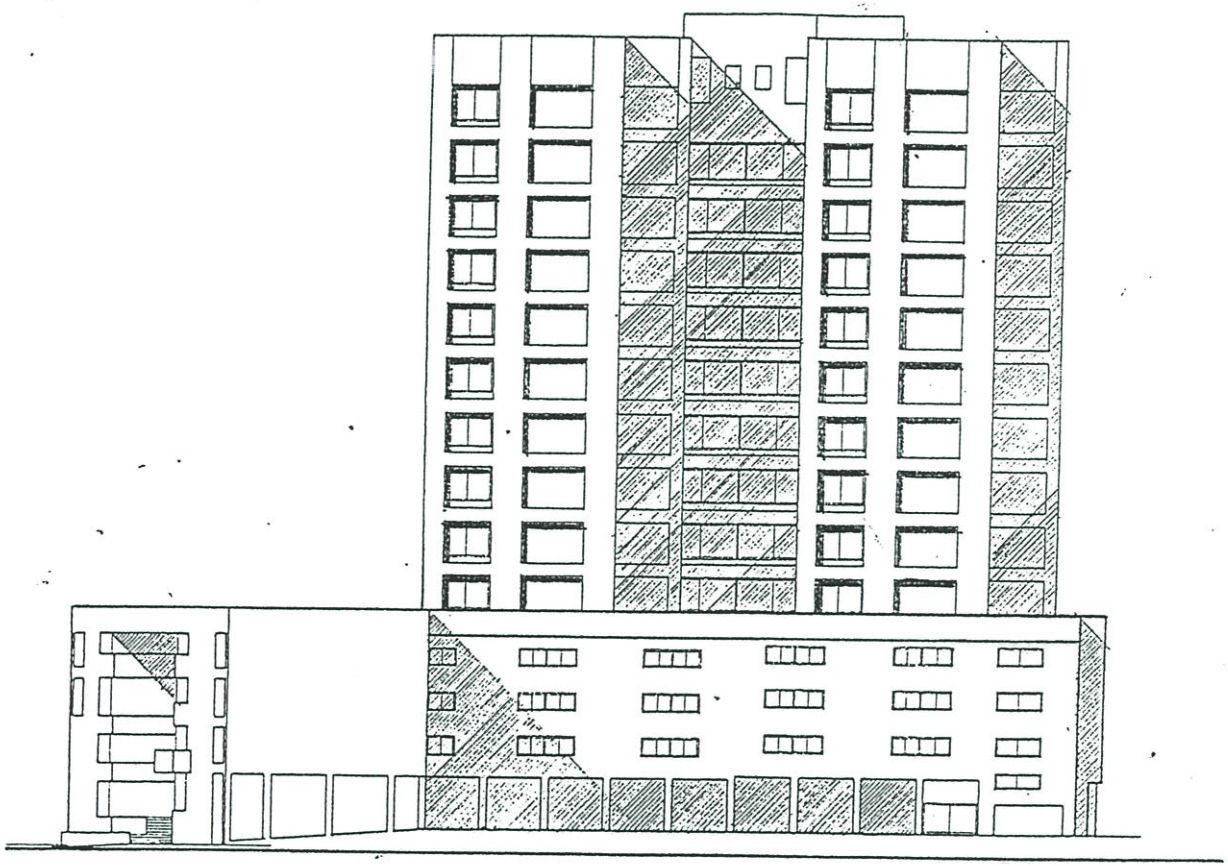
EAST ELEVATION SCALE 1:500

ภาพที่ 3.4 (ต่อ)



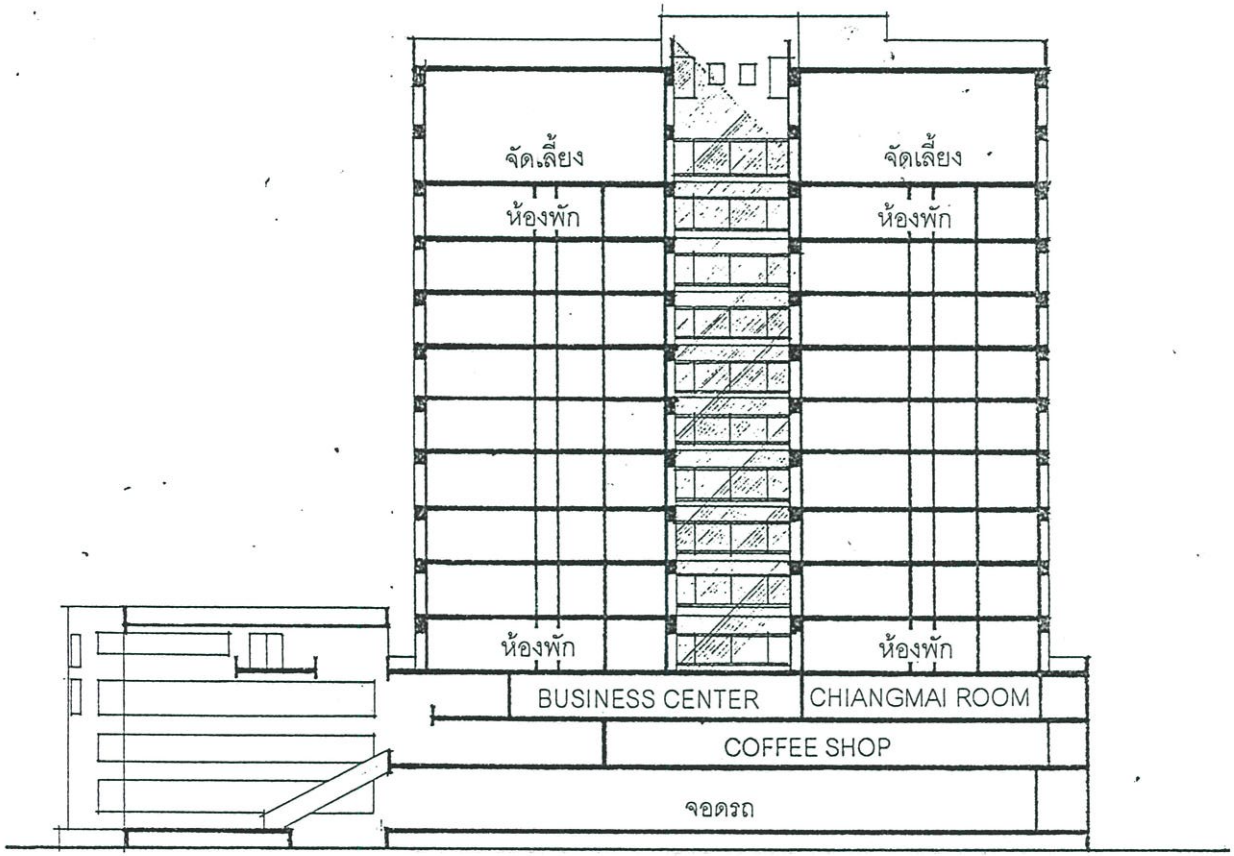
SOUTH ELEVATION SCALE 1:500

ภาพที่ 3.4 (ต่อ)



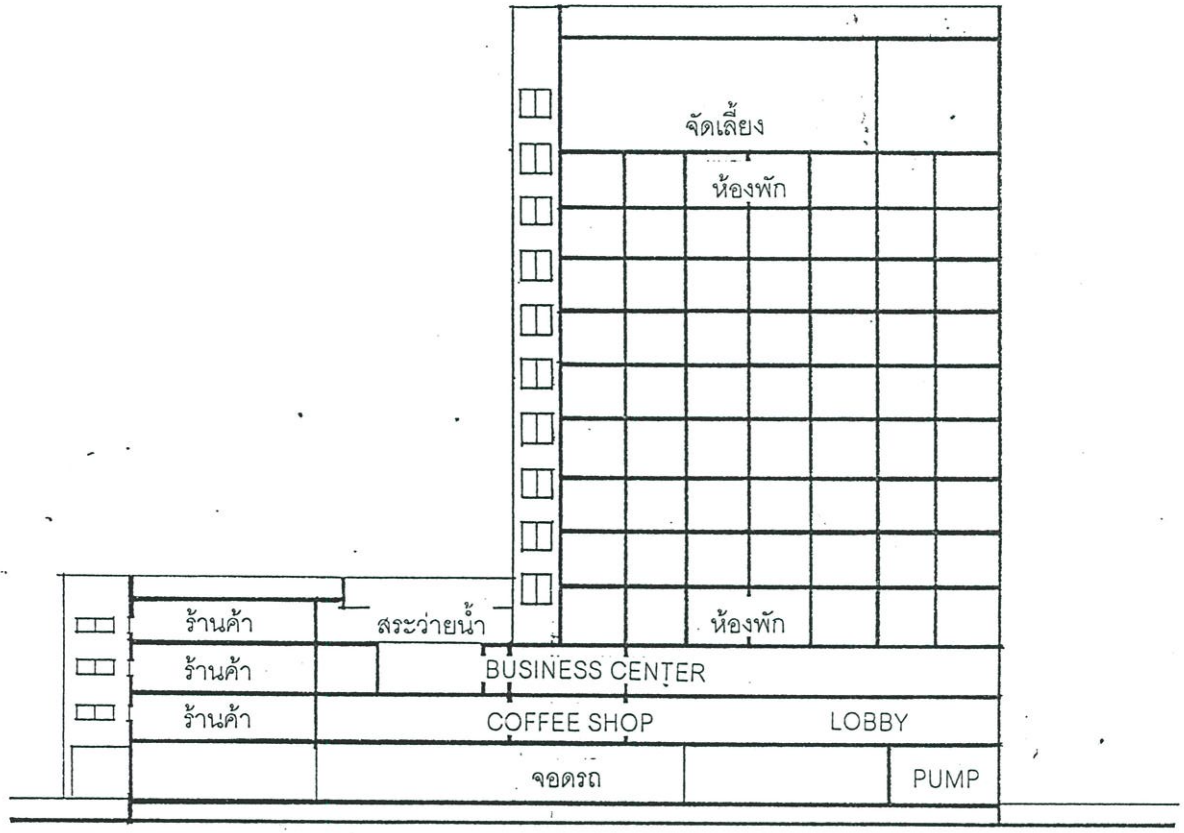
WEST ELEVATION SCALE 1:500

ภาพที่ 3.4 (ต่อ)



SECTION A SCALE 1:500

ภาพที่ 3.5 รูปตัดอาคาร



SECTION B SCALE 1:500

ภาพที่ 3.5 (ต่อ)

ผนัง	ผนังทึบ (Opaque wall)		ผนังโปร่งแสง (Transparent wall)		สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทึบ
	โครงสร้าง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โครงสร้าง	พื้นที่ (ตร.ม.)	
ทิศเหนือ	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	679.84	- ผนังกระจกใสหนา 10 มม.	388	57.06
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2858.36	- ผนังกระจกใสหนา 6 มม.	175.3	6.13
ทิศใต้	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1331.08	- ผนังกระจกใสหนา 6 มม.	614.28	46.15
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	340.52	- ผนังกระจกใสหนา 6 มม.	28.68	8.42
ทิศตะวันตก	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1761.47	- ผนังกระจกใสหนา 6 มม.	280.94	15.95
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	- ผนังก่ออิฐฉาบปูน	362.24	- ผนังกระจกใสหนา 6 มม. - ผนังกระจกใสหนา 10 มม.	41.9 52.16	25.96
หลังคา	- คสล.	5163.5			

3.2 การศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

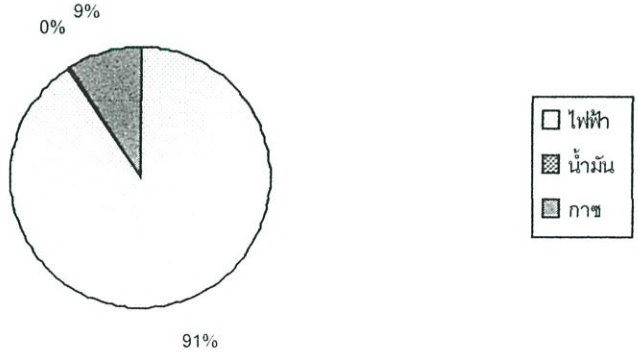
3.2.1) การใช้พลังงานในอาคาร[1]

โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา มีการใช้พลังงาน 3 รูปแบบคือ ไฟฟ้า กาซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และน้ำมันดีเซล โดยพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในอาคาร สำหรับระบบปรับอากาศ แสงสว่าง ปั๊มน้ำและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ กาซปิโตรเลียมเหลวส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนจากหม้อต้มน้ำร้อนให้แก่ห้องพัก ห้องครัวและห้องซักรีด มีบางส่วนใช้ในการประกอบอาหาร แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้ทำการศึกษาเนื่องจากมีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนน้ำมันดีเซลใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับใช้ในอาคาร เฉพาะในกรณีที่กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ดับเท่านั้น จึงมีปริมาณการใช้ไม่แน่นอน

1) พลังงานไฟฟ้า

พลังงานที่ใช้ในอาคารใช้ไปในการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังนี้ หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชุด ระบบแสงสว่าง ระบบขนส่งลิฟท์และบันไดเลื่อน ระบบปรับอากาศ เครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

เนื่องจากอาคารนี้มีการปรับปรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างภายในอาคารในช่วงเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2541 ฉะนั้นข้อมูลที่นำมาคำนวณเพื่อสรุปผลจึงนำการใช้พลังงานชนิดต่างๆ ในช่วงเดือนมิถุนายน 40 – พฤษภาคม 41 ซึ่งเป็นช่วงก่อนที่มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์มาใช้ จากการศึกษาถึงการใช้พลังงานในอาคาร ทำให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานประเภทต่างๆภายในอาคาร ดังกราฟที่ 3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 90.6% ของพลังงานทั้งหมด น้ำมันดีเซล 0.1%และก๊าซ (LPG) 9.3% เห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในอาคาร



ภาพที่ 3.6 การใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร (ช่วงเดือน มิ.ย.40 - พ.ค.41)

---

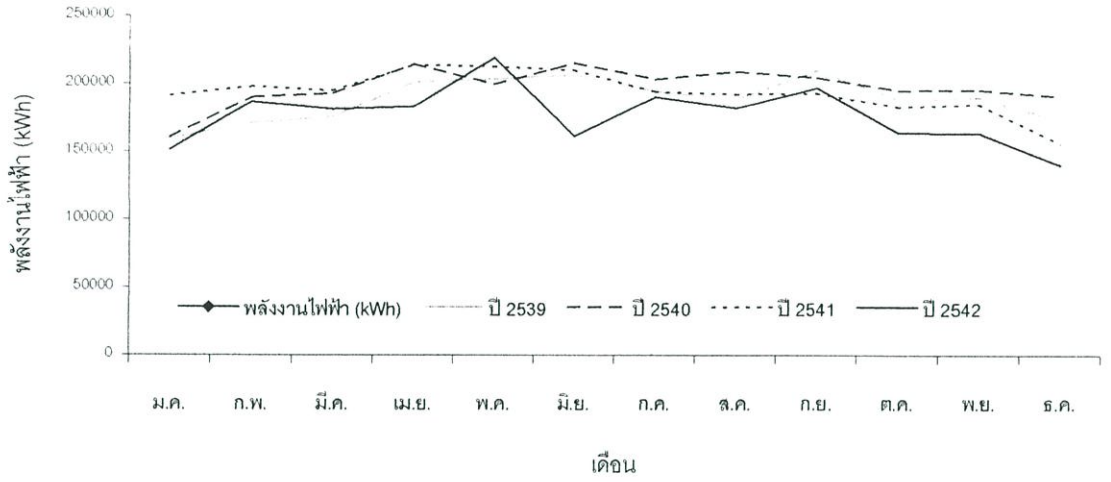
[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2541. **รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารควบคุม, โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา**

เมื่อดูจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าเบื้องต้นในอาคารพบว่า ค่าความต้องการใช้พลังงานสูงสุดเฉลี่ยเดือนละ 513.33 kW โหลดแฟคเตอร์มีค่าเฉลี่ย 57.0% ซึ่งประกอบด้วยการใช้ในระบบปรับอากาศ 75.68% ระบบแสงสว่าง 13.86% และอื่นๆ 10.46% (จากข้อมูลเดือน มิ.ย. 40 – พ.ค. 41)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรมเดอะซิตี้ ในปี 2539 – 2542

เดือน	พลังงานไฟฟ้า															
	ผู้เข้าพัก (%)				พลังงานไฟฟ้า (kWh)				พลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)				การใช้เฉลี่ยต่อห้อง (kWh)			
	2539	2540	2541	2542	2539	2540	2541	2542	2539	2540	2541	2542	2539	2540	2541	2542
มกราคม	80.48	77.80	80.55	42.82	159,480	160,380	191,400	151,560	390	360	540	300	917.4	954.4	1100.0	1638.7
กุมภาพันธ์	87.17	80.70	87.47	58.11	171,120	190,120	198,000	186,720	390	510	390	570	908.8	1090.8	1047.6	1487.6
มีนาคม	82.51	96.40	84.36	40.78	175,800	192,900	195,100	181,320	420	540	480	570	986.5	926.5	1070.8	2041.9
เมษายน	85.91	93.97	75.34	35.25	201,240	214,560	214,080	183,320	390	480	630	510	1083.7	1056.9	1315.8	2408.2
พฤษภาคม	91.43	96.55	74.99	40.02	203,700	199,800	212,820	219,272	420	420	600	540	1031.4	958.27	1313.7	2536.7
มิถุนายน	88.49	94.89	73.93	33.13	206,700	215,340	210,000	161,520	390	450	540	480	1081.4	1050.6	1315.0	2257.1
กรกฎาคม	81.90	95.66	65.64	38.87	194,700	203,400	194,220	190,380	420	400	600	270	1100.6	984.5	1369.7	2267.5
สิงหาคม	81.98	89.93	51.19	41.16	188,640	209,100	192,660	182,280	450	630	360	540	1065.8	1076.7	1745.0	2050.2
กันยายน	90.33	92.78	50.67	54.21	210,360	204,840	193,140	197,100	450	630	390	630	1078.2	1024.2	1765.4	1683.2
ตุลาคม	94.20	97.16	50.54	50.01	188,520	195,480	183,000	164,100	480	390	420	510	926.4	930.9	1676.4	1519.4
พฤศจิกายน	89.89	96.51	62.45	52.16	190,320	195,780	184,980	163,620	480	390	480	480	980.0	939.0	1371.2	1452.2
ธันวาคม	72.70	82.65	65.69	52.85	173,100	190,980	156,120	140,400	540	630	510	600	1102.5	1070.0	1100.2	1229.9
เฉลี่ย	**85.6**	**91.25**	**68.6**	**44.9**	**188,640**	**197,723**	**192,960**	**176,803**	**435**	**485.8**	**493.3**	**500**	**1021.9**	**1002.7**	**1349.2**	**1881.0**

หมายเหตุ: ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อห้องเป็นการเฉลี่ยรวมพื้นที่ส่วนบริการอื่นๆและสำนักงานด้วย อาจไม่ตรงกับการใช้งานจริง



ภาพที่ 3.7 การใช้พลังงานของโรงแรมเคอะซิตี้ ในปี 2539 – 2542

1.1) หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชุด

1.2) ระบบแสงสว่างในอาคาร

ตารางที่ 3.3 การใช้แสงสว่างในอาคาร

พื้นที่ใช้งานของอาคาร (ตร.ม.)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างในอาคาร (วัตต์)*	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อพื้นที่ใช้งาน (วัตต์/ตร.ม.)	ค่ากำลังไฟฟ้ามาตรฐานที่ใช้ (วัตต์/ตร.ม.)
22,011	87,968	3.99	16

หมายเหตุ: กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างภายในอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ

ตารางที่ 3.4 ชนิดและจำนวนหลอดไฟที่ใช้ในอาคาร

ลำดับที่	ชนิดของหลอดไฟฟ้า	ขนาด (วัตต์)	จำนวน (หลอด)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์	36	549	12
2	หลอดฟลูออเรสเซนต์	18	68	16
3	หลอดฟลูออเรสเซนต์	10	42	8
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์	32	10	8
5	หลอดไส้	40	1,092	10
6	หลอดทังสเตนฮาโลเจน	500	6	8
7	หลอดโซเดียมความดันสูง	500	4	4
8	หลอด PL-S	11	642	10
9	DULUX FL	15	40	10

ตารางที่ 3.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง[2]

ลำดับที่	ชนิดของหลอดที่ใช้	ขนาด (วัตต์)	จำนวน (หลอด)	รวม (วัตต์)	รวมทั้งหมด (วัตต์)	Ballast loss (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)
1	ฟลูออเรสเซนต์	36	549	19,764	25,254	5,490	12	10,612.52
2	ฟลูออเรสเซนต์	28	68	1,224	1,904	680	16	11,119.36
3	ฟลูออเรสเซนต์	10	42	420	840	430	8	2,452.80
4	ฟลูออเรสเซนต์	32	10	320	420	100	8	1,226.40
5	หลอดไส้	40	1,092	43,680	43680	-	10	159,432.00
6	หลอดทังเสตนแบโลเจน	500	6	3,000	3,000	-	8	8,760.00
7	หลอดโซเดียมความดันสูง	500	4	2,000	2,640	640	4	3,854.40
8	หลอก PL-S	11	642	7,062	9,630	2,568	10	35,149.50
9	DULUX FL	15	40	600	6,000	-	10	2,190.00
รวม			2,453	78,070	9,898	-	87,968	334,796.98

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแสงสว่าง 334,796.98 kWh/ปี

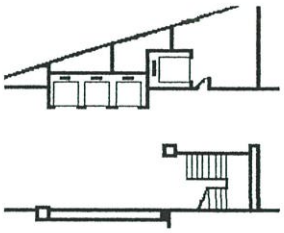
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งอาคาร 2,416,320.00 kWh/ปี

คิดเป็นโหลดไฟฟ้าระบบแสงสว่าง 13.86 %

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2541. รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารควบคุม, โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา

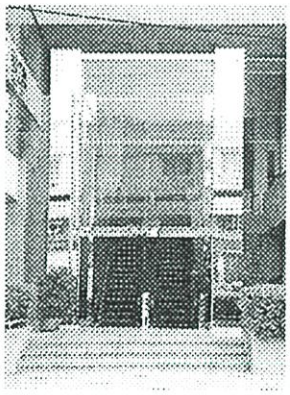
1.3) ระบบขนส่ง ลิฟท์และบันไดเลื่อน

อาคารหลังนี้มีการใช้ลิฟท์ในแนวดิ่งทั้งหมด 4 ตัว เป็นลิฟท์โดยสาร 3 ตัวและลิฟท์บริการ 1 ตัว จัดวางอยู่ในกลุ่มเดียวกันชิดผนังด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (ดังภาพที่ 3.5) การทำงานของลิฟท์โดยสารเป็นการควบคุมรวมศูนย์เดียว ลิฟท์จะจอดรออยู่ที่ชั้นล่างสุดที่มีการใช้งาน และเมื่อมีการเรียกใช้งานครั้งต่อไปลิฟท์ตัวที่อยู่ใกล้ที่สุดจะเคลื่อนที่มารับ



ภาพที่ 3.8 การจัดกลุ่มของลิฟท์

และอาคารนี้ใช้บันไดเลื่อน 2 ตัวอยู่ด้านหน้าอาคารสำหรับอำนวยความสะดวกผู้ใช้อาคารระหว่างชั้นล่าง (ระดับถนน) ขึ้นไปยังชั้น 1 (Lobby) เป็นขาขึ้นและขาลงอย่างละตัว บันไดเลื่อนจะทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีคนเดินผ่าน

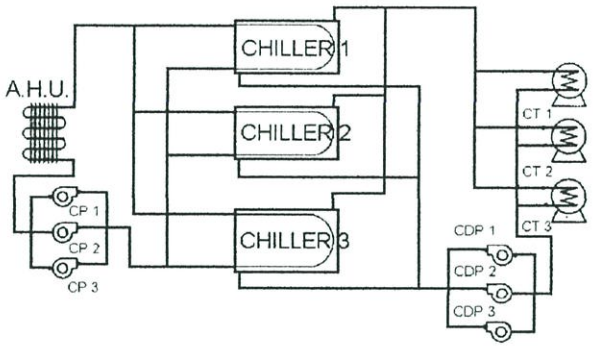


ภาพที่ 3.9 บันไดเลื่อนด้านหน้าอาคาร

1.4) ระบบปรับอากาศ ประกอบด้วย

- เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Centrifugal liquid chiller) ขนาด 500 ตัน 1 เครื่องและชนิดลูกสูบ (Reciprocating chiller) ขนาด 90 ตัน 2 เครื่อง
- เครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 40 HP จำนวน 3 เครื่อง
- เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 30 HP จำนวน 3 เครื่อง
- หอผึ่งน้ำเย็นขนาด 600 RT จำนวน 3 เครื่อง

ในการทำงานจะเดินเครื่องปรับอากาศขนาด 500 ตัน เพียงเครื่องเดียวพร้อมกับเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นและหอผึ่งน้ำเย็นอย่างละ 1 เครื่องและอุปกรณ์แต่ละชนิดจะสลับกันทำงานครบทั้ง 3 เครื่อง



ภาพที่ 3.10 ผังระบบปรับอากาศของอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้[2]

ตารางที่ 3.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

ลำดับที่	ประเภทเครื่องปรับอากาศ	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU/ชั่วโมง)	จำนวน	รวม
1	CHILLER	6,000,000	1	6,000,000
2	CHILLER	6,000,000	2	2,160,000
	รวม		3	8,160,000

พื้นที่ปรับอากาศ 16,883.00 ตารางเมตร

กำลังการติดใช้งานต่อพื้นที่ปรับอากาศ 484.76 BTU/ตร.ม.

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ

1. ระบบ CHILLER

1.1 CHILLER หมายเลข1 ขนาด 500 ตันวัดโหลดได้ 133 KW

เวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 133x24x365x0.8 = 932,064 kWh/ปี

1.2 ปั๊มน้ำเย็น หมายเลข2 ขนาด 40 แรงม้าวัดโหลดได้ 28.9 KW

---

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2541. รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารควบคุม, โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา

เวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 28.9x24x365 = 253,164 kWh/ปี

1.3 ปั๊มน้ำระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ หมายเลข 1 และ 2 ขนาด 30 แรงม้า

วัดโหลด หมายเลข 1 15.8 kW, หมายเลข 2 17.1 kW

เวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = (15.8x24x365)+(17.1x24x365) = 288,204 kWh/ปี

1.4 หอผึ่งน้ำเย็น หมายเลข 1, 2 และ 3 ขนาด 15 แรงม้า

วัดโหลด หมายเลข 1 2.75 kW, หมายเลข 2 12.86 kW, หมายเลข 3 2.91 า"

เวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = (2.75x24x365)+(2.86x24x365)+(2.91x24x365) = 74}635.2 kWh/ปี

พื้นที่ปรับอากาศ 16,883.00 ตารางเมตร

กำลังการใช้งานต่อพื้นที่ปรับอากาศ 484.76 BTU/ตร.ม.

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1,548,067.20 kWh/ปี

2. AHU (แบ่งตามชั่วโมงการทำงานใน1 วัน)

ลำดับที่	ขนาด (BTU)	จำนวนเครื่อง	โหลดที่วัดได้ (kW)	เวลาทำงาน (ชั่วโมง/วัน)
1	351,700	4	1.93	6
2	351,700	2	1.93	10
3	351,700	3	1.93	24

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = (4x1.93x6x365)+(2x1.93x10x365)+(3x1.93x24x365)

= 81,716.20 kWh/ปี

3. FAN COIL UNIT

ลำดับที่	ขนาด (BTU)	จำนวนเครื่อง	โหลดที่วัดได้ (kW)	เวลาทำงาน (ชั่วโมง/วัน)
1	12,000	227	0.17	12
2	18,000	12	0.18	24
3	24,000	4	0.75	10

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = (227x0.17x12x365)+(12x0.18x24x365)+(4x0.75x24x365)

= 198,895.80 kWh/ปี

รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็น 1,828,679.2 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งอาคารเฉลี่ย 2,416,320.0 kWh/ปี

คิดเป็นโหลดไฟฟ้าระบบปรับอากาศ 75.68 %

1.5) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าอื่นๆที่มีขนาดตั้งแต่ 5 กิโลวัตต์ขึ้นไป

- เครื่องสูบน้ำเย็น ขนาด 22 กิโลวัตต์ 2 เครื่องสลับกันทำงานสำหรับระบบสุขาภิบาล
- Condenser ขนาด 20.3 กิโลวัตต์ 1 เครื่อง
- Chiller

จากตารางที่ 3.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือนของทุกๆปีไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากมีจำนวนผู้เข้าพักใกล้เคียงกัน แต่ช่วงเดือนตุลาคม – มีนาคมของทุกปีมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะมีจำนวนผู้เข้าพักใกล้เคียงกับเดือนอื่นๆก็ตาม คาดว่าจะเป็นช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศเย็นทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศลดลงประมาณเดือนละ39.6 kWh/ห้องที่มีแขกพัก โดยเฉพาะตั้งแต่เดือนมิถุนายน 41 ที่มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารเป็นต้นมา ก็ยังมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเพียงเล็กน้อยแม้ว่าจะมีจำนวนผู้เข้าพักลดลงมาก และเมื่อดูจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อห้องที่มีผู้เข้าพักพบว่า

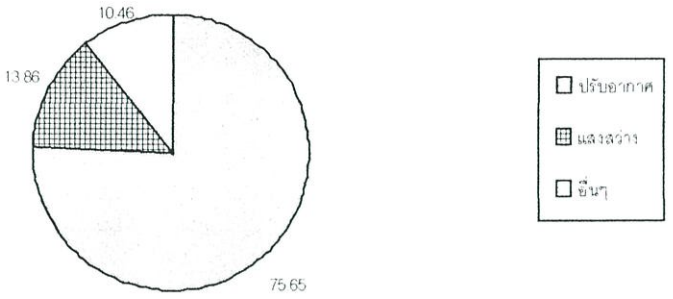
เมื่อ จำนวนผู้เข้าพักสูงมากกว่า 95% อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยจะต่ำคือไม่เกินเดือนละ 1,000 kWh/ห้อง

จำนวนผู้เข้าพักประมาณ 80-95% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเป็นเดือนละ 1,000-1,200 kWh/ห้อง

จำนวนผู้เข้าพักประมาณ 60-79% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจะเพิ่มอีกเป็นเดือนละ 1,200-1,400 kWh/ห้อง

และ จำนวนผู้เข้าพักน้อยกว่า 60% อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจะเพิ่มสูงมากคือมากกว่า 1,600 kWh/ห้องในแต่ละเดือน

จากการคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของห้องพัก พบว่าแต่ละห้องพักใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 620 kWh/เดือน และการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนอื่นๆประมาณ 12,000 kWh/เดือน จากตารางที่ 3. ในปี 2541และ 2542 มีปริมาณผู้เข้าพักลดลงเหลือ 30-60% เมื่อเทียบกับปี 2539 และ 2540 แต่อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อห้องพักสูงกว่าปี 2539 ซึ่งมีปริมาณห้องพักที่ขายได้มากกว่า และจากการศึกษาการใช้ห้องจัดเลี้ยงและส่วนบริการอื่นๆของอาคารในปี 2542 เปรียบเทียบกับปีอื่นๆพบว่าการใช้ห้องดังกล่าวมีการใช้ที่ใกล้เคียงกัน ฉะนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมากไม่ได้มีผลมาจากการใช้บริการร้านอาหาร ส่วนจัดเลี้ยง ห้องพักและอื่นๆ จากการศึกษาตารางการบำรุงรักษารักษาอุปกรณ์ระบบปรับอากาศพบว่าทีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดเฉพาะ Chiller ทุก 3 เดือนแต่ไม่มีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์อื่นๆในระบบ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศลดลง จึงต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานมากขึ้น



ภาพที่ 3.11 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ (เดือน มิ.ย. 40 – พ.ค. 41)

และพลังงานไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหลักของอาคารนี้ใช้ไปกับระบบปรับอากาศมากที่สุด ถ้าสามารถลดการใช้พลังงานส่วนนี้ลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าลงได้มากสำหรับระบบปรับอากาศสิ่งที่จำเป็นที่ทำได้ในเบื้องต้นคือควรมีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดตามความจำเป็นเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานนานขึ้น รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร โดยเฉพาะบริเวณที่ปรับอากาศไม่ให้มีอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปเพื่อลดภาระในการปรับอากาศ

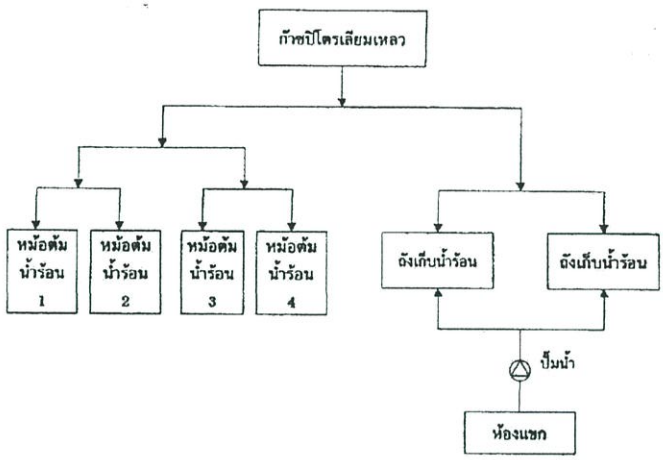
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลการใช้พลังงานชนิดอื่นๆของโรงแรมเดอะซิตี้ ในปี 2539 – 2542

เดือน	พลังงานอื่นๆ											
	ผู้เข้าพัก (%)				ก๊าซ (ก.ก.)				น้ำมัน (ลิตร)			
	2539	2540	2541	2542	2539	2540	2541	2542	2539	2540	2541	2542
มกราคม	80.48	77.80	80.55	42.82	*	*	2,400	3,360	*	*	-	56
กุมภาพันธ์	87.17	80.70	87.47	58.11	*	*	2,400	4,320	*	*	-	84
มีนาคม	82.51	96.40	84.36	40.78	*	*	3,360	3,360	*	*	-	56
เมษายน	85.91	93.97	75.34	35.25	*	*	2,400	2,880	*	*	40	112
พฤษภาคม	91.43	96.55	74.99	40.02	*	*	2,880	3,360	*	*	-	140
มิถุนายน	88.49	94.89	73.93	33.13	*	2,880	1,920	2,880	*	-	40	84
กรกฎาคม	81.90	95.66	65.64	38.87	*	3,360	2,400	3,360	*	-	40	84
สิงหาคม	81.98	89.93	51.19	41.16	*	2,400	2,016	4,320	*	40	80	84
กันยายน	90.33	92.78	50.67	54.21	*	3,360	1,440	2,880	*	40	80	56
ตุลาคม	94.20	97.16	50.54	50.01	*	2,880	2,880	3,360	*	40	-	84
พฤศจิกายน	89.89	96.51	62.45	52.16	*	2,880	2,440	2,880	*	80	40	112
ธันวาคม	72.70	82.65	65.69	52.85	*	3,360	2,440	3,360	*	-	-	140
รวม						**21,120**	**28,976**	**40,320**		**200**	**320**	**1,092**
เฉลี่ย	**85.6**	**91.25**	**68.6**	**44.9**		3,017	2,415	3,360		50	45.7	91

* ไม่มีข้อมูล

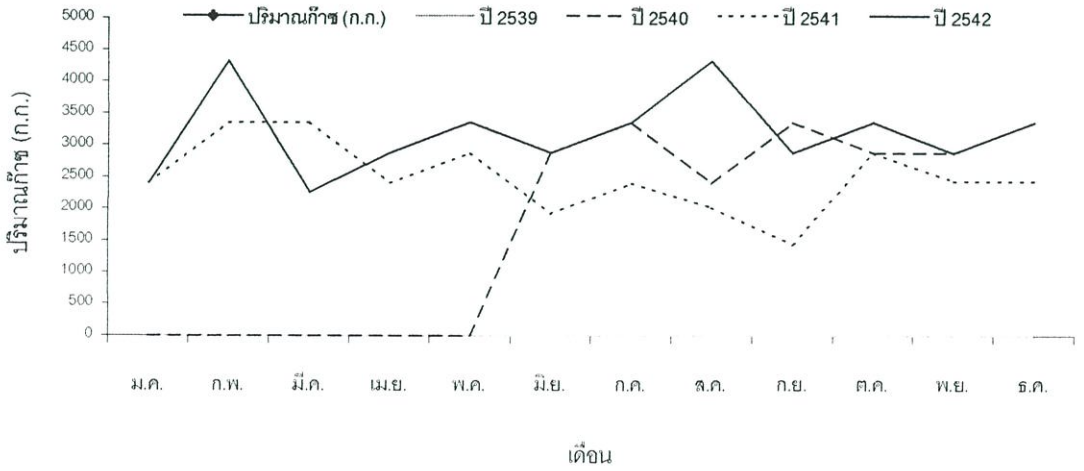
2) พลังงาน จากก๊าซ LPG

อาคารนี้มีหม้อต้มน้ำร้อน 4 เครื่องในการผลิตน้ำร้อนส่งไปยังห้องพักแขก ห้องครัวและห้องซักรีด โดยใช้กาซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิง การทำงานแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 2 ตัวสลับกันทำงาน ใช้เชื้อเพลิงตัวละประมาณ 1 ถัง (48 กก.) ต่อวัน เนื่องจากจำนวนผู้ใช้อาคารและผู้เข้าพักค่อนข้างคงที่ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงส่วนนี้จึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 3.12 การทำงานของภาคความร้อน

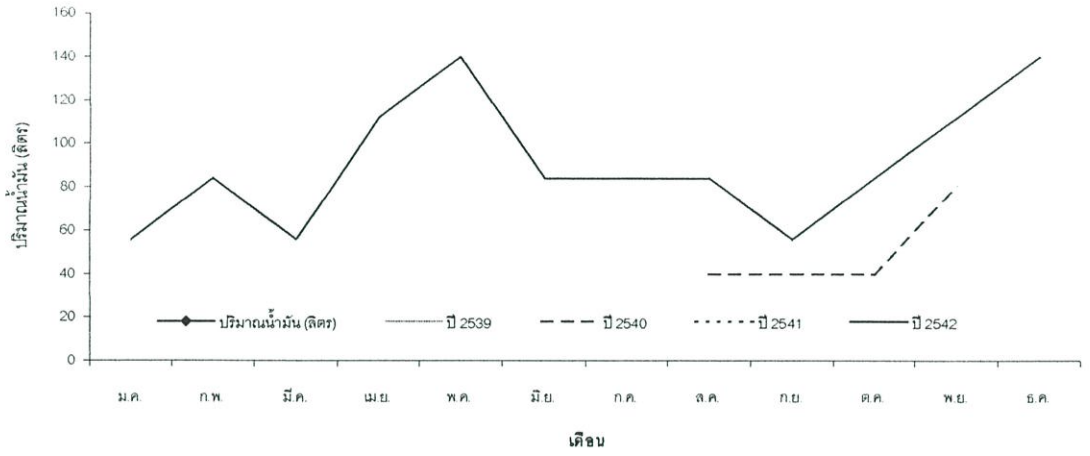
จากตารางที่ 3.5 การใช้พลังงานเชื้อเพลิงความร้อนจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในการทำน้ำร้อนในอาคารไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อยู่ในช่วงเดือนละ 2,400 – 2,900 กิโลกรัมและมีบางเดือนที่ปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นถึงเดือนละ 3,360 กิโลกรัมตามจำนวนผู้เข้าพักที่เพิ่มขึ้น การใช้เชื้อเพลิงความร้อนเหลวในเดือนละประมาณ 15.3 กิโลกรัม/ห้องที่มีแขกพัก



ภาพที่ 3.13 การใช้ก๊าซของโรงแรมเดอะซิตี้ ในปี 2539 – 2542

3) น้ำมัน

จากตารางที่ 3.5 การใช้น้ำมันดีเซลไม่สามารถศึกษาถึงปริมาณการใช้ที่แน่นอนได้ เนื่องจากจะมีการใช้น้ำมันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของอาคารในกรณีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯดับในแต่ละเดือน จะเห็นได้ว่าบางเดือนไม่มีการใช้น้ำมันเนื่องมาจากในเดือนดังกล่าวไม่มีกระแสไฟฟ้าดับเลยจึงไม่นำมาทำการศึกษา



ภาพที่ 3.14 การใช้น้ำมันของโรงแรมเดอะซิตี้ ในปี 2539 – 2542

ส่วนการใช้พลังงานประเภทอื่นๆเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้ามีไม่ถึง 10% ของพลังงานที่ใช้ในอาคารทั้งหมด ดังภาพที่ 3. 15 และ 3.16 ดังนั้นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงต่างๆอาจไม่คุ้มการลงทุน

จากการสำรวจอาคารพบว่าอาคารนี้มีทั้งส่วนที่ช่วยประหยัดพลังงานและสูญเสียพลังงาน

ส่วนที่ช่วยประหยัดพลังงาน

1. อาคารนี้มีการเว้นพื้นที่ช่วงกลางอาคารและมีช่องเปิดขนาดใหญ่ ทำให้ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติมากขึ้น ซึ่งช่วยลดการใช้แสงจากดวงโคมในเวลากลางวันได้
2. บริเวณโถงลิฟท์ในชั้นต่างๆและทางเดินบริเวณห้องพัก เป็นการระบายอากาศโดยธรรมชาติ มีช่องเปิดขนาดใหญ่และเปิดช่องเปิดบางส่วนแต่ไม่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งช่วยลดการทำงานของระบบปรับอากาศ
3. การออกแบบอาคารเป็นรูปตัว U (ดังผังอาคารในภาพที่ 3.) ทำให้ห้องพักที่อยู่ด้านในไม่ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งช่วยลดภาระปรับอากาศในห้องพักช่วงค่ำได้
4. พื้นที่โถงส่วนใหญ่ของอาคารเป็นแบบไม่ปรับอากาศ
5. พื้นที่ใช้งานแต่ละส่วนแบ่งแยกออกจากกัน สามารถเปิดและปิดระบบปรับอากาศตามช่วงเวลาการใช้งานของแต่ละพื้นที่ได้

6. ส่วนที่เป็นพื้นที่ให้บริการของโรงแรมใช้การควบคุมแสงสว่างเป็นกลุ่มหรือพื้นที่
7. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่เลือกใช้ในอาคารเป็นแบบประหยัดพลังงาน
8. ระบบลิฟท์เป็นการควบคุมแบบรวมศูนย์เดียว ทำให้ประหยัดไฟฟ้าสำหรับการวิ่งของลิฟท์

ส่วนที่สูญเสียพลังงาน

1. การออกแบบอาคารโดยให้มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกทำให้อาคารได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงบ่าย ทำให้เพิ่มภาระปรับอากาศให้กับอาคารได้จึงควรลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ของหลังคา
   ข้อเสนอแนะ ติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับหลังคาเพิ่มขึ้นและสร้างสภาพแวดล้อมโดยการใช้พืชพรรณตกแต่งสวนบริเวณหลังคา เพื่อให้หลังคาได้รับความร้อนลดลง
2. ช่องเปิดของอาคารมีขนาดใหญ่ ทำให้มีการแผ่รังสีความร้อนเข้ามาในอาคารมากกว่าผนังทึบ ถึงแม้จะลดการใช้แสงสว่างจากดวงโคมแต่เป็นการเพิ่มภาระให้กับระบบปรับอากาศ
   ข้อเสนอแนะ ลดความร้อนที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาในอาคาร แต่ยังสามารถใช้ความสว่างจากแสงธรรมชาติได้ โดยการเพิ่มค่า SC ของกระจกและติดตั้งอุปกรณ์บังแดด
3. ในบางพื้นที่มีการเปิดระบบปรับอากาศในช่วงเวลาที่ไม่มีผู้มาใช้บริการ เช่นส่วน Atheletic club ซึ่งกำหนดเวลาให้บริการทั้งวันแต่ผู้ใช้บริการมักจะมาในช่วงเย็น ทำให้ต้องเปิดระบบปรับอากาศในส่วนนี้ทั้งวัน
   ข้อเสนอแนะ กำหนดช่วงเวลาให้บริการเฉพาะช่วงเย็นที่มีผู้มาใช้บริการมาก
4. ช่องเปิดในส่วนให้บริการของโรงแรมเป็นแบบกระจกติดตาย จึงต้องใช้ระบบปรับอากาศทุกฤดูกาล แม้ว่าบางช่วงอุณหภูมิอากาศภายนอกจะต่ำก็ตาม
   ข้อเสนอแนะ ในบางส่วนควรปรับเปลี่ยนให้สามารถเปิด-ปิดได้
5. การจัดห้องพักแบบ Double corridor ทำให้ทางเดินระหว่างห้องพักมืด และมีช่องแสงให้ความสว่างที่ปลายทางเดินเพียงด้านเดียว ทำให้ต้องเปิดดวงโคมเพื่อเพิ่มความสว่างทั้งวัน
   ข้อเสนอแนะ ควรจัดให้มีช่องแสงที่ปลายทางเดินทั้ง 2 ด้าน เพื่อเพิ่มความสว่างในเวลากลางวันทำให้ไม่ต้องใช้ดวงโคม ทั้งบริเวณบันไดหนีไฟและห้องพักแม่บ้านในแต่ละชั้น
6. ห้องพักในด้านทิศเหนือและใต้ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เกือบตลอดวัน ทำให้ภาระปรับอากาศในห้องพักส่วนนี้ทำงานหนักขึ้น
   ข้อเสนอแนะ ลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิดและผนัง โดยการเพิ่มค่า SC ของกระจกและติดตั้งอุปกรณ์บังแดด
7. ส่วนโถงลิฟท์และทางเดินในชั้นห้องพักใช้พนักงานควบคุมการเปิดและปิดดวงโคม
   ข้อเสนอแนะ ควรใช้ Photo cell หรือใช้การตั้งเวลาเป็นตัวควบคุมการทำงานของดวงโคมเนื่องจากผู้เข้าพักเข้า-ออกเป็นเวลา

8. ประตูที่กั้นระหว่างส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ เป็นประตูชั้นเดียว เวลาเปิด-ปิดประตูทำให้ความชื้นและอากาศร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคารซึ่งเพิ่มภาระให้กับระบบปรับอากาศ

   ข้อเสนอแนะ ทำประตู 2 ชั้น กั้นระหว่างส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ และควรมี Transfer Zone ช่วยลดภาระของระบบปรับอากาศได้

3.3 สภาวะภายในอาคาร

เนื่องจากร่างกายคนเราต้องรักษาสมดุลของอุณหภูมิที่ 37°C อยู่เสมอ หากการเพิ่มความร้อนของร่างกายมากกว่าการสูญเสียความร้อน ภาวะของร่างกายก็จะไม่สมดุล ทำให้อึดอัดและเหงื่อเริ่มออกเช่นเดียวกับร่างกายสูญเสียความร้อนไปมากกว่าการเพิ่มความร้อนของร่างกายก็จะรู้สึกหนาว

ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่ออัตราการระบายความร้อนจากร่างกาย

1. อุณหภูมิอากาศภายในห้อง
2. ความชื้นในอากาศ
3. การเคลื่อนไหวของอากาศ
4. การแผ่รังสีจากบริเวณใกล้เคียง

นอกจากนี้การปรับภาวะความสบายของร่างกาย เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงการระบายความร้อนโดยการพาจะไม่ได้ผลและเมื่อความชื้นในอากาศสูงการระบายความร้อนโดยการระบายเหงื่อจะทำได้ยาก

นอกจากปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ ความชื้น ลมและการแผ่รังสีแล้ว ยังมีชนิดของเสื้อผ้าที่สวมใส่ อายุ เพศ รูปร่าง สีผิวและสุขภาพในขณะนั้นรวมทั้งสภาพจิตใจ พื้นฐานความเป็นอยู่และกิจกรรมที่กระทำ

จากการวัดสภาวะภายในอาคารในวันที่16 เมษายน 2543 เวลา 9.30 น.-21.00 น. สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก อุณหภูมิภายนอก 28.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก 75.2% ดังแสดงรายละเอียดบริเวณและผลการวัดตามตารางที่ 3.8

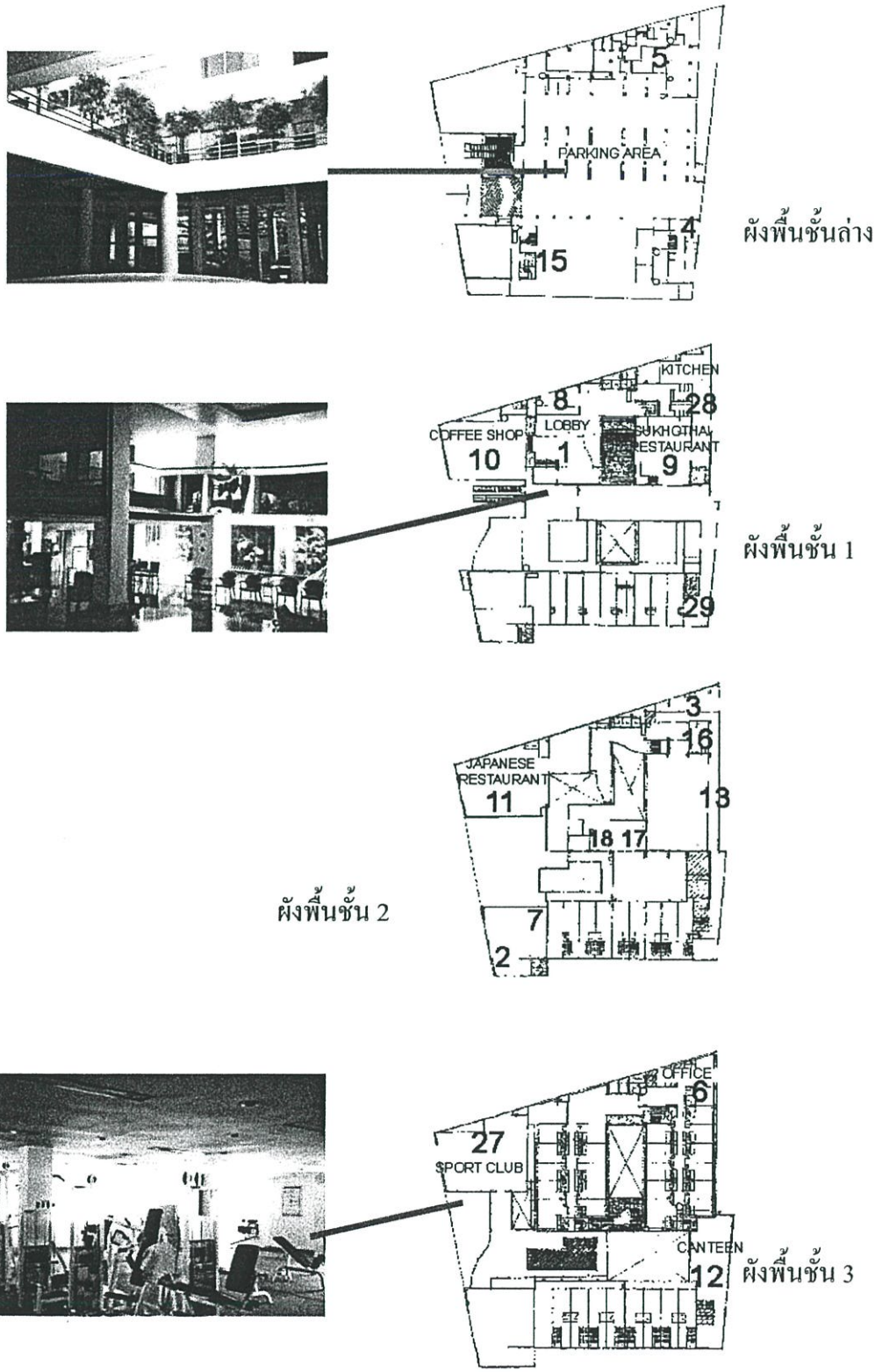
ค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิภายในอาคารของโรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา

บริเวณที่ทำการวัด	ค่าที่ได้จากการวัด		ค่ามาตรฐาน[4]	
	ความส่องสว่าง (lux)	อุณหภูมิ (°C)	ความส่องสว่าง (lux)	อุณหภูมิ (°C)
1. โถงต้อนรับ	111.6	23.9	100	26-29
2. ห้องทำงานฝ่ายบริหาร	349.23	24.8	300	26-29
3. ห้องทำงานฝ่ายบัญชี	339	25.2	300	26-29
4. ห้องทำงานฝ่ายบุคคล	315.5	24.6	300	26-29
5. ห้องทำงานฝ่ายช่าง	247.16	27.4	300	25-27
6. ห้องทำงานฝ่ายแม่บ้าน	250.16	24.9	300	25-27
7. ห้องทำงานฝ่ายขาย	334.83	25.4	300	26-29
8. ห้องทำงานฝ่ายต้อนรับ	280.5	23.9	300	26-29
9. ห้องอาหารสุโขทัย	265.5	26.7	300	26-29
10. COFFEE SHOP	235.33	26.3	300	26-29
11. ห้องอาหารญี่ปุ่น	273.83	24	300	26-29
12. ห้องอาหารพนักงาน**	234.66	29.2	300	26-29
13. ทางเดินพนักงาน**	42.33	29.2	50	26-29
14. ทางเดินบริเวณห้องพัก**	45.33 *	27.2	50	26-29
15. ห้องน้ำพนักงาน**	73	29.1	100	26-29
16. ห้องน้ำแขก**	84.66	28.7	100	26-29
17. ห้องประชุมอยุธยา1	241	25.2	300	26-29
18. ห้องประชุมอยุธยา 2	238.83	23.9	300	26-29
19. ห้องประชุมบางกอก	297.66	24.7	300	26-29
20. ห้องประชุมธนบุรี	313.66	24.8	300	26-29
21. ลิฟท์แขก**	122.33	27.4	150	26-29
22. ลิฟท์พนักงาน**	127	25.8	150	26-29
23. ห้องพักแขก Suit	64.83 *	26.6	150	26-29
24. ห้องพักแขก Corner	63 *	24.7	150	26-29
25. ห้องพักแขก Deluxe	66.16 *	25.15	150	26-29
26. ห้องพักแขก Standard	66.66 *	24.8	150	26-29
27. ห้องออกกำลังกาย	130.46	23.9	150	25-27
28. ห้องครัวใหญ่	312.6	26	300	25-27
29. ห้องเบเกอรี	315.83	27.6	300	25-27
เฉลี่ย		**24.58**		

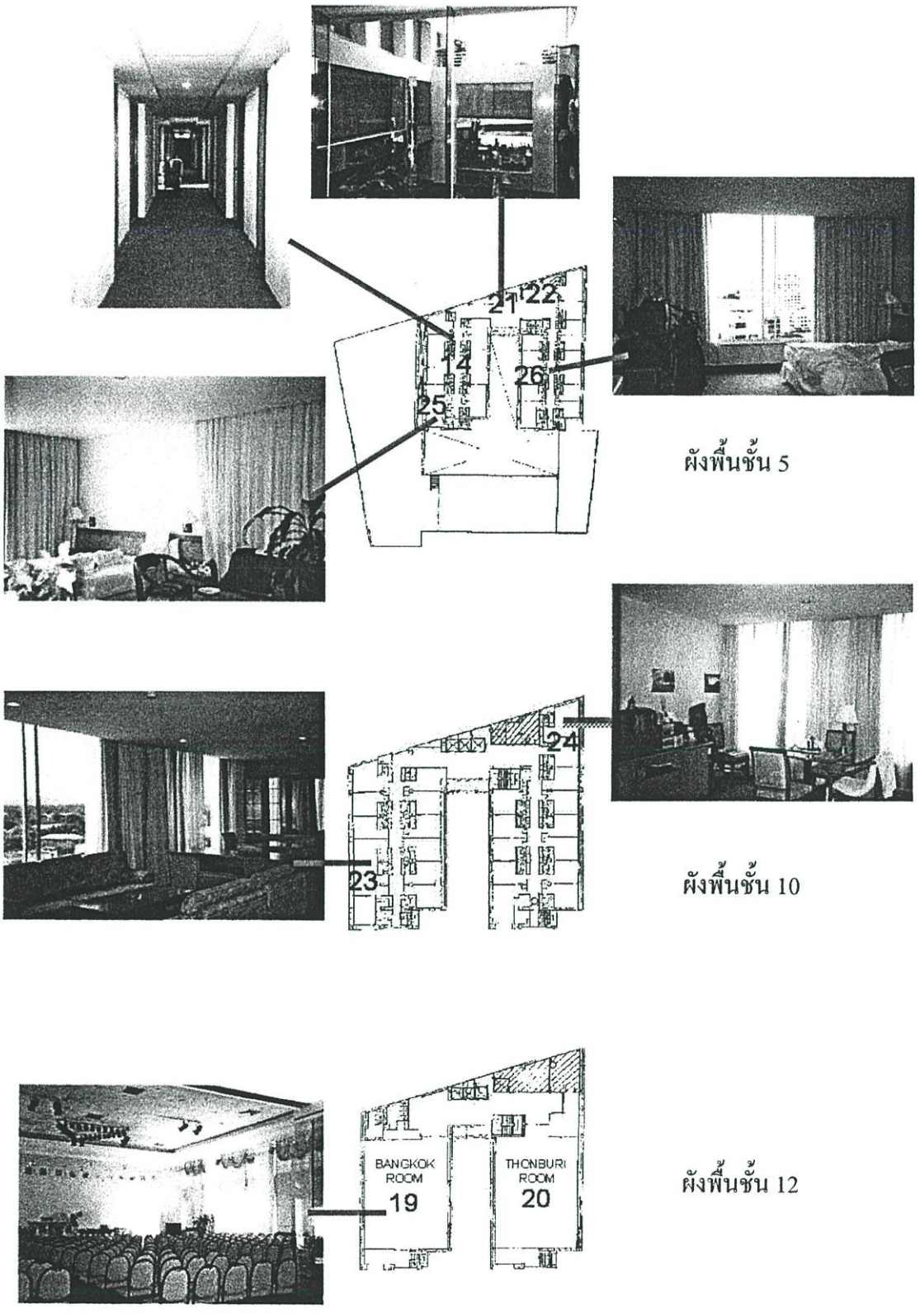
[4] F. Nicol, M. Humphreys, O. Sykes and S. Roaf. **Standard For Thermal Comfort**. Great Britain: T.J. Press

หมายเหตุ: * ทำการวัดความสว่างในช่วงเวลากลางคืน ตามช่วงเวลาใช้งานของพื้นที่

** พื้นที่ไม่ปรับอากาศ



ภาพที่ 3.15 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิในอาคาร



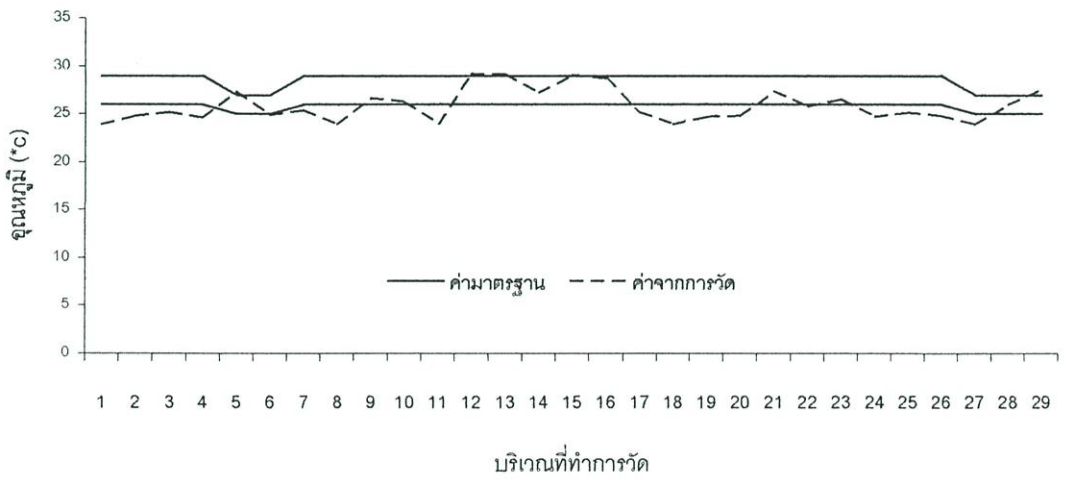
ผังพื้นชั้น 5

ผังพื้นชั้น 10

ผังพื้นชั้น 12

ภาพที่ 3.15 (ต่อ)

ภาพที่ 3.16 ค่าความส่องสว่างภายในอาคารโรงแรมเคอะซิตี้ ศรีราชา



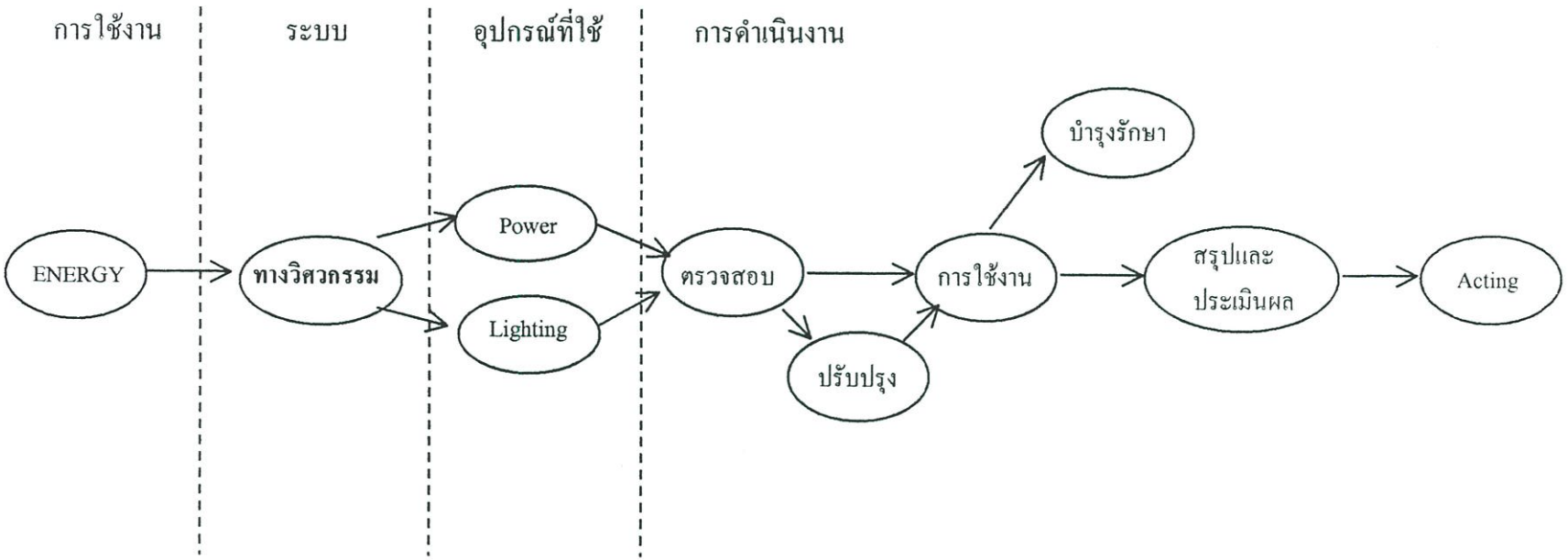
ภาพที่ 3.17 อุณหภูมิภายในอาคารโรงแรมเคอะซิตี้ ศรีราชา

จากตารางที่ 3.8 ค่าความส่องสว่างที่วัดได้ในพื้นที่ใช้งานอยู่ต่ำกว่าค่าความส่องสว่างมาตรฐานมีเพียงห้องทำงานฝ่ายบริหาร ฝ่ายบัญชี ฝ่ายบุคคล ฝ่ายขาย ห้องครัวใหญ่ ห้องเบเกอรี่ที่มีค่าความส่องสว่างสูงกว่าค่ามาตรฐานขณะที่ทำการวัดพื้นที่ใช้งานมีการใช้ทั้งแสงสว่างจากดวงโคมร่วมกับแสงธรรมชาติ แต่ค่าที่วัดได้ยังต่ำกว่าค่าความส่องสว่างมาตรฐาน ดังนั้นสำหรับห้องที่มีค่าความส่องสว่างต่ำกว่ามาตรฐานจึงควรเปิดดวงโคมให้มากขึ้นในขณะใช้งานหรือใช้แสงธรรมชาติภายในห้องและพื้นที่ใช้งานให้มากขึ้น การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงสว่างจากดวงโคมสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลงได้

อุณหภูมิภายในอาคารที่วัดได้ในพื้นที่ปรับอากาศต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิมาตรฐานเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกอาคารไม่สูงดังเช่นปกติ ทำให้อุณหภูมิในส่วนที่ปรับอากาศลดลงตามไปด้วย แต่ในพื้นที่ที่มีการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีการแผ่รังสีความร้อนเช่น เครื่องกลในแผนกช่างและอุปกรณ์ในส่วนประกอบอาหารจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่อื่นๆถึงแม้ว่าจะมีการปรับอากาศเหมือนกัน ดังนั้นจึงควรปรับตั้งอุณหภูมิในส่วนปรับอากาศให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศภายนอกและให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิมาตราฐาน ซึ่งช่วยลดการทำงานของระบบปรับอากาศ

3.4 เทคนิคในการประหยัดพลังงาน

โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา ได้มีการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในปี 2541 เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานในอาคารต่อไป ปัจจุบันทางโรงแรมได้มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างในเบื้องต้น ช่วงเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2541 เนื่องจากพลังงานที่โรงแรมนี้ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าถึง 90.6%



ภาพที่ 3.18 การจัดการพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้ (ปัจจุบัน)

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
ระบบ ACTIVE			
1. Power	2.1 ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ ↓ 2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า ↓ 2.3 พลังไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร	1) ย้าย Load เพื่อลดจำนวนหม้อแปลง 1) ควบคุมพลังไฟฟ้าสูงสุด	
2. Lighting	8.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 8.2 จำนวนควงโคมและระยะเวลาทำงาน	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ (ยังไม่ได้ดำเนินการ) 1) ติดตั้ง Photo cell สำหรับทางเดินชั้นห้องพัก	

3.4.1) การดำเนินการในการประหยัดพลังงาน[5]

1) ระบบไฟฟ้ากำลัง

1.1) การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

การตรวจสอบ - จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารในช่วงเดือนมิถุนายน 2540 - พฤษภาคม 2541 ตามตารางที่ 3.4 ค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 513.33 kW/เดือน โหลดแฟคเตอร์มีค่าเฉลี่ย 57.0% โดยประกอบด้วยการใช้ไฟในระบบปรับอากาศ 75.68% ระบบแสงสว่าง 13.86% และอื่นๆ 10.46%

การปรับปรุง – จากค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคารซึ่งมีเวลาทำงานของอาคารวันละ 24 ชั่วโมง ค่าโหลดแฟคเตอร์มีค่าค่อนข้างต่ำ ควรมีการปรับปรุงเพิ่มค่าโหลดแฟคเตอร์ให้สูงขึ้นได้อีกเป็น 77.57% มีผลทำให้สามารถลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลงได้ปีละประมาณ 990 kW โดยการควบคุมลักษณะการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศและระบบแสงสว่าง จึงได้มีการศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในแต่ละวันรวมทั้งการใช้งานอุปกรณ์ต่างในแต่ละช่วงเวลา

การลงทุน – ทางโรงแรมได้ติดตั้งอุปกรณ์บริหารค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเรียบร้อยแล้วเพียงแค่มีการบริหารการใช้พลังงานให้ดี จึงไม่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

การวิเคราะห์การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

พลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย	513.33	kW/เดือน
โหลดแฟคเตอร์เฉลี่ย	57.0	%
โหลดแฟคเตอร์ที่คาดว่าจะดำเนินการได้	77.57	%
พลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยหลังปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์	77.57	kW/เดือน
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลดลง	990.0	kW/ปี

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 110,211.43 kWh/ปี

1.2) การลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

โดยการย้ายโหลดทั้งหมดจากหม้อแปลง TR2 ไปไว้ใน TR1

การตรวจสอบ – จากการสำรวจภาระโหลดของโรงแรมเดอะซีตี้ และตรวจวัดการใช้งานของ TR1 และ TR2 แล้ว พบว่าการใช้งานของหม้อแปลง TR1 = 63.80 kWและ TR2 = 205.0 kW มีเปอร์เซ็นต์การใช้งานค่อนข้างต่ำ ซึ่งเมื่อดูจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ใน TR1 และ TR2 ภาระโหลดในหม้อแปลง TR2 มีมากกว่าหม้อแปลง TR1

---

[5] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2541. รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารควบคุม โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา.

การปรับปรุง - ควรทำการย้ายโหลดทั้งหมดจากหม้อแปลง TR2 ไปไว้ใน TR1 เพราะจากการคำนวณหลังการย้ายโหลดพบว่าหม้อแปลง TR1 สามารถรับภาระโหลดทั้งหมด 268.8 kW และสามารถประหยัดพลังงานได้ ซึ่งในการย้ายโหลดนั้นสามารถดำเนินการได้โดยให้ผู้ชำนาญงานทำการปลดโหลดทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง TR2 แล้วทำการปลด Dropout fuse ออก หลังจากนั้นก็ทำการสับ Tie Sw. ซึ่งจากการย้ายโหลดจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ 13,578.0 kWh/ปี แต่มีการใช้งานเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 เท่าตัว

การลงทุน – ไม่ต้องมีการลงทุน เนื่องจากหม้อแปลง TR1 และ TR2 อยู่ในบริเวณเดียวกัน

ผลที่ได้รับ – พลังงานไฟฟ้าลดลง 13,578.0 kWh/ปี

3.4.2) ผลการดำเนินงานในการประหยัดพลังงาน

การดำเนินการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดนั้นได้กระทำในช่วงเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2541 ดังนั้นจึงได้นำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือน (ดังตารางที่ 3.4) มาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลของการดำเนินงาน

ก่อนการดำเนินงาน (มิถุนายน 40 – พฤษภาคม 41)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	2,416,320.0	kWh	คิดเป็น	100 %

หลังการดำเนินงาน พลังงานไฟฟ้าลดลง (จากการวิเคราะห์)

การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดปีละ	110,221.43	kWh	คิดเป็น	4.56 %
การลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ปีละ	13,578.00	kWh	คิดเป็น	0.56 %
รวมพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ปีละ	123,799.43	kWh	คิดเป็น	5.12 %

3.5 การประหยัดพลังงานสำหรับอาคารตัวอย่าง

การพิจารณาวิธีปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาเพื่อให้ได้วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมตามลำดับดังนี้

1. ปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตราฐานด้านการอนุรักษ์พลังงานและสภาวะภายในอาคาร
2. ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

ทั้งนี้ต้องมีความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าคงที่ เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาเปิดใช้งานมาแล้ว 10 ปี จึงกำหนดระยะเวลาคืนทุนไม่ควรเกิน 10 ปี โดยพิจารณาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามองค์ประกอบอาคารที่มีปัญหา กำหนดวิธีการที่ควรใช้เพื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้วจึงเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงในแต่ละองค์ประกอบอาคาร เพื่อศึกษาผลกระทบในด้านการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา

กำหนดองค์ประกอบของอาคารที่ต้องปรับปรุงโดยพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ จากการสำรวจเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษานำมาสรุปเปรียบเทียบกับมาตราฐานในการออกแบบดังนี้

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับมาตราฐานในการออกแบบ

	ข้อมูล	เกณฑ์มาตราฐาน	อาคารกรณีศึกษา
มาตราฐานด้านกฎหมาย	-ค่า OTTV (W/sq.m.)	55	70.24
	-ค่า RTTV (W/sq.m.)	25	19.20
	-พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง(W/sq.m.) ในพื้นที่ปรับอากาศ	16	3.99
	-มาตราฐานเครื่องปรับอากาศ (kW/ton) ขนาด 500-1,000 ตัน	0.84	0.69
มาตราฐานด้านคุณภาพ	-ระดับความส่องสว่าง (LUX)	50-300	-
	-อุณหภูมิ ($^{\circ}$C) เฉพาะพื้นที่ปรับอากาศ	25	25.2

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตราฐาน อาคารกรณีศึกษานี้ต้องทำการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารด้านต่างๆ 3 ประการคือ

1. องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) ได้แก่ เปลือกอาคาร ผนังทึบ ช่องแสง
2. ระบบปรับอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิภายในให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม
3. ลดการสูญเสียพลังงานในระบบแสงสว่าง

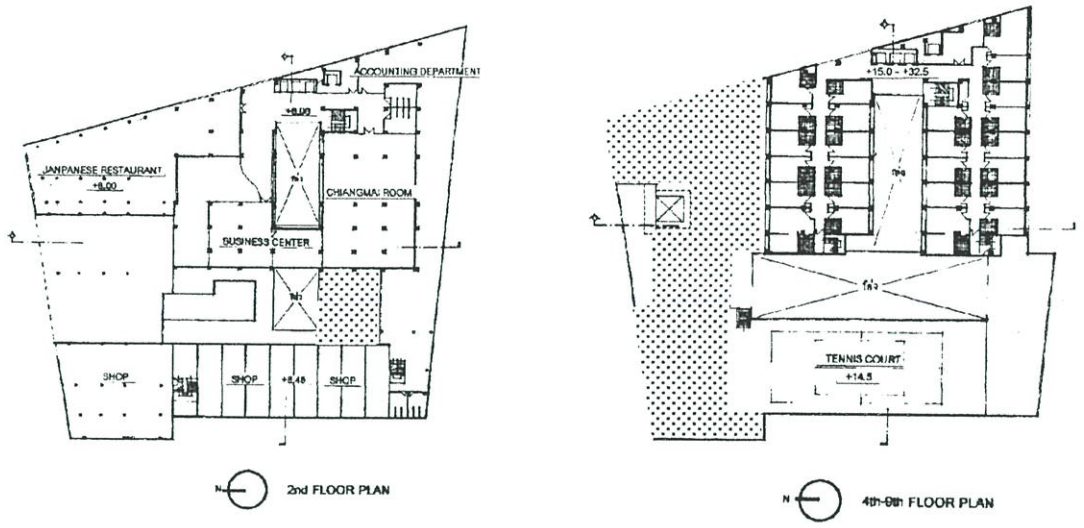
3.5.1) การดำเนินการทางสถาปัตยกรรม

1) สภาพแวดล้อมตัวอาคาร

การตรวจสอบ – บริเวณอาคารมีพื้นที่จำกัด แวดล้อมด้วยอาคารพาณิชย์สูง 3 ชั้น ไม่มีพื้นที่สีเขียวหรือสวนอยู่ใกล้เคียง อาคารมีพื้นที่ว่างตรงกลางอาคาร บริเวณสระว่ายน้ำและหลังคาห้องออกกำลัง

การปรับปรุง – การเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยทำเป็นสวนหย่อม (Roof Garden) บริเวณที่สามารถเข้าไปใช้งานได้สะดวก เช่น พื้นที่รอบสระว่ายน้ำ หน้าร้านค้า หลงคาห้องออกกำลัง ชั้น 3

การลงทุน – ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่และชนิดพืชพรรณ วัสดุ อุปกรณ์ที่นำมาใช้



ภาพที่ 3.20 บริเวณที่สามารถจัดทำสวนหย่อม (Roof Garden) ได้

2) การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การตรวจสอบ – ผนังอาคารส่วนใหญ่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียวมีบางส่วนปริเวณห้องพักเป็นผนังก่ออิฐ 2 ชั้น เสาและคานเป็นเหล็ก ก่ออิฐหุ้มด้านนอก ช่องเปิดใช้กระจกใสหนา 6 มม. และ 10 มม. หลังคาเป็นคอนกรีตหนา 20 ซม. ฝ้าเพดานเป็นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.

เมื่อตรวจสอบการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยใช้โปรแกรม OTTVEE1.0 ทั้งทางผนังและหลังคา (รายละเอียดการคำนวณดังในภาคผนวก ข) ได้ผลดังนี้

การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	N	มีค่า	83.83	วัตต์ต่อตารางเมตร
การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	ENE	มีค่า	49.78	วัตต์ต่อตารางเมตร
การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	S	มีค่า	99.55	วัตต์ต่อตารางเมตร
การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	SSW	มีค่า	80.60	วัตต์ต่อตารางเมตร
การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	W	มีค่า	66.93	วัตต์ต่อตารางเมตร
การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังทิศ	NNW	มีค่า	67.19	วัตต์ต่อตารางเมตร

การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางผนังเฉลี่ย 70.24 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่ามาตราฐานอาคารควบคุมจึงมีการดำเนินการปรับปรุงให้มีค่าลดลง ส่วนการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา (RTTV) มีค่า 19.20 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่ามาตราฐานอาคารควบคุมไม่จำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงใดๆ

จากการคำนวณการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม OTTVEE1.0 ได้ผลดังนี้

ขนาดระบบปรับอากาศ	411.29	ตัน
เฉลี่ย	41.05	ตร.ม.ต่อตัน
ราคากรอบอาคาร	8,171,109	บาท

ราคาระบบปรับอากาศ 20,975,585.96 บาท

ค่าไฟฟ้าทั้งปี 9,402,903.53 บาท

การปรับปรุงและการลงทุน – เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่กรอบอาคารทางผนังสูงกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรตามมาตราฐานอาคารควบคุม จึงต้องมีการปรับปรุงผนังอาคารด้วยวิธีต่างๆ ส่วนทางหลังคามีค่าต่ำกว่า 22 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามมาตราฐานอาคารควบคุมไม่จำเป็นต้องมีการดำเนินการใดๆ การปรับปรุงกรอบอาคารด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อลดความร้อนเข้าสู่กรอบอาคารให้ได้ผลตามมาตราฐานอาคารควบคุม (ดังรายละเอียดในการคำนวณด้วยโปรแกรม OTTVEE 1.0 ในภาคผนวก ข) ซึ่งได้คำนวณผลการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและการใช้พลังงานของอาคารตามวิธีที่ปรับปรุงดังนี้

ตารางที่ 3.10 วิธีการปรับปรุงกรอบอาคาร

วิธีการปรับปรุง	ค่าOTTV (วัตต์/ตร.ม.)	กฎหมายกำหนด
1. การติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่กระจก	53.71	ต่ำกว่า
2. เปลี่ยนกระจกใส 6มม.เป็นกระจกสีชา 6มม.	63.55	สูงกว่า
3. ทำอุปกรณ์บังเงา ยื่น 1.20 เมตรให้ช่องเปิด	65.02	สูงกว่า
4. ติดตั้งฉนวนผนังด้านในส่วนห้องพัก (ยิปซั่มบอร์หนา 9 มม.)	53.74	ต่ำกว่า
5. ติดตั้งฉนวนผนังด้านในส่วนห้องพัก (ฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว)	52.43	ต่ำกว่า
6. ติดตั้งฟิล์มกระจกและอุปกรณ์บังเงายื่น 1.20 เมตร	52.41	ต่ำกว่า
7. ติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าหนา 1 นิ้ว	9.60	ต่ำกว่า
8. ติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าหนา 2 นิ้ว	6.40	ต่ำกว่า
9. ติดตั้งโครงหลังคาและวัสดุมุง	16.0	ต่ำกว่า
10. ติดฟิล์มกระจกและฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน	53.71 6.40	ต่ำกว่า ต่ำกว่า
11. ติดฟิล์มกระจก อุปกรณ์บังเงาและฉนวนใยแก้ว	52.41 6.40	ต่ำกว่า ต่ำกว่า

และเลือกเฉพาะวิธีการปรับปรุงที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่กรอบอาคารต่ำกว่ามาตราฐานอาคารควบคุม (ทางผนังต่ำกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรและทางหลังคาต่ำกว่า 22 วัตต์ต่อตารางเมตร) มาพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ ความเป็นไปได้ของการปรับปรุงและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ดังตาราง 3.11

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดการวิเคราะห์การลงทุนกรอบอาคารเพื่อลดความร้อนผ่านผนังกรอบอาคาร

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1.ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่กระจก		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร ก่อนปรับปรุง	70.24	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	53.71	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	16.53	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	149,857.67	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	128,699.03	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	29.38	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาฟิล์มต่อหน่วย (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	783	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,658.1	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 15.9% ของมูลค่ากรอบอาคาร)	1,298,762.1	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	136,189.3	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	7,523.34	บาท
VAT 7%	10,059.88	บาท
รวม (ลดลง 1.64% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	153,772.52	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	2.17	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	391.71	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (4.76%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	19.58	ตัน
เฉลี่ย	43.10	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (4.76%)	998,559	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (5.29%)	497,114	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ		ปริมาณ	หน่วย
2.ติดตั้งฉนวนด้านในของผนัง (ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.)			
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร	ก่อนปรับปรุง	70.24	วัตต์/ตร.ม.
	หลังปรับปรุง	53.74	วัตต์/ตร.ม.
	ลดลง	16.5	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร		9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร		149,585.7	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ		0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน		12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน		365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด		128,465.46	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด		29.33	กิโลวัตต์
การลงทุน			
ราคาแผ่นยิปซัม[4] (รวม VAT 7%+โครงเคร่า+ค่าติดตั้ง)		385	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง		6,572.7	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 30.97% ของมูลค่ากรอบอาคาร)		2,530,489.5	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี			
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)		135,924.14	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)		7,510.53	บาท
VAT 7%		10,041.69	บาท
รวม (ลดลง 1.63% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)		153,494.35	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		2.55	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร			
ขนาดระบบปรับอากาศ		322	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (21.7%ของขนาดก่อนปรับปรุง)		89.29	ตัน
เฉลี่ย		52.43	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (21.71%)		4,553,829	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (8.9%)		840,964	บาท/ปี

[4] ราคาวัสดุก่อสร้างจาก ข้อมูลผลิตภัณฑ์และราคาวัสดุก่อสร้าง กรมการค้าภายในจ.ชลบุรี 2544

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
3.ติดตั้งฉนวนด้านในของผนัง (ฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว)		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร ก่อนปรับปรุง	70.24	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	52.43	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	17.81	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	161,461.89	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	127685.5	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	29.15	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาฉนวนใยแก้ว[4] (รวม VAT 7%+โครงเคร่า+ค่าติดตั้ง)	1220	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	6,572.7	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 9.65% ของมูลค่ากรอบอาคาร)	788,724	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	135,116.79	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	7,464.44	บาท
VAT 7%	9,980.69	บาท
รวม (ลดลง 1.62% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	152,561.9	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	1.91	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	242.81	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (40.96%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	168.48	ตัน
เฉลี่ย	69.53	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (40.96%)	8,592,082	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (18.08%)	1,699,827	บาท/ปี

[4] ราคาวัสดุก่อสร้างจาก ข้อมูลผลิตภัณฑ์และราคาวัสดุก่อสร้าง กรมการค้าภายในจ.ชลบุรี 2544

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
4. ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่กระจกและบังเงาช่องเปิด		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร ก่อนปรับปรุง	70.24	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	52.4	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	17.84	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	161,733.87	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	138,898.41	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	31.71	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาฟิล์มต่อหน่วย (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	783	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,658.1	ตร.ม.
รวม	129,8762.1	บาท
ราคาวัสดุบังเงา (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	1,000	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,131.5	ตร.ม.
รวม	1,131,500	บาท
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 29.74% ของมูลค่ากรอบอาคาร)	2,430,262	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	146,982.29	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	8,119.98	บาท
VAT 7%	10,857.16	บาท
รวม (ลดลง 1.76% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	165,959.42	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	2.46	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	390.28	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (5.1%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	21.01	ตัน
เฉลี่ย	43.26	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (5.1%)	1,071,085	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (5.72%)	537,911	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
5.ติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ก่อนปรับปรุง	19.20	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	9.6	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	9.6	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	87031.68	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	74,743.54	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	17.06	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาฉนวนใยแก้ว (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	120	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1481.1	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 2.18 ของมูลค่ากรอบอาคาร)	177,732	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	79,093.61	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	4,368.55	บาท
VAT 7%	5,842.35	บาท
รวม (ลดลง 0.95% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	89,304.51	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	1.38	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	401.23	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (2.45%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	10.06	ตัน
เฉลี่ย	42.28	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (2.45%)	513,071	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (1.02%)	95,757	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
6.ติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ก่อนปรับปรุง	19.20	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	6.40	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	12.8	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	18,958.08	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	16,281.36	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	3.72	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาฉนวนใยแก้ว (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	150	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1481.1	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 2.72ของมูลค่ากรอบอาคาร)	222,165	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	150,897.7	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	8,337.64	บาท
VAT 7%	11,146.47	บาท
รวม (ลดลง 1.81% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	170,381.81	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	1.14	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	399.29	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (2.92%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	12	ตัน
เฉลี่ย	42.28	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (2.92%)	611,856	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (1.32%)	124,445.6	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
7.ติดตั้งโครงสร้างหลังคาและกระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่		
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ก่อนปรับปรุง	19.20	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	16.00	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	3.20	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	1,481.1	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	4,739.52	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	4,070	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	0.93	กิโลวัตต์
การลงทุน		
ราคาวัสดุ (รวม VAT 7%+โครงหลังคา+ค่าติดตั้ง)	300	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,481.1	ตร.ม.
รวมมูลค่าการลงทุน (เพิ่มขึ้น 5.44% ของมูลค่ากรอบอาคาร)	444,330	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)	4,307.23	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)	238.15	บาท
VAT 7%	318.18	บาท
รวม (ลดลง 0.2% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)	4,863.56	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	3.43	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	407.93	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (0.82%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	3.36	ตัน
เฉลี่ย	41.39	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (0.82%)	171,010	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (0.34%)	31,918.9	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ		หน่วย
8.ติดฟิล์มที่กระจกช่องเปิดและฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดาน	ผนังอาคาร	หลังคาอาคาร	
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร			
ก่อนปรับปรุง	70.24	19.20	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	53.71	6.40	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	16.53	12.8	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	1,481.1	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	149,857.67	18,959.08	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	128,699.03	16,281.36	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	29.38	3.72	กิโลวัตต์
การลงทุน			
ราคาวัสดุต่อหน่วย[4] (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	783	150	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,658.0	1,481.1	ตร.ม.
รวม	1,298,762.0	222,165	บาท
รวมมูลค่า(เพิ่มขึ้น 18.6% ของมูลค่ากรอบอาคาร)		1,520927.1	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี			
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)		153,418.23	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)		8,475.92	บาท
VAT 7%		11,332.59	บาท
รวม (ลดลง 1.84% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)		173,226.74	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		2.19	ปี
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร			
ขนาดระบบปรับอากาศ		379.71	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (7.68%ของขนาดก่อนปรับปรุง)		31.58	ตัน
เฉลี่ย		44.46	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (7.6%)		1,610,416.19	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (6.6%)		621,579.54	บาท/ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

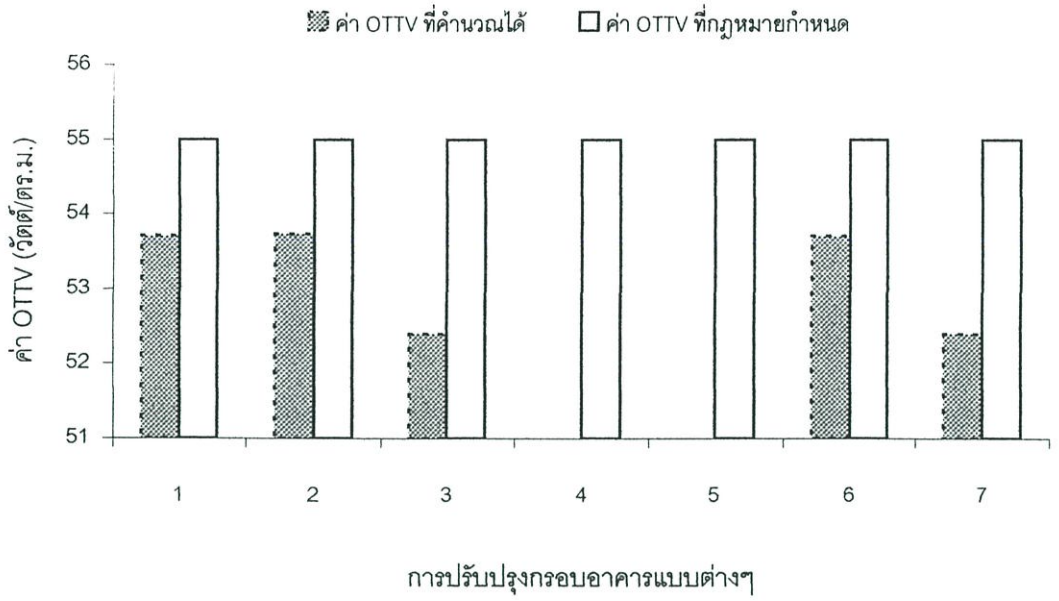
รายการ	ปริมาณ		หน่วย
9.ติดฟิล์มที่กระจกช่องเปิด บังเงาช่องเปิดและฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดาน	ผนังอาคาร	หลังคาอาคาร	
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร			
ก่อนปรับปรุง	70.24	19.20	วัตต์/ตร.ม.
หลังปรับปรุง	52.4	6.40	วัตต์/ตร.ม.
ลดลง	17.84	13.8	วัตต์/ตร.ม.
พื้นที่รับความร้อนของผนังอาคาร	9,065.8	1,481.1	ตร.ม.
ค่าความร้อนรวมที่ผ่านผนังอาคาร	161,733.87	18,958.08	วัตต์
ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	0.69	0.69	กิโลวัตต์/ตัน
จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน	12	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันที่ใช้งาน	365	365	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	138,898.41	16,281.36	kWh/ปี
พลังไฟฟ้ารวมที่ประหยัดได้ทั้งหมด	31.71	3.72	กิโลวัตต์
การลงทุน			
ราคาวัสดุต่อหน่วย[4] (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	783	150	บาท/ตร.ม.
พื้นที่ติดตั้ง	1,658.0	1,481.1	ตร.ม.
รวม	1,298,762.0	222,165	บาท
ราคาวัสดุบังเงาช่องเปิด (รวม VAT 7%+ค่าติดตั้ง)	1,000		
พื้นที่ติดตั้ง	1,131.5		
รวม	1,131,500		
รวมมูลค่า(เพิ่มขึ้น 32.46% ของมูลค่ากรอบอาคาร)		2,652,427	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง/ปี			
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (1.0582 บาท/kWh)		164,211.22	บาท
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (256.07 บาท/kW)		9,072.56	บาท
VAT 7%		12,129.83	บาท
รวม (ลดลง 1.97% ของค่าไฟฟ้าก่อนปรับปรุง)		185,413,64	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		2.45	ปี

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

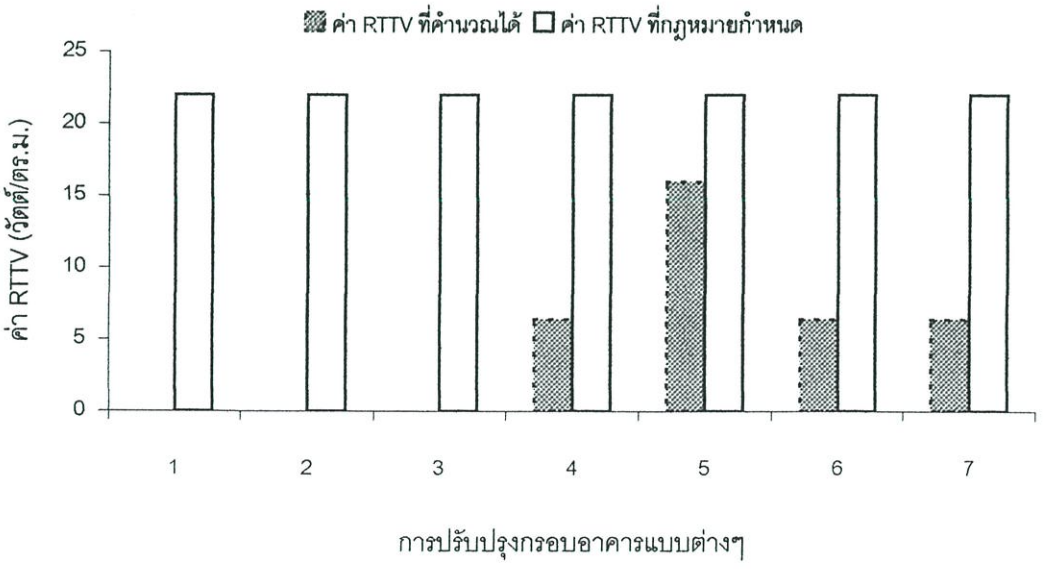
รายการ	ปริมาณ	หน่วย
9. ติดฟิล์มที่กระจกช่องเปิด บังเงาช่องเปิดและฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดาน (ต่อ)		
ถ้าดำเนินการพร้อมก่อสร้างอาคาร		
ขนาดระบบปรับอากาศ	378.29	ตัน
ขนาดระบบปรับอากาศลดลง (8.02%ของขนาดก่อนปรับปรุง)	33	ตัน
เฉลี่ย	44.63	ตร.ม./ตัน
การลงทุนระบบปรับอากาศลดลง (8.02%)	1,682,942.4	บาท
ค่าไฟฟ้าลดลง (7.04%)	662,376.77	บาท/ปี

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดการปรับปรุงกรอบอาคาร

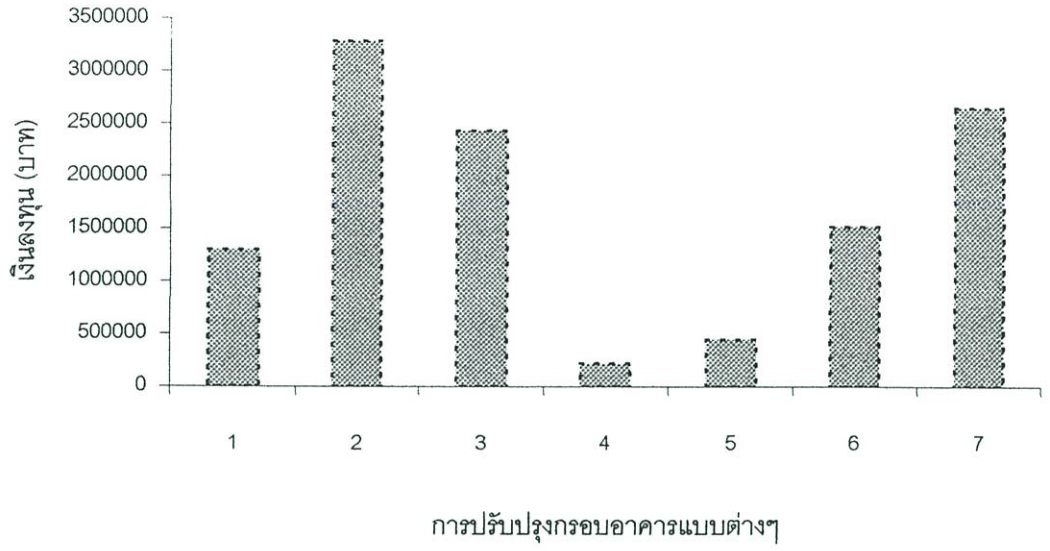
รายละเอียดการปรับปรุง	ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (W/sq.m.)		มูลค่าการลงทุนกรอบอาคารเพิ่ม	ค่าไฟฟ้าลดลง	ขนาดระบบปรับอากาศ		ระยะเวลาคืนทุน
	OTTV	RTTV	(%)	(%)	ตัน	ลดลง%	(ปี)
อาคารปัจจุบัน	70.24	19.30	-	-	411.29	-	-
1. ติดฟิล์มกรองแสง	53.71	-	15.9	1.64	391.71	4.76	2.17
2. เปลี่ยนกระจกใส 6 มม.เป็นกระจกสีชา 6 มม.	63.55	-	สูงกว่ามาตราฐานอาคารควบคุม				
3. ทำอุปกรณ์บังเงายื่น 1.20 ม.ให้ช่องเปิด	65.02	-	สูงกว่ามาตราฐานอาคารควบคุม				
4. ติดตั้งฉนวนด้านในผนัง (ยิปซัมบอร์หนา 9 มม.)	53.74	-	30.97	1.63	322	21.7	2.55
5. ติดตั้งฉนวนด้านในผนัง (ฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว)	52.43	-	9.65	1.62	242.81	40.96	1.91
6. ติดฟิล์มกรองแสงและบังเงาช่องเปิด	52.41	-	29.74	1.76	390.28	5.1	2.46
7. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 1 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน	-	9.6	2.18	0.95	401.23	2.45	1.38
8. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน	-	6.4	2.72	1.81	399.29	2.92	1.14
9. ติดตั้งโครงสร้างหลังคาและกระเบื้องหลังคา	-	16	5.44	0..2	407.93	0.82	3.43
10. ติดฟิล์มที่กระจกช่องเปิดและฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน	53.71	6.4	18.6	1.84	379	7.68	2.19
11. ติดฟิล์มที่กระจกช่องเปิด บังเงาช่องเปิดและฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน	52.4	6.4	32.46	1.97	378.29	8.02	2.45



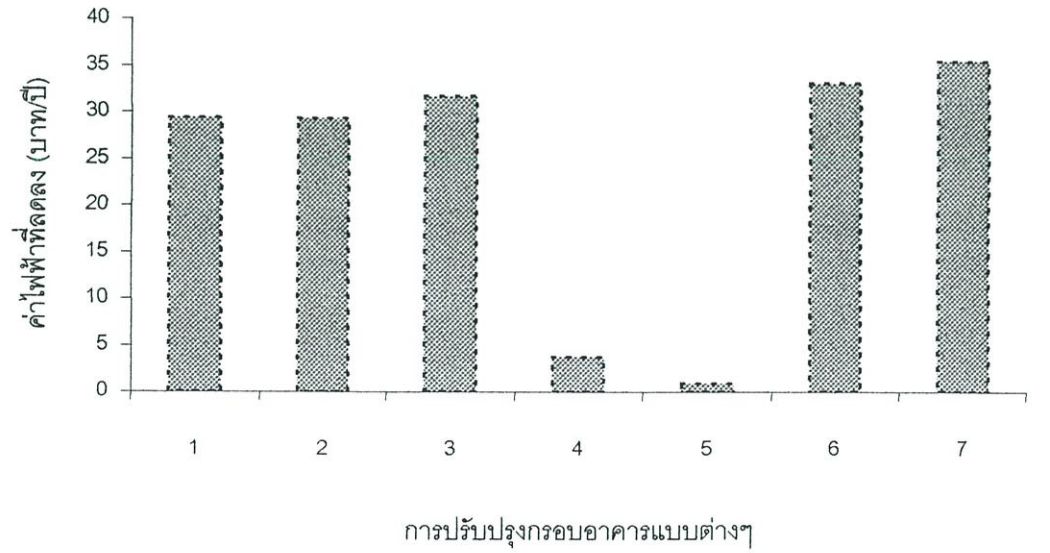
ภาพที่ 3.21 การเปรียบเทียบค่า OTTV ของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



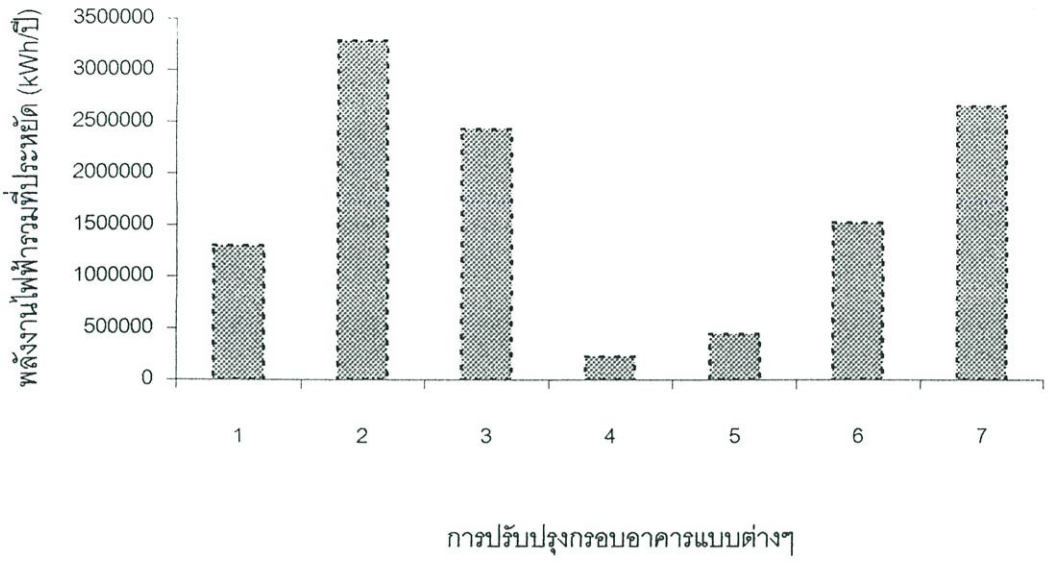
ภาพที่ 3.22 การเปรียบเทียบค่า RTTV ของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



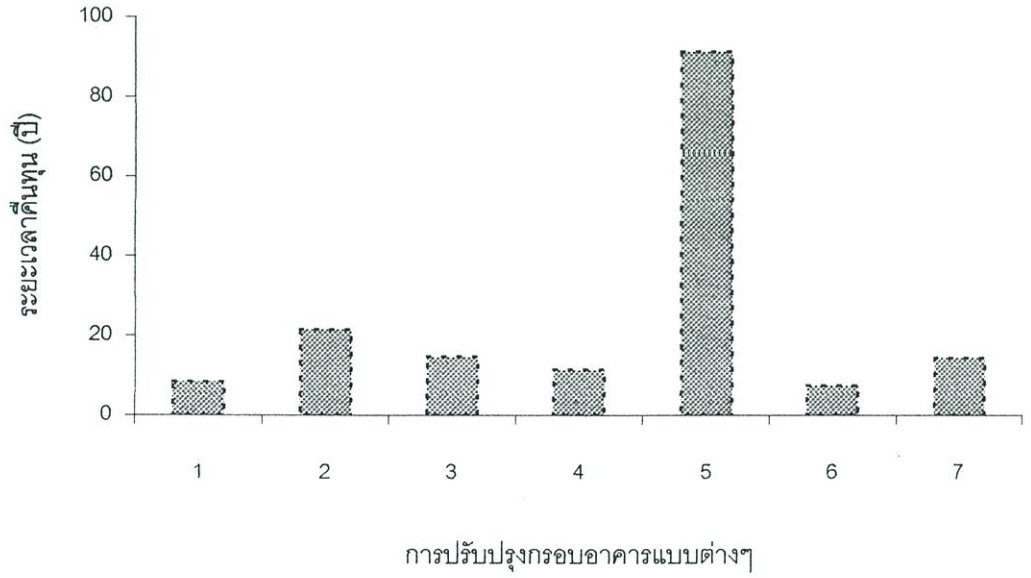
ภาพที่ 3.23 การเปรียบเทียบเงินลงทุนของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



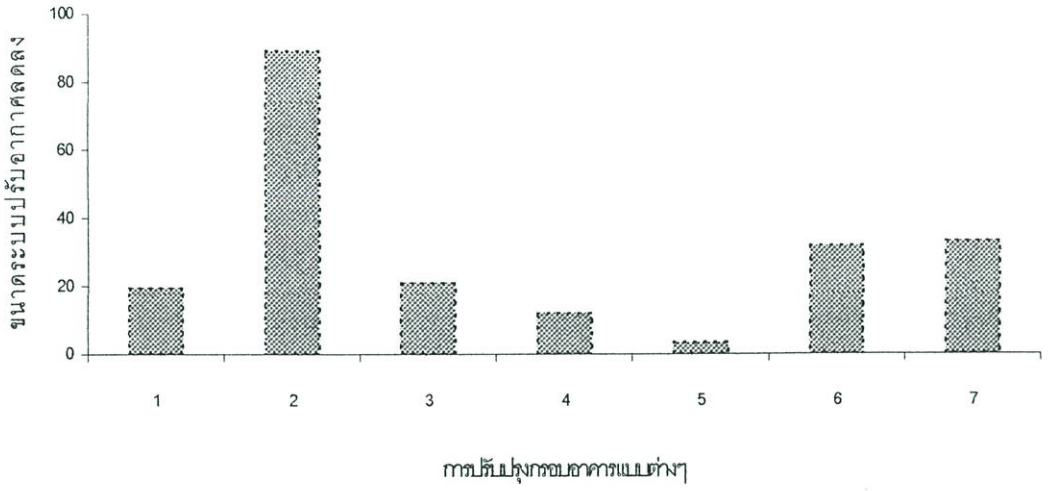
ภาพที่ 3.24 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ลดลงของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



ภาพที่ 3.25 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



ภาพที่ 3.26 การเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ



ภาพที่ 3.27 การเปรียบเทียบขนาดระบบปรับอากาศที่ลดลงของการปรับปรุงกรอบอาคารแต่ละแบบ

การวิเคราะห์การลงทุนกรอบอาคารเพื่อลดความร้อนผ่านกรอบอาคารทุกข้อเสนอแนะจะทำให้อาคารประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนของกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าในแต่ละปีลงได้มากกว่าปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.12 ถ้ามีการดำเนินการลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติมดังกล่าวพร้อมกับการก่อสร้างอาคาร[6]

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการดำเนินการจากการวิเคราะห์การลงทุนปรับปรุงผนังอาคาร แต่ละข้อเสนอแนะ พบว่า การดำเนินงานที่มีความเป็นไปได้ คือ ข้อเสนอแนะที่ 1 การติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ให้กับช่องเปิดซึ่งได้พิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารที่ลดลง การลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติม ระยะเวลาคืนทุน ค่าไฟฟ้าที่ลดลง การก่อสร้าง แก้ไข ปรับปรุงอาคารโดยให้กระเทือนต่อการใช้งาน โครงสร้างและ concept ของอาคารให้น้อยที่สุด

และจากการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร ไม่มีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการเนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคามีค่า 14.40 วัตต์/ตารางเมตร ต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนด เมื่อพิจารณาข้อเสนอแนะ การลงทุนปรับหลังคาอาคาร เพื่อให้ประหยัดพลังงาน พบว่าข้อเสนอแนะที่ 8 การติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน มีความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร ระยะเวลาคืนทุน ค่าไฟฟ้าที่ลดลง และขนาดของระบบปรับอากาศที่ลดลง

---

[6] จากการคำนวนโดยโปรแกรม OTTVEE 1.0

ดังนั้นการศึกษานี้ ข้อเสนอแนะ การดำเนินการลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติม เพื่อลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร ดังข้อเสนอแนะที่ 10 ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ให้ช่องเปิด และติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นการดำเนินการจากข้อเสนอแนะที่ 1 ปรับปรุงผนังอาคาร และข้อเสนอแนะที่ 8 ปรับปรุงหลังคาอาคาร ซึ่งจากการปรับปรุงกรอบอาคารนี้ ไม่ต้องมีการก่อสร้างต่อเติมอาคาร ดังนั้น ผังและรูปด้านอาคารจึงไม่เปลี่ยนแปลง

3.5.2 การดำเนินการทางวิศวกรรม

1) ไฟฟ้ากำลัง

ได้มีการดำเนินการแล้วใน 3.4.1 การดำเนินการในการประหยัดพลังงาน

2) ระบบปรับอากาศ

การตรวจสอบ – ระบบปรับอากาศของอาคารเป็นแบบ Water Cooled Water Chiller ใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดหอยโข่ง (centridugal) ขนาด 500 ตัน 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็นชนิดลูกสูบ (reciprocating) ขนาด 90 ตัน 2 เครื่องไม่เคยใช้งานจริง ใช้สำรองในกรณีที่เครื่องปรับอากาศขนาด 500 ตันมีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้เครื่องปรับอากาศทั้ง 3 เครื่องระบายความร้อนด้วยน้ำ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำเย็นขนาด 40 แรงม้าจำนวน 3 เครื่อง ลักษณะการทำงานของระบบจะเดินเครื่องปรับอากาศขนาด 500 ตันเพียงเครื่องเดียวตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน การทำงานของ Compressor เป็นแบบอัตโนมัติสามารถปรับเพิ่มลดการทำงานได้ตามการใช้งานจริง พร้อมกับเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นและหอผึ่งน้ำอย่างละ 1 เครื่องและมีการทำงานสลับกันทั้ง 3 เครื่อง

การตรวจวัด – จากการสังเกตสภาพการใช้งานและทำการตรวจวัดที่เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตันความเย็น[6]ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.13 การตรวจวัดที่เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน
น้ำเย็นใน Condenser	อุณหภูมิน้ำเข้า (^{o}C)	27.78
	อุณหภูมิน้ำออก (^{o}C)	30
	ความแตกต่างอุณหภูมิ (^{o}C)	1.67
น้ำหล่อเย็นใน Chiller	อุณหภูมิน้ำเข้า (^{o}C)	8.89
	อุณหภูมิน้ำออก (^{o}C)	7.22
	ความแตกต่างอุณหภูมิ (^{o}C)	1.67

[6] ข้อมูลจาก Data Loc Sheet ของ Chiller

การปรับปรุง –

1. ปรับลดปริมาณการไหลของน้ำเย็น จากข้อมูล Data Loc Sheet ของ Chiller พบว่า อุณหภูมิของน้ำเย็นขาเข้าและขาออกต่างกัน 1.67°C ซึ่งต่ำมาก ตามมาตรฐานควรอยู่ระหว่าง 3-5° C แสดงว่า Chiller ทำงานในสภาวะที่ต่ำกว่าพิกัดมาก

จากสูตร $T = F \times \Delta T /$

T ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด หน่วยเป็นตัน

F ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำความเย็น หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

ΔT อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกมาจากส่วนทำน้ำเย็น หน่วย °C

50.40 ความสามารถในการจุความร้อนของน้ำ

จะได้ $T = 4086 \times 1.67 / 50.40 = 135.39$ ตัน คิดเป็น 27%ของขนาดพิกัด

และจากการสอบถามวิศวกรอาคารพบว่าเครื่องปรับอากาศสามารถควบคุมการทำงานให้เป็น Step ได้ซึ่งทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานเหมาะสมกับสภาพ Load ที่เป็นจริง และจากข้อมูลการตรวจวัดไฟฟ้าของ Chiller อยู่ที่ 110 kW แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุม Chiller ทำงานได้มีประสิทธิภาพ แต่เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกที่แตกต่างกันเพียง 1.6°C ถือว่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับมาตราฐานการออกแบบที่ควรอยู่ระหว่าง 3-5°C

จากการพิจารณาข้อมูลเห็นว่าอัตราการไหลของน้ำเย็นที่วัดได้อยู่ที่ 4086 ลิตร/นาที ซึ่งสามารถควบคุมให้ลดปริมาณลงได้อีก โดยการเปิดวาล์วน้ำให้น้อยลงเพื่อลดปริมาณของน้ำ หรือลดขนาดปั๊มน้ำเย็นลง หรือเปลี่ยนใบพัดปั๊มน้ำเย็นให้เล็กลง หรือติดตั้ง Inverter เพื่อควบคุมปริมาณการไหลของน้ำเย็นให้เหมาะสมคือ ให้มีอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออกต่างกัน 3-5°C

ในกรณีที่ใช้ Inverter ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเย็นและปรับลดปริมาณน้ำเย็นลง 50% สามารถประหยัดพลังงานของระบบปั๊มน้ำเย็นลงได้ 50%

สามารถประหยัดพลังงานได้ = Power ของปั๊ม x 0.5 x 8760

= 40 x 0.5 x 8760

= 175200/2416320

= 7.25% ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด

ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ = 175200 x 2.13

= 402,500 บาท/ปี

2. มาตรการเปลี่ยน Chiller ให้เป็นแบบประสิทธิภาพสูง

โดยทั่วไป Chiller มีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี Chiller ของอาคารนี้จากข้อมูลด้านเทคนิคใน Start up report เป็นเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ Carrier 500TR ขนาด 500 ตัน อายุใช้งาน 10 ปี

ระดับประสิทธิภาพ 0.96 kW/Tonความเย็น ให้เป็นเครื่องใหม่มีระดับประสิทธิภาพ 0.6 kW/Ton ความเย็น

สามารถประหยัดพลังงานได้ = (kW/Ton เดิม - kW/Ton ใหม่) x Tonความเย็น x ชั่วโมงใน 1 ปี x ร้อยละของการจำหน่ายห้องเฉลี่ยต่อปี

= (0.96 - 0.6) x 500 x 8760 x 0.44

= 693,792 kWh/ปี

= 28.7% ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด

= 1,595,721 บาท/ปี (คิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.3 บาท/หน่วย)

การลงทุน Chiller ขนาด 500 ตัน ราคา= 4,000,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 1.47 ปี

3. การลด Peak Demand เนื่องจากการเปลี่ยน Chiller

Peak Demand ที่ลดลงของอาคาร = (0.96 – 0.6) x 135 / 500

จาก Data Loc Sheet และรายละเอียดการบำรุงรักษาประจำเดือนของ Chiller พบว่า Chiller มีการทำงานที่ประมาณ 135 ตันต่อวัน จะใช้ไฟฟ้า = 54 kW/แดือน หรือ ปีละ 648 kW

= 0.02% ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 54 x 256

= 13,824 บาท/เดือน หรือ 165,888 บาท/ปี

3) ไฟฟ้าแสงสว่าง

3.1) การใช้หลอดไฟประเภทประหยัดพลังงาน

การตรวจสอบ – ภายในอาคารมีการใช้หลอดไส้ ขนาด 40 วัตต์ ทั้งในห้องพักและส่วนอื่นๆจำนวน 1,097 หลอด ซึ่งการใช้หลอดไส้นี้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากในการให้แสงสว่างและมีอายุการใช้งานสั้น

การปรับปรุง – ควรเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ที่สิ้นเปลืองพลังงานม เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 9 วัตต์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีอายุการใช้งานนานกว่า ซึ่งสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้หลอดละ 31 วัตต์

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดการวิเคราะห์การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นประเภทประหยัดพลังงาน

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
อุปกรณ์		
อุปกรณ์เดิม หลอดไส้ ขนาด 40 วัตต์	1,092	ชุด
อุปกรณ์ทดแทน หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 9 วัตต์	1,092	ชุด
ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง	31	วัตต์/ชุด
ระยะเวลาใช้งานใน 1 วัน	10	ชั่วโมง
จำนวนวันใช้งานใน 1 ปี	365	วัน
Coincident Factor	100	%
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	123,559.8	kWh/ปี
พลังไฟฟ้าลดลง	33.85	kW
การลงทุน		
ราคาอุปกรณ์ทดแทนหน่วยละ *	327.5	บาท
ค่าติดตั้งอุปกรณ์ทดแทนหน่วยละ **	-	บาท
รวมมูลค่าการลงทุน	357,630	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง		
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ปีละ (อัตรา 281.68 บาท/kW-เดือน)	114,418.41	บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ปีละ (อัตรา 1.16 บาท/kWh)	143,329.36	บาท
รวมค่าใช้จ่ายลดลงปีละ	257,747.77	บาท
ระยะเวลาคืนทุน (SPB)	1.39	ปี

หมายเหตุ : * ราคากลางกรมพัฒน์ฯรวมภาษี 7% และค่าเงินเฟ้อในเดือนมิถุนายน 2542

** ราคากลางกรมพัฒน์ฯและค่าเงินเฟ้อในเดือนมิถุนายน 2542

3.2) การใช้บัลลาสต์ขดลวดชนิดประหยัดพลังงาน (Low Loss Ballast)

การตรวจสอบ – ภายในอาคารส่วนใหญ่มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน แต่ยังคงใช้บัลลาสต์ธรรมดาซึ่งมีกำลังสูญเสียที่บัลลาสต์ตัวละ 10 วัตต์ ในอาคารมีบัลลาสต์ชนิดนี้ทั้งหมด 627 ตัว รวมเป็นการสูญเสียพลังงานเฉพาะที่บัลลาสต์ 6,270 วัตต์ แบ่งเป็น

บัลลาสต์ของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 68 ชุด

บัลลาสต์ของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 32 วัตต์ จำนวน 10 ชุด

บัลลาสต์ของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 549 ชุด

การปรับปรุง – บัลลาสต์ซึ่งเป็นขดลวดรอบแกนเหล็กเป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคงที่สม่ำเสมอ จะมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่ตัวบัลลาสต์ตัวละประมาณ 10 วัตต์ การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน (Low Loss Ballast) สามารถลดการสูญเสียในบัลลาสต์แบบเก่าจากตัวละ 10 วัตต์เหลือเพียงตัวละ 6 วัตต์ จากคุณสมบัติของบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานที่มีแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงโดยที่ความสว่างเท่าเดิม

ตารางที่ 3.15 รายละเอียดการวิเคราะห์การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
อุปกรณ์		
อุปกรณ์เดิม บัลลาสต์ธรรมดา ใช้ไฟฟ้าชุดละ 10 วัตต์	627.0	ชุด
อุปกรณ์ทดแทน บัลลาสต์ประหยัดพลังงาน ใช้ไฟฟ้าชุดละ 6 วัตต์	627.0	ชุด
ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง	4.0	วัตต์/ชุด
ระยะเวลาใช้งานใน 1 วัน	12.0	ชั่วโมง
จำนวนวันใช้งานใน 1 ปี	365.0	วัน
Coincident Factor	100	%
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	10,985.04	kWh/ปี
พลังไฟฟ้าลดลง	2.51	kW
การลงทุน		
ราคาอุปกรณ์ทดแทนหน่วยละ *	123.54	บาท
ค่าติดตั้งอุปกรณ์ทดแทนหน่วยละ **	31.95	บาท
รวมมูลค่าการลงทุน	97,492.23	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง		
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ปีละ (อัตรา 281.68 บาท/kW-เดือน)	8,477.44	บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ปีละ (อัตรา 1.16 บาท/kWh)	12,742.65	บาท
รวมค่าใช้จ่ายลดลงปีละ	21,220.09	บาท
ระยะเวลาคืนทุน (SPB)	4.59	ปี

หมายเหตุ : * ราคากลางกรมพัฒน์ฯรวมภาษี 7% และค่าเงินเฟ้อในเดือนมิถุนายน 2542

** ราคากลางกรมพัฒน์ฯและค่าเงินเฟ้อในเดือนมิถุนายน 2542

3.5.3) การดำเนินการสำหรับพลังงานหมุนเวียน

1) พลังงานแสงอาทิตย์

1.1) ผลิตไฟฟ้า

การตรวจสอบ – ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการผลิตใช้ในอาคาร (เฉพาะระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากมีการใช้ที่แน่นอน) วันละ 729,036 วัตต์

ถ้าเลือกใช้แผงเซลล์ขนาด 110 วัตต์ จะใช้ 6,627.6 แผง หรือ 6,628 แผง

ต้องการพื้นที่ในการติดตั้ง แผงละ 1.321 x 0.66 ม. = 0.87186 ตร.ม.

จำนวน 6,628 แผง = 5778.7 ตร.ม.

พื้นที่หลังคาอาคารที่สามารถวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ มีพื้นที่ 798 ตร.ม.

ฉะนั้นจึงไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากมีพื้นที่ติดตั้งไม่เพียงพอ

1.2)ผลิตน้ำร้อน

การตรวจสอบ – อาคารใช้ Boiler 4 ตัว ในการทำน้ำร้อน โดยแบ่งใช้งานครั้งละ 2 ตัว ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำวันละ 2 ถังหรือ 96 กิโลกรัม

การหาปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในอาคารประเภทโรงแรมโดยประมาณจากปริมาณห้องพักคือ โรงแรมขนาด 216 ห้องพัก ปริมาณ

น้ำร้อนอาบวันละ	100 x 216	=	21,600	ลิตร
ซักล้างวันละ	2,000 x 1	=	2,000	ลิตร
ล้างจานวันละ	10 x 432	=	4,320	ลิตร

ดังนั้นต้องเลือกขนาดระบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้วันละ 27,920 ลิตร

พื้นที่ติดตั้งสำหรับระบบผลิตน้ำร้อนสำเร็จรูปที่มีขาย[7]ขนาด 600 ลิตร =12.5 ตร.ม.

ฉะนั้น ขนาด 27,920 ลิตร จะใช้ 46.5 หรือ 47 ชุด

ใช้พื้นที่ในการติดตั้ง 587.5 ตร.ม. พื้นที่หลังคาอาคารที่สามารถวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ มีพื้นที่ 798 ตร.ม. สามารถติดตั้งบนหลังคาอาคารได้

การดำเนินการ -

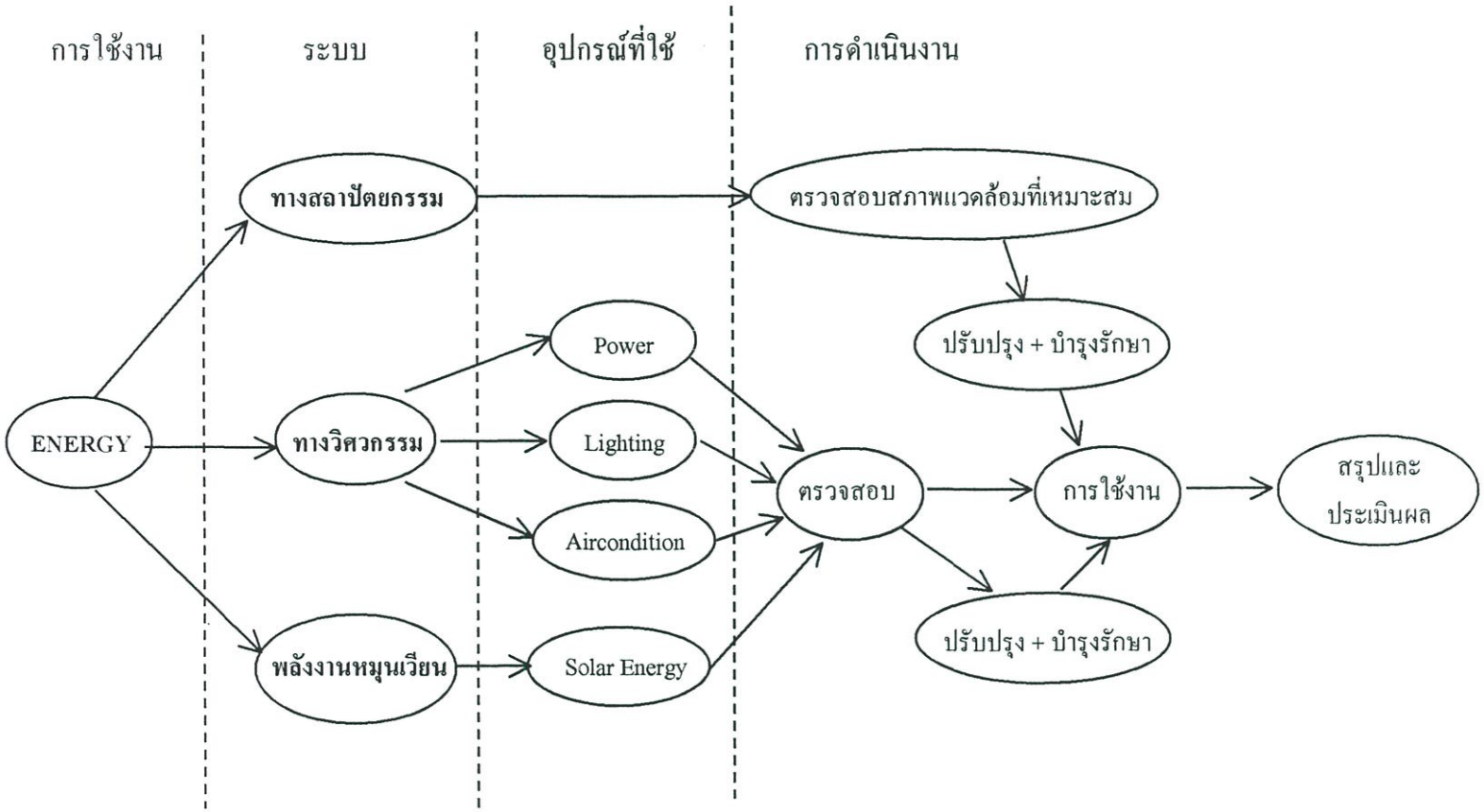
ราคาของเครื่องผลิตน้ำร้อนสำเร็จรูป	เครื่องละ 110,000	บาท
ค่าติดตั้ง	เครื่องละ 10,000	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	8,400	บาท

[7] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ข้อมูลเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

	รวม	128,400	บาท
	ฉะนั้น 47 ชุด	6,034,800 บาท (ราคาไม่รวมโครงสร้างฐานของเครื่อง)	
ราคาก๊าซ 96 กก. วันละ 2 x 700	=	1,400	บาท
	ปีละ 365 x 1400 =	511,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		2.36 ปี	

เครื่องทำน้ำร้อนมีอายุการใช้งานประมาณ 20ปี

เมื่อพิจารณาการลงทุนของระบบผลิตน้ำร้อนทั้งระบบแล้ว พบว่าต้องมีการลงทุนโครงสร้างฐานของชุดผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มเติมทั้งการเดินท่อน้ำร้อนเชื่อมต่อกับที่มีอยู่เดิม รวมทั้งอุปกรณ์การผลิตน้ำร้อนด้วยก๊าซที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังมีประสิทธิภาพดีและค่าเชื้อเพลิงยังมีราคาต่ำอยู่ ในการปรับปรุงการผลิตน้ำร้อนแนะนำให้ปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงและอุณหภูมิของน้ำร้อนให้เหมาะสมจะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงได้



ภาพที่ 3.28 การจัดการพลังงานของโรงแรมเดอะซิตี้ (วิทยานิพนธ์)

แนวทางการตรวจสอบและปรับปรุง

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
ทางสถาปัตยกรรม	1.1 สภาพแวดล้อมของอาคาร ↓ 1.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร 1.2.1 ทางผนัง 1.2.2 ทางหลังคา	1) เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับอาคาร 1) ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำ shading ติด film ที่ช่องเปิด ติดตั้งฉนวนผนัง ทำ shading ติดตั้งฉนวนหลังคา ติดตั้งวัสดุมุงหลังคา	
ทางวิศวกรรม			
2. Power	2.1 ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ ↓ 2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า ↓ 2.3 พลังไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร	1) ย้าย Load เพื่อลดจำนวนหม้อแปลง 1) ควบคุมพลังไฟฟ้าสูงสุด	

	การตรวจสอบ	การปรับปรุง	การใช้งาน
Mechanic			
3. Aircondition	3.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ ↓ 3.2 การทำงานของระบบ	1) เปลี่ยนอุปกรณ์ 1) ปรับลดปริมาณการไหลของน้ำเย็น	
3. Lighting	3.1 ประสิทธิภาพอุปกรณ์	1) เปลี่ยนอุปกรณ์	
พลังงานหมุนเวียน			
4. Solar Energy 1) ระบบผลิตไฟฟ้า	1) ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการ ↓ 2) พื้นที่ติดตั้ง Solar cell และขนาด ↓ 3) การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดูแล		
2) ระบบทำน้ำร้อน	1) ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการ ↓ 2) พื้นที่ติดตั้ง Solar cell และขนาด ↓ 3) การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดูแล		

3.5.4) การจัดการพลังงานในอาคารตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้แยกการศึกษาเป็น การประเมินและการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษาและศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษศาสตร์เบื้องต้น เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาให้มีการใช้พลังงานโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา จากผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

1.1 ปัญหาภายในอาคารกรณีศึกษา

1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารมีค่า 70.24 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งเกินเกณฑ์มาตราฐานอาคารควบคุม (55 วัตต์/ตารางเมตร)

2) ระบบปรับอากาศ

- เครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกต่างกัน 1.6°C ซึ่งควรอยู่ระหว่าง 3-5°C
- การทำงานของ Chiller มีการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

3) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- มีการใช้หลอดไฟแบบหลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ 1,092 ชุด ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมาก
- ใช้บัลลาสต์ธรรมดาที่สูญเสียพลังงานไฟฟ้าตัวละ 10 วัตต์ จำนวน 627 ตัว

1.2 องค์ประกอบของอาคารที่ต้องทำการปรับปรุง

จากข้อมูลทั้งหมดประมวลเป็นทางเลือกและตัวแปรที่ต้องทำการพิจารณาเพื่อปรับปรุงอาคารได้ดังนี้

1) ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคาร ด้วยการเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร เพื่อช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

2) ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร ด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา

3) ลดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกอาคารส่วนช่องเปิด

4) ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ด้วยการจัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารให้เป็นไปตามความจริง

5) ปรับปรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เป็นแบบประหยัดพลังงาน

2. แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อได้วิธีการปรับปรุงแต่ละองค์ประกอบอาคารที่ควรทำการปรับปรุงในอาคารจึงได้ทำการทดลองศึกษาแต่ละวิธีการปรับปรุง เพื่อเสนอเป็นแผนการปรับปรุงอาคาร สามารถสรุปวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาตามข้อกำหนดมาตราฐานกฎหมายอาคารควบคุม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ได้ดังนี้

<u>แผนการปรับปรุงที่ 1</u>. ปรับปรุงอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตราฐานอาคารควบคุม

วิธีการปรับปรุง 1. ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 5.33% ค่าไฟฟ้าลดลงปีละ 1.64% มูลค่าการลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติม 15.9% ระยะเวลาคืนทุน 2.17 ปี

<u>แผนการปรับปรุงที่ 2</u>. ปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

วิธีการปรับปรุง 1. ติดฟิล์มกรองแสงที่มีคา SC ไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด

2. ติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 6.0% ค่าไฟฟ้าลดลงปีละ 1.84% มูลค่าการลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติม 18.6% ระยะเวลาคืนทุน 2.19 ปี

<u>แผนการปรับปรุงที่3</u> ปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเหมาะสมและมีการลงทุนต่ำ

วิธีการปรับปรุง 1. ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด

2. ติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน

3. ปรับลดปริมาณการไหลของน้ำเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานรายปีในอาคารได้ 13.25% ค่าไฟฟ้าลดลงปีละ 6.12% มูลค่าการลงทุนกรอบอาคารเพิ่มเติม 18.6% ระยะเวลาคืนทุน1.54 ปี

<u>แผนปรับปรุงที่ 4</u> ปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตรและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก

วิธีการปรับปรุง 1. ติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด

2. ติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว

3. เปลี่ยน Chiller ให้เป็นแบบประสิทธิภาพสูง

4. การลด Peak Demand เนื่องจากการเปลี่ยน Chiller

5. เปลี่ยนหลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ ให้เป็นแบบประหยัดพลังงาน

6. เปลี่ยนบัลลาสต์แบบธรรมดาให้เป็นแบบประหยัดพลังงาน

ผลการปรับปรุง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 40.3% ค่าไฟฟ้าลดลงปีละ 23.54% ระยะเวลาคืนทุน 1.55 ปี

จะเห็นว่าแต่ละแผนการปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง 5 - 41% โดยมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 3 ปีทั้งสิ้น การพิจารณาเลือกใช้แต่ละแนวทางขึ้นอยู่กับนโยบายของผู้บริหารอาคารและงบประมาณในการปรับปรุงเป็นสำคัญ

ในการศึกษาครั้งนี้เสนอแนะให้ใช้แผนการปรับปรุงที่ 4 ปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงที่สุด ค่าไฟฟ้าลดลงมากที่สุดและมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารสำหรับอาคารใหม่และอาคารเก่ามีหลักการเหมือนกัน

การจัดการพลังงานสำหรับอาคารใหม่ต้องเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน แบ่งเป็น

1. การออกแบบทางสถาปัตยกรรมได้แก่
   1.1 การใช้สภาพแวดล้อมรอบๆอาคารให้เป็นประโยชน์
   1.2 การจัดผังอาคาร
   1.3 รูปแบบอาคาร
   1.4 การบังเงาอาคาร
   1.5 การเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งภายนอกและภายในอาคาร
   1.6 การระบายอากาศของอาคาร
   1.7 การออกแบบตกแต่งและป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้แก่อาคารโดยการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเช่น การใช้พืชพรรณ แหล่งน้ำ
2. การออกแบบทางวิศวกรรมให้เหมาะสมกับลักษณะอาคาร ขนาดอาคารและการใช้งานได้แก่
   2.1 ระบบไฟฟ้า
   2.2 ระบบเครื่องกล
   2.3 ระบบความร้อน
   2.4 ระบบสุขาภิบาล
   2.5 การนำระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมการใช้พลังงานในอาคาร

ซึ่งสามารถวางระบบใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากกว่า สามารถวางแผนการประหยัดพลังงานได้ง่ายและสะดวกกว่าอาคารเก่า เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและจัดวางระบบต่างๆให้สอดคล้องกันตั้งแต่แรก ทำให้ผลที่ได้รับคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

ส่วนการจัดการพลังงานสำหรับอาคารเก่าเป็นการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองและไม่เหมาะสมในอาคารจะมีความยุ่งยากมากกว่า

1. การดำเนินการทางสถาปัตยกรรม
   1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคาร

1.2 ตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารและดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมายควบคุม

1.3 ปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคารให้เอื้อต่อการประหยัดพลังงาน

2. การดำเนินการทางวิศวกรรม

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ระบบต่างๆทางวิศวกรรมทั้งระบบไฟฟ้า ระบบเครื่องกล ระบบความร้อนและระบบสุขาภิบาล

2.2 ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบต่างๆของอาคาร

2.3 ตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบต่างๆ รวมทั้งส่วนที่สูญเสียพลังงานซึ่งเมื่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่ำลงต้องใช้พลังงานในการทำงานมากขึ้นเพื่อให้ทำงานได้ตามต้องการ

2.4 การวิเคราะห์และดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานให้คุ้มค่ามากขึ้น บางครั้งไม่ต้องลงทุนเพียงแค่ปรับแต่งและบำรุงรักษาอุปกรณ์และระบบให้อยู่ในสภาพดี แต่บางครั้งต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่วนนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

นอกจากนี้ความเคยชินในการใช้พลังงานของผู้ใช้อาคารมีผลต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ด้วย ว่าจะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้เพียงใด ควรพิจารณาลำดับในการปรับปรุงดังนี้

1. ประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุง ปรับแต่งและจัดการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบวิศวกรรมให้เหมาะสม โดยไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่นปรับอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศไม่ให้ต่ำเกินไป จัดระบบให้ Chiller ทำงานสลับกันให้สัมพันธ์กับภาวะความต้องการความเย็นภายในอาคาร
2. ประหยัดพลังงานโดยติดตั้งอุปกรณ์ ช่วยเสริมระบบวิศวกรรมเพื่อให้การทำงานและใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการลงทุน เช่นติดตั้ง Timer และ Photo Cell สำหรับเปิดและปิดดวงโคมในระบบแสงสว่าง ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา
3. การประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงระบบวิศวกรรมใหม่ โดยเลือกใช้เทคโนโลยีและระบบวิศวกรรมใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีการลงทุนสูง เช่นการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นแบบประหยัดพลังงาน การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

จากการศึกษากรณีศึกษาโรงแรมเดอะซีตี้ ศรีราชาแนะนำให้ปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมในเชิงเทคนิคเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 40.3% ค่าไฟฟ้าลดลงปีละ 23.54% ระยะเวลาคืนทุน 1.55 ปี แต่การนำผลการลดการใช้พลังงานในแต่ละมาตราการมารวมกันโดยตรงจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง (Over Estimate) เนื่องจากในการในการดำเนินการในแต่ละมาตราการจะมีผลเกี่ยวเนื่องการใช้พลังงานใน

ส่วนอื่นด้วย การที่จะให้ได้ผลที่ได้ใกล้เคียงความจริงจึงควรใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพยากรณ์การใช้พลังงานในอาคาร

ในการพิจารณาปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้น ต้องทำการพิจารณา อัตราส่วนการใช้พลังงานในอาคารและค่อยทำการศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงตามตัวแปรที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ในบางครั้งแนวทางการปรับปรุงอาคารที่สามารถลดการใช้พลังงานได้มากที่สุดก็อาจจะไม่ใช่แนวทางการปรับปรุงอาคารที่ดีที่สุด หากพิจารณาในด้านความคุ้มค่าต่อการลงทุนและระยะคืนทุนเบื้องต้น

การออกแบบอาคารปรับอากาศในอนาคต ควรพิจารณาเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานก็คือ กรอบอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยเฉพาะวัสดุผนังอาคาร ระบบการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพในอาคารซึ่งต้องสอดคล้องกับการใช้งานโดยเฉพาะเรื่องของการกันการรั่วไหลของอากาศภายนอกที่เข้าสู่อาคาร หากมีการพิจารณาการจัดพื้นที่ใช้สอยอาคารและระบบอาคารให้สอดคล้องกับการใช้งานอาคารก็สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารและลดภาระปรับเย็นในอาคารได้

ปัญหาที่พบจากการศึกษาอาคารกรณีศึกษา โรงแรมเดอะซิตี้ ศรีราชา

1. ไม่สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพยากรณ์การใช้พลังงานในอาคารให้ใกล้เคียงความเป็นจริงได้ เนื่องจากได้รับข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ในอาคารไม่เพียงพอที่จะป้อนเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพยากรณ์

2. ไม่สามารถศึกษาและวิเคราะห์ในรายละเอียดของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศได้ เนื่องจากได้รับข้อมูลทางเทคนิคไม่เพียงพอ

3. ไม่สามารถสำรวจ ตรวจสอบ เครื่องจักรและอุปกรณ์ได้อย่างละเอียด

4. ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการทำงานของอุปกรณ์ได้

ข้อเสนอแนะ

มีข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

1. ควรทำการศึกษาด้านประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานเมื่อทำการปรับลดค่า window to wall ratio ของอาคารประเภท window and wall ต่อไปว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร หรืออาจจะเป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการปรับผนังอาคาร ต่อค่าพลังงานที่ผ่านเข้ามาเพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบต่อไปในอนาคต
2. ควรหาข้อมูลทางเทคนิคเพิ่มเติมของอาคารกรณีศึกษา เพื่อสามารถใช้การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศและส่งผลต่อการคำนวณของเครื่องปรับอากาศ

3. การประมาณค่าต่างๆ ตามทฤษฎี ในการหามาตราการการลดการใช้พลังงาน ควรทำการวิจัยในรายละเอียดต่อไป เพื่อความแม่นยำของการของการคาดคะเนต่อไป
4. ต้องเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกับการใช้งานของอุปกรณ์ให้ละเอียดขึ้นเช่น ช่วงเวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ
5. ต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่นานขึ้นเช่น การตรวจวัดสภาวะภายในอาคาร การใช้งานระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่าง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2536. **การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2531. **พลังงานหมุนเวียน**. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน**.กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

นิตยา ศรีสัตยวงศา. 2532. "การวิเคราะห์การใช้พลังงานและจำลองแบบของระบบปรับอากาศในโรงแรมขนาดใหญ่." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปิยรัตน์ ประมวลผล. 2539. "การประหยัดพลังงานภาคปรับอากาศภายในอาคารสำนักงาน." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มานิตย์ กู้ธนพัฒน์. 2531. "การวิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงแรมขนาด 270 ห้อง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

โมะโตะกิ มัทซึโอะ. 2525. **เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดสีทองกิจไพศาล

ร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต. 2542. "กลยุทธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานราชการ: กรณีศึกษาอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ ดอนเมือง." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุนทร บุญญาธิการ. 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**.กรุงเทพฯ: พร็อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต

สำนักงานการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2538. **โครงการอาคารสีเขียว**. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Baruch Givoni. 1994. **Passive and Low Energy Cooling of Buildings**. USA. : Van Nostrand Reinhold

E. Gregory McPherson. 1984. **Energy-Conserving Site Design**. USA. : Keith W. Watkins & Sons Inc.

Fred S. Dubin and Chalmers G. Long, Jr. 1978. **Energy Conservation Standards for Building Design, Construction and Operation**. USA. :Fairfield Graphics

Henry J. Cowan. 1991. **Handbook of Architectural Technology**. USA : Van Nostrand Reinhold

John Littler and Randall Thomas.1984. **Design with Energy The Conservation and Use of Energy in Buildings**.

John W. Twidell and Anthony D. Weir. 1987. **Renewable Energy Resources**. Great Britain : London

J. W. Weller abd A. Youle. **Thermal Energy Conservation Building and Services Design**. Great Britain : Galliard (Printers) Ltd.

Philip Steadman. 1976. **Energy, Environment and Building**. USA. : The Syndics of Cambridge University Press

Richard T. Sheahan. 1981. **Alternative Energy Sources**. USA. : Aspen Systems Coporation

Robert L. Loftness. 1978. **Energy Handbook**. USA. : Litton Educational Publishing. Inc.

Robert W. Roose. 1978. **Handbook of Energy Conservation for Mechanical Systems in Buildings**. Canada : Van Nostrand Reinhold Ltd.

Stein, B., and Reynolds. 1986. **Mechanical and Electrical Equipment for Building**. 7th Edition. New York: John Wiley & Sons

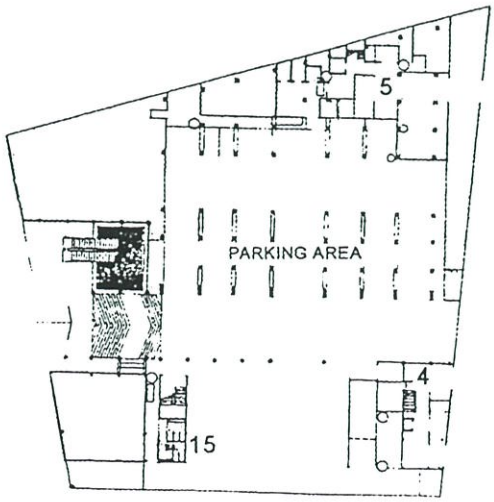
Walter F. Wagner. 1980. **Energy-Efficient buildings**. USA : McGraw-Hill

Wayne C. Turner. 1997. **Energy Management Handbook**. USA. : The Fairment Press.Inc.

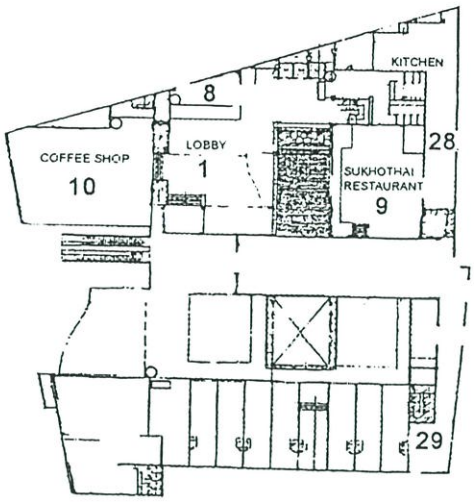
ภาคผนวก ก
บริเวณที่ทำการวัดสภาวะภายในอาคาร

ตารางแสดงบริเวณที่ทำการวัดสภาวะภายในอาคารโรงแรม เดอะซิตี้ ศรีราชา

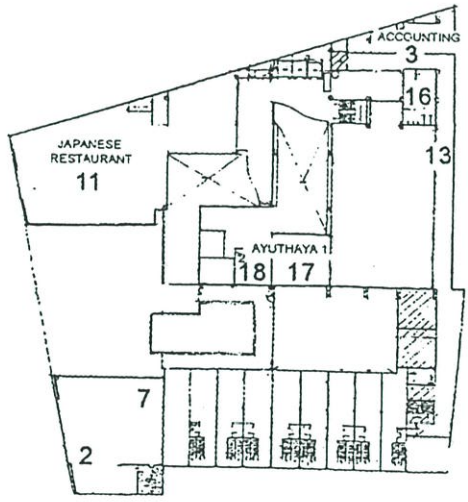
หมายเลข	บริเวณที่ทำการวัด	ชั้น	หมายเลข	บริเวณที่ทำการวัด	ชั้น
1	LOBBY	1	16	ห้องน้ำแขก	2
2	ห้องทำงานฝ่ายบริหาร	2	17	ห้องประชุมอยุธยา 1	2
3	ห้องทำงานฝ่ายบัญชี	2	18	ห้องประชุมอยุธยา 2	2
4	ห้องทำงานฝ่ายบุคคล	ล่าง	19	ห้องประชุมบางกอก	12
5	ห้องทำงานฝ่ายช่าง	ล่าง	20	ห้องประชุมธนบุรี	12
6	ห้องทำงานฝ่ายแม่บ้าน	3	21	ลิฟท์แขก	4
7	ห้องทำงานฝ่ายขาย	2	22	ลิฟท์พนักงาน	4
8	ห้องทำงานฝ่ายOffice Front	1	23	ห้องพัก SUIT RM.	10
9	ห้องอาหารสุโขทัย	1	24	ห้องพัก CORNER RM.	10
10	COFFEE SHOP	1	25	ห้องพัก DELUXE RM.	4
11	ห้องอาหารญี่ปุ่น	2	26	ห้องพัก STANDARD RM.	4
12	ห้องอาหารพนักงาน	3	27	ห้องออกกำลัง CLERK	3
13	ทางเดินพนักงาน	2	28	ห้องครัวใหญ่	1
14	ทางเดินบริเวณห้องพัก	4	29	ห้องครัวรอง	1
15	ห้องน้ำพนักงาน	ล่าง			



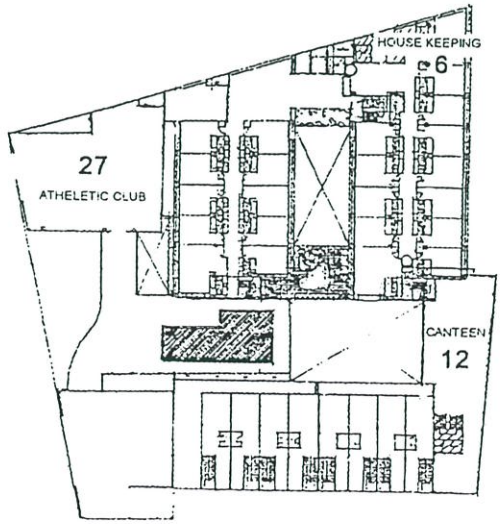
ผังพื้นชั้นล่าง



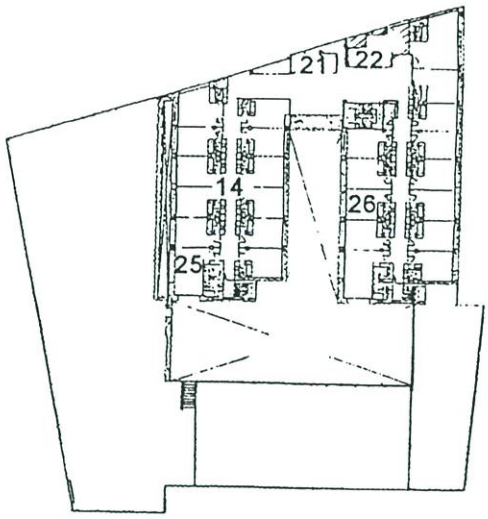
ผังพื้นชั้นที่ 1



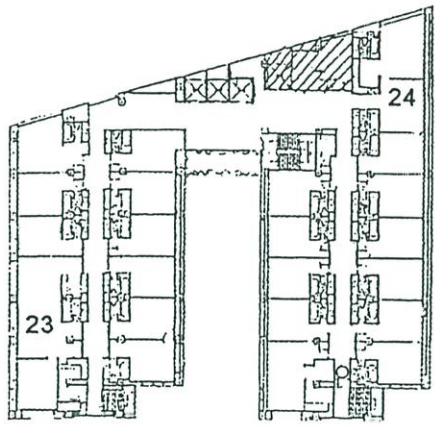
ผังพื้นชั้นที่ 2



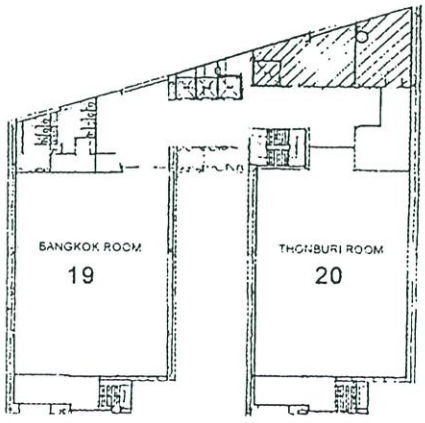
ผังพื้นชั้นที่ 3



ผังพื้นชั้นที่ 4



ผังพื้นชั้นที่ 10



ผังพื้นชั้นที่ 12

ภาคผนวก ข

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยโปรแกรม

OTTVEE Version 1.0a

การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา ปัจจุบัน

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

ชื่อโครงการ the city hotel0 หน้าที่-1

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ชนิดบริเวณ โรงแรม

ที่ตั้งโครงการ จังหวัดชลบุรี

ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ 16,883.0 ตารางเมตร

ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.) 3.5 เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร **70.24** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า RTTV ของอาคาร **19.20** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	150.12	83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	171.22	49.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	193.13	99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	223.34	80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	171.32	66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	145.77	67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ชื่อโครงการ the city hotel O หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,247.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			30,015.03	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel O หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง **171.22** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ **49.78** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			**46.80**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			**193.13**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**99.55**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			**46.80**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			**223.34**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**80.60**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel๐ หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,181.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			171.32	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel O หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

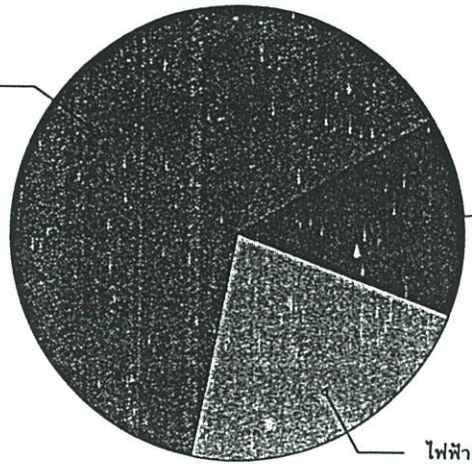
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,481.1	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	28,437.12	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	-	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel O

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,929	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	**12,450**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

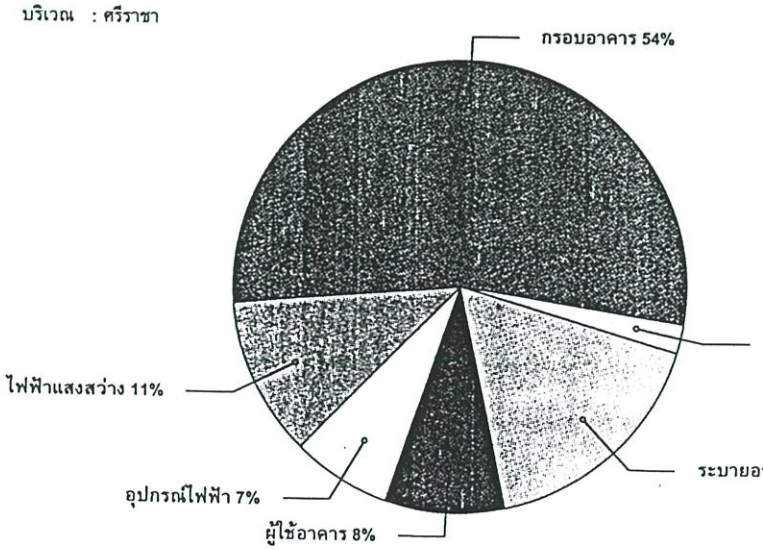
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel O

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	13,155	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	**24,346**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

1. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel 1	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**53.71**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	76.82	57.56	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	73.83	44.15	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-			วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-		วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	93.48	63.63	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	120.16	60.85	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	96.16	54.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	90.06	55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel1 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.219	3,722.57
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.220	19,865.40
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.221	6,216.84
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			29,804.81	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			76.82	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			57.56	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.214	8,158.72
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.208	1,088.39
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.207	844.96
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.215	875.00
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.211	625.39
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			12,942.58	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel1 หน้าที่-3
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 73.83 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 44.15 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt.)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.196	49,017.91
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			54,744.16	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			93.48	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			63.63	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt.)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.238	11,595.28
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			18,000.67	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			120.16	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			60.85	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel 1 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.214	11,495.08
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.259	13,832.07
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.238	5,513.21
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			32,655.13	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			96.16	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			54.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.238	2,761.12
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.238	692.34
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.342	803.54
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.369	4,209.09
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			8,466.09	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.06	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel 1 หน้าที่-5

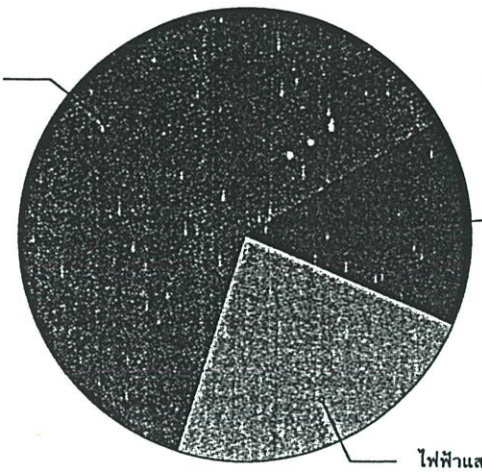
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			28,437.12	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel1

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,337	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	11,859	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

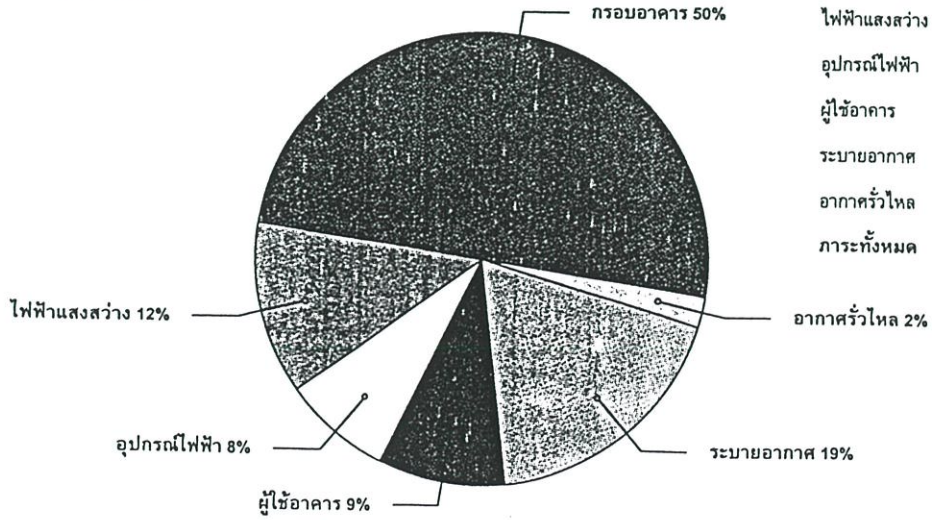
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel1

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	11,339	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	22,531	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

2. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการเปลี่ยนกระจกใสหนา 6 มม.เป็นกระจกสีชา 6 มม.

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

ชื่อโครงการ	the city hotel 2	หน้าที่-1
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0 ตารางเมตร	
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5 เมตร	

ค่า OTTV ของอาคาร	**63.55**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	119.25	72.76	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	130.22	47.41	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	151.11	84.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	179.85	72.28	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	144.97	62.67	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	129.30	63.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel 2 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.599	5,923.04
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.601	30,727.00
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.603	9,620.01
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			46,270.05	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			119.25	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			72.76	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.584	15,736.32
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.568	1,814.15
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.566	1,407.87
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.588	1,471.80
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.577	1,047.02
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			22,827.28	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel 2 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 130.22 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 47.41 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m)	U (W/sq m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.536	82,760.88
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			88,487.13	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			151.11	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			84.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m)	U (W/sq m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.650	20,536.14
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			26,941.53	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			179.85	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			72.28	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel 2 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.586	19,662.17
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.650	9,661.32
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			49,233.29	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			144.97	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			62.67	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.650	4,461.53
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.650	1,118.71
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			12,153.87	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			129.30	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			63.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel 2 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (Sqm.)	U (W/sqm.C)	TD (C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			28,437.12	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	- วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

3. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการทำอุปกรณ์บังเงาให้ช่องเปิดยื่น 1.20 เมตร

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel 3	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**65.02**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	147.08	82.73	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	147.39	48.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	152.80	85.01	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	146.92	65.97	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	150.80	63.61	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	145.77	67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel3 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.851	7,382.30
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.851	37,854.04
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.851	11,829.39
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			57,065.73	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			147.08	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			82.73	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.649	17,067.52
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			25,837.11	วัตต์		

ชื่อโครงการ the city hotel 3 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 147.39 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 48.40 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.546	83,753.32
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			89,479.57	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			152.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			85.01	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.526	4,229.21
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.523	17,780.10
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			22,009.31	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			146.92	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			65.97	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel3 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.682	21,769.81
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.637	9,530.43
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			51,210.04	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			63.61	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel3 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			28,437.12	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

4. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดตั้งฉนวนด้านในผนัง (ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.)

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel4
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา
ชนิดบริเวณ	โรงแรม
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0 ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5 เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร **53.74** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า RTTV ของอาคาร **19.20** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	24.49	150.12	69.51	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	25.60	171.22	34.01	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	24.00	193.13	84.97	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	24.00	223.34	62.17	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	24.00	171.32	47.81	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	24.00	145.77	49.09	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel4 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	2.000	12.0	-	-	16,315.20
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			17,019.07	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			24.49	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,247.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			69.51	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	2.000	12.0	-	-	50,342.40
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			73,164.00	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			25.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			30,015.03	วัตต์		

ชื่อโครงการ the city hotel 4 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 171.22 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 34.01 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	2.000	12.0	-	-	24,936.00
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			24,936.00	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			24.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			193.13	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			84.97	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	2.000	12.0	-	-	8,172.00
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	2.000	12.0	-	-	7,010.40
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			15,182.40	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			24.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			223.34	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			62.17	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel 4 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	2.000	12.0	-	-	30,703.20
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	2.000	12.0	-	-	11,572.80
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			42,276.00	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			24.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,181.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			171.32	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			47.81	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	2.000	12.0	-	-	8,692.80
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			8,692.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			24.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			49.09	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel4 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

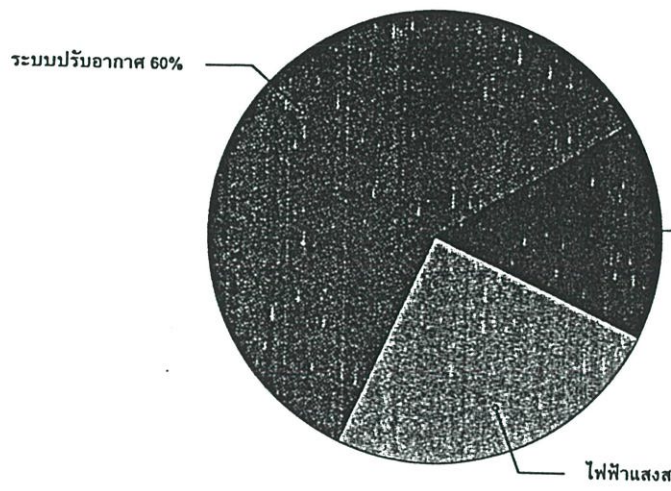
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,481.1	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	28,437.12	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	-	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel 4

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	6,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	11,260	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

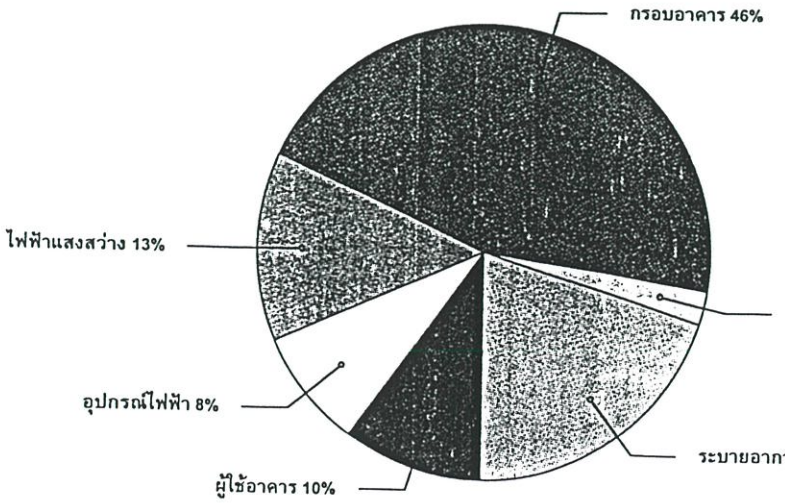
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel 4

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	9,501	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	20,693	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

5. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดตั้งฉนวนด้านในของผนัง (ฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว)

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel5	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**52.43**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.92	150.12	146.28	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	20.09	171.22	28.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	16.50	193.13	80.17	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	16.50	223.34	56.10	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	16.50	171.32	41.52	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	-	145.77	145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel5 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ				15.0	ตารางเมตร	
		Q ของผนังทึบ				703.87	วัตต์	
		ค่า OTTV ของผนังทึบ				46.92	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร	
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง				388.0	ตารางเมตร	
		Q ของผนังโปร่งแสง				58,247.48	วัตต์	
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง				150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร	
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้				146.28	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร	

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	1.100	15.0	-	-	34,610.40
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ				2,858.3	ตารางเมตร	
		Q ของผนังทึบ				57,432.00	วัตต์	
		ค่า OTTV ของผนังทึบ				20.09	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร	
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง				175.3	ตารางเมตร	
		Q ของผนังโปร่งแสง				30,015.03	วัตต์	
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง				171.22	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร	

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel5 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 28.83 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	1.100	15.0	-	-	17,143.50
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0 ตารางเมตร			
		Q ของผนังทึบ			17,143.50 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			16.50 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6 ตารางเมตร			
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			193.13 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			80.17 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	1.100	15.0	-	-	5,618.25
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	1.100	15.0	-	-	4,819.65
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6 ตารางเมตร			
		Q ของผนังทึบ			10,437.90 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			16.50 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8 ตารางเมตร			
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			223.34 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			56.10 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	1.100	15.0	-	-	21,108.45
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel5 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	1.100	15.0	-	-	7,956.30
รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,761.5	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	29,064.75	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	**16.50**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	339.6	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	58,181.48	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	**171.32**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	**41.52**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
รายการที่-7		ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
รายการที่-8		ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
รายการที่-9		ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
รายการที่-10		ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	-	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	-	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	94.0	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	13,702.50	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	**145.77**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	**145.77**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
รายการที่-32		หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,481.1	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	28,437.12	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ชื่อโครงการ	the city hotel5	หน้าที่-5
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	

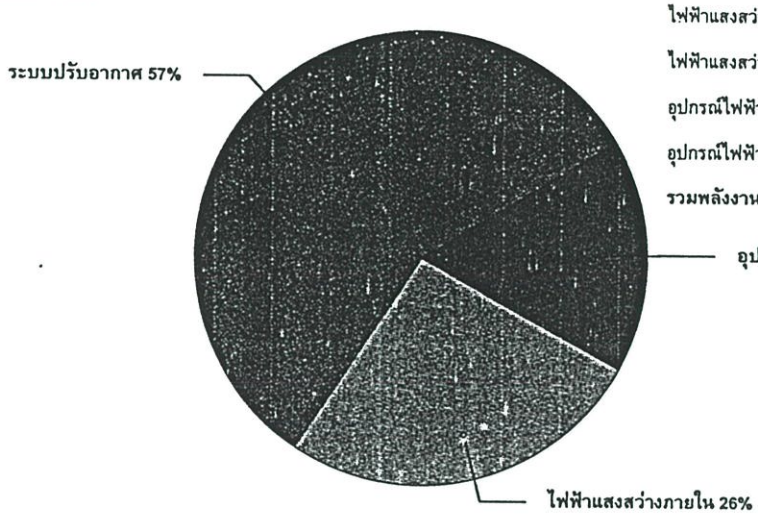
พื้นที่ผนังโปร่งแสง		- ตารางเมตร
Q ของผนังโปร่งแสง		- วัตต์
ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง		- วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel 5

บริเวณ : ศรีราชา

ระบบปรับอากาศ	6,083	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	10,605	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

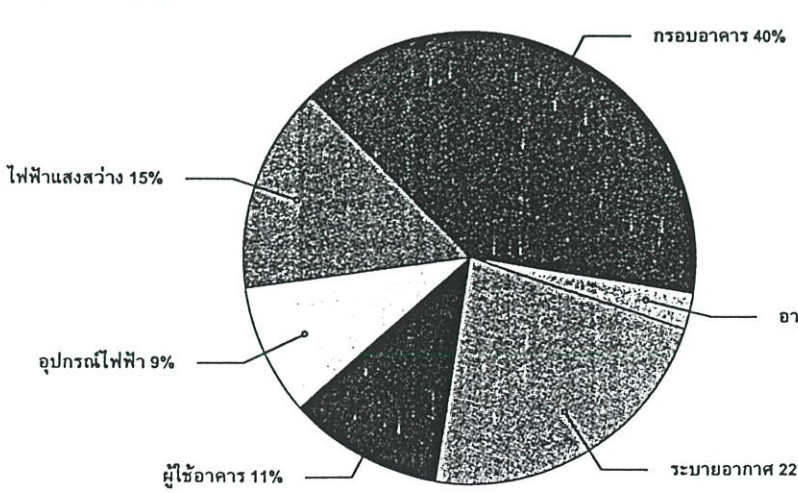
วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel 5

บริเวณ : ศรีราชา

กรอบอาคาร	7,489	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	18,681	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

6. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC ไม่เกิน 37 และทำอุปกรณ์บังเงายื่น 1.20 ม.ให้ช่องเปิด

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel6	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**52.41**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**19.20**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	75.81	57.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	73.83	44.15	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	84.33	60.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	90.67	55.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	91.38	54.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	90.06	55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	19.20	-	19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel'6 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.211	3,676.24
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.211	19,608.82
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.211	6,127.76
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			29,412.82	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			75.81	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			57.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.214	8,158.72
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.208	1,088.39
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.207	844.96
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.215	875.00
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.211	625.39
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			12,942.58	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel6 หน้าที่-3
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 73.83 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 44.15 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.142	43,658.73
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0 ตารางเมตร			
		Q ของผนังทึบ			48,623.33 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6 ตารางเมตร			
		Q ของผนังโปร่งแสง			49,384.98 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			84.33 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			60.33 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.533	4,265.21
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.133	9,316.66
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6 ตารางเมตร			
		Q ของผนังทึบ			29,607.56 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8 ตารางเมตร			
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,581.87 วัตต์			
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.67 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.20 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			

ชื่อโครงการ the city hotel6 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.174	10,616.89
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.259	13,832.07
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.164	4,768.16
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			31,031.89	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			91.38	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			54.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.238	2,761.12
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.238	692.34
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.342	803.54
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.369	4,209.09
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			8,466.09	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.06	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel6 หน้าที่-5

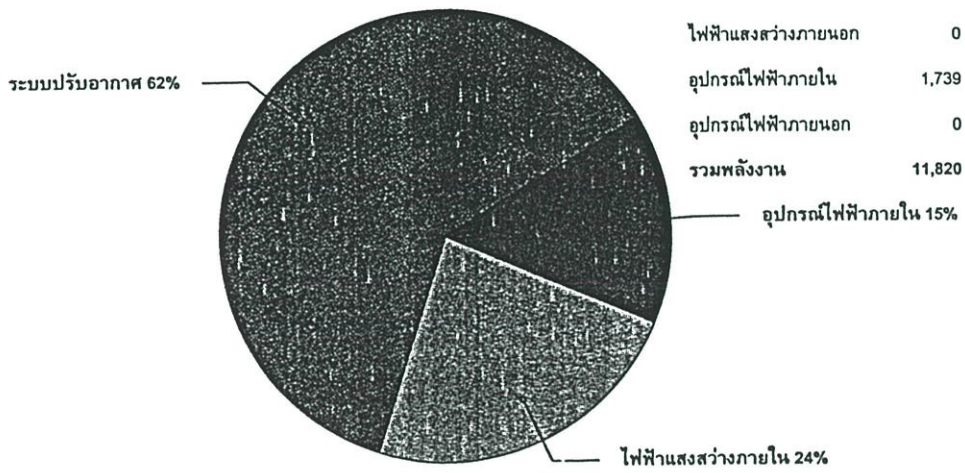
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sqm)	U (W/sq.m C)	TD (C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.200	16.0	-	-	28,437.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			28,437.12	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			19.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel6

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,298	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	11,820	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

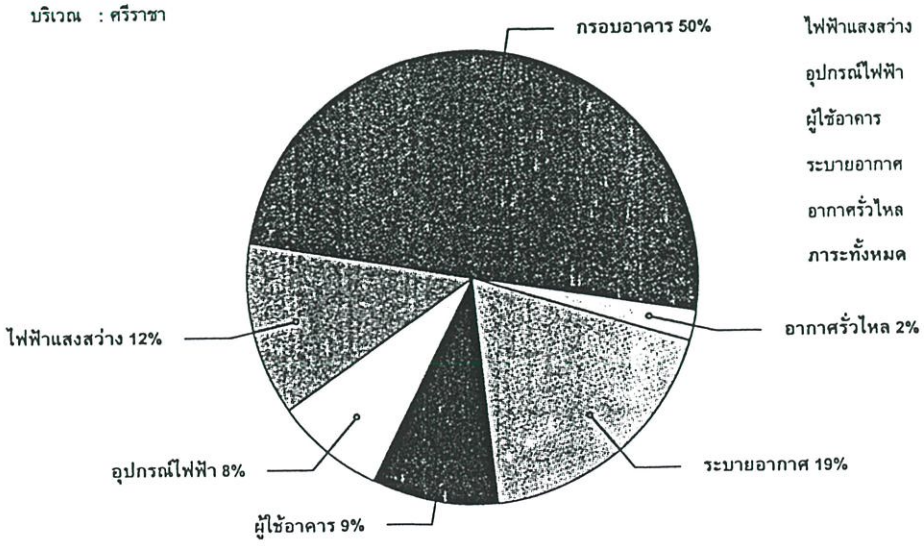
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel6

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	11,220	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	22,412	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

7. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน.

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel 7
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา
ชนิดบริเวณ	โรงแรม
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0 ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5 เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**70.24**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**9.60**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	150.12	83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	171.22	49.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	193.13	99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	223.34	80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	171.32	66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	145.77	67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	9.60	-	9.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel 7 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m)	U (W/sq m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,247.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m)	U (W/sq m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			30,015.03	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel 7 หน้าที่-3
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 171.22 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 49.78 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			193.13	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			223.34	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel7 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,181.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			171.32	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel7 หน้าที่-5

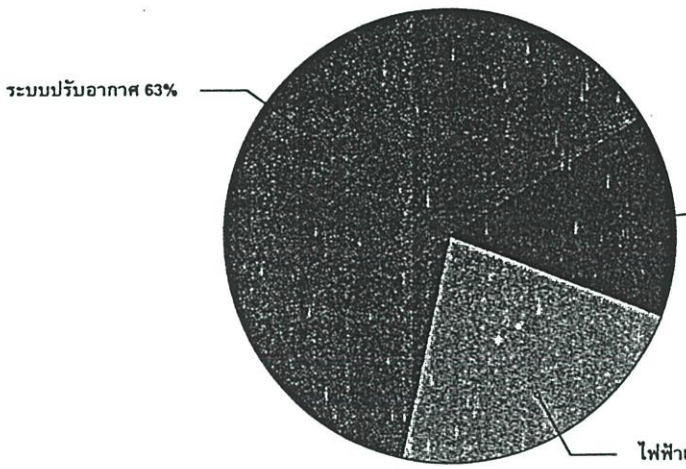
ชื่อบริเวณ ศรีราชา

หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (W.m)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	0.600	16.0	-	-	14,218.56
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			14,218.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			9.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			9.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel 7

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,789	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	**12,311**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

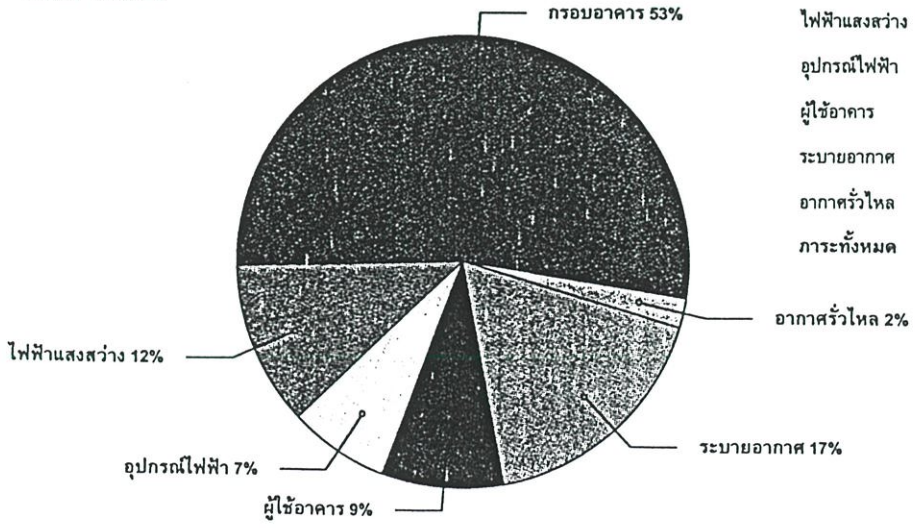
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel 7

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	12,727	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	**23,919**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

8. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel8	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร **70.24** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า RTTV ของอาคาร **6.40** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	150.12	83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	171.22	49.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	193.13	99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	223.34	80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	171.32	66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	145.77	67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	6.40	-	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel8 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,247.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			30,015.03	วัตต์		

Calculated by OTTVEE.Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel8 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 171.22 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 49.78 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			193.13	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			223.34	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel8 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,181.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			171.32	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel8 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

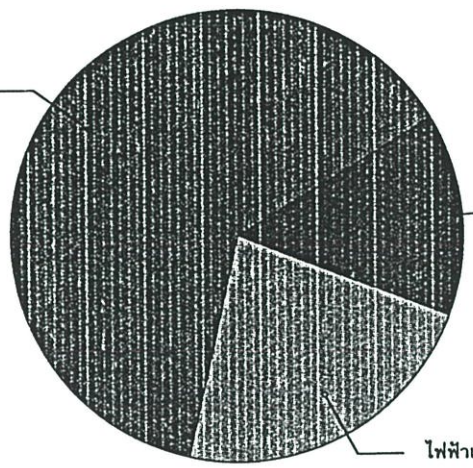
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	0.400	16.0	-	-	9,479.04

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,481.1	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	9,479.04	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	-	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel 8

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,743	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	12,265	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

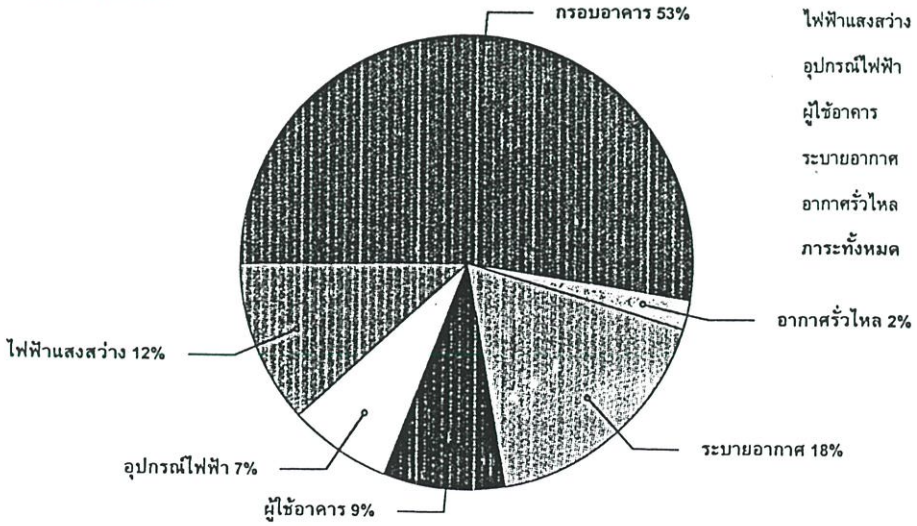
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel 8

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	12,585	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	23,776	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

9. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดตั้งโครงสร้างหลังคาและกระเบื้องมุงหลังคา

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel 9	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**70.24**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**16.00**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	150.12	83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	171.22	49.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	193.13	99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	223.34	80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	171.32	66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	145.77	67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	16.00	-	16.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel9 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.876	7,527.07
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.878	38,623.76
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.881	12,096.65
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,247.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			150.12	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			83.83	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.853	21,245.44
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.830	2,342.34
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.827	1,817.12
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.859	1,905.40
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.844	1,354.61
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			30,015.03	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel9 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 171.22 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 49.78 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.784	107,373.40
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			113,099.65	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			193.13	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			99.55	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.950	27,050.94
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			33,456.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			223.34	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			80.60	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel9 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.856	25,589.90
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.431	18,095.03
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.950	12,681.78
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			58,181.48	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			171.32	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			66.93	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.950	5,699.69
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.950	1,429.18
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.571	1,046.17
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.615	5,527.46
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,702.50	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			145.77	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			67.19	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel9 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

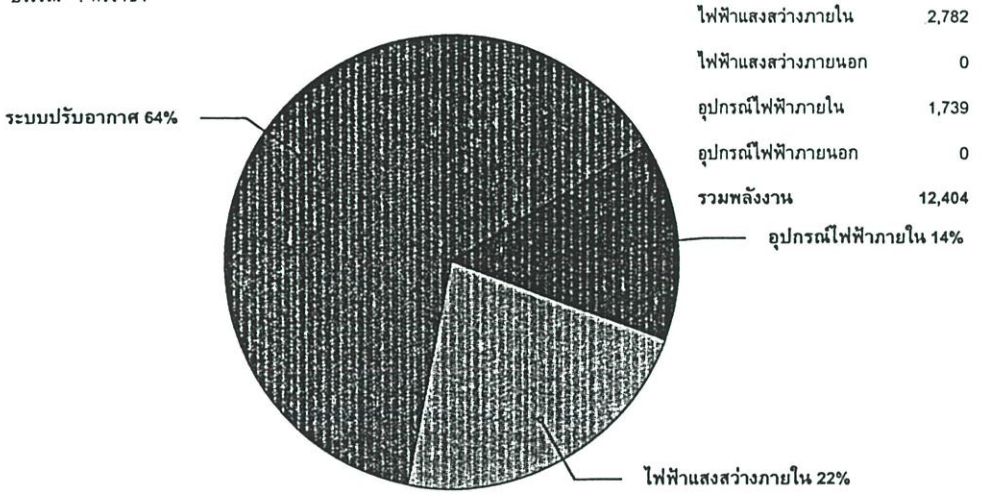
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	1.000	16.0	-	-	23,697.60
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			23,697.60	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			16.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			16.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel 9

บริเวณ : ศรีราชา

ระบบปรับอากาศ	7,882	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	12,404	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

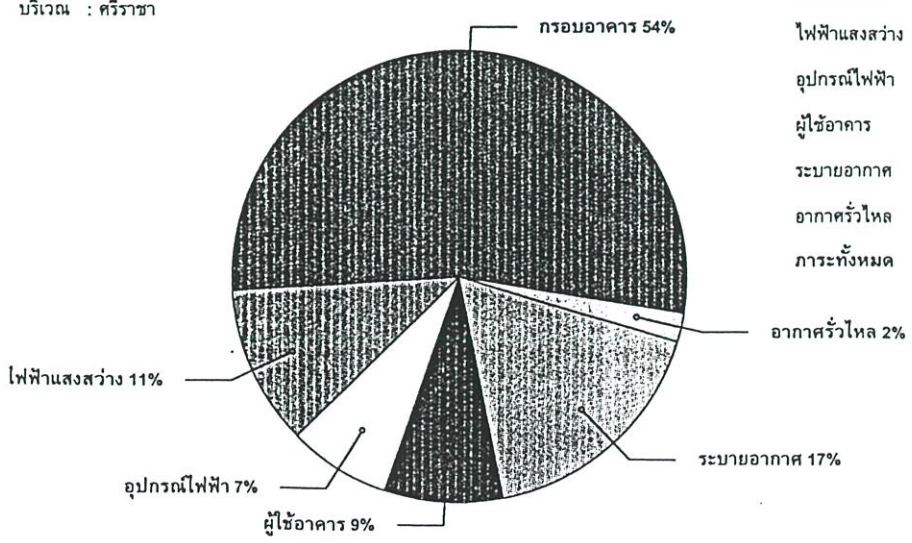
วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel 9

บริเวณ : ศรีราชา

กรอบอาคาร	13,012	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	24,204	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

10. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดฟิล์มที่มีค่า SC ที่มีค่าไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด และติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel10	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร	**53.71**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ค่า RTTV ของอาคาร	**6.40**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	76.82	57.56	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	73.83	44.15	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	93.48	63.63	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	120.16	60.85	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	96.16	54.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	90.06	55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	6.40	-	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel10 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.219	3,722.57
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.220	19,865.40
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.221	6,216.84
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			29,804.81	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			76.82	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			57.56	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.214	8,158.72
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.208	1,088.39
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.207	844.96
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.215	875.00
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.211	625.39
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			12,942.58	วัตต์		

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel10 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 73.83 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 44.15 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.196	49,017.91
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			54,744.16	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			93.48	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			63.63	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.950	6,405.39
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.238	11,595.28
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			18,000.67	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			120.16	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			60.85	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel10 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m)	U (W/sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.214	11,495.08
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.259	13,832.07
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.238	5,513.21
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			32,655.13	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			96.16	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			54.78	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m)	U (W/sq.m °C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.238	2,761.12
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.238	692.34
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.342	803.54
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.369	4,209.09
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			8,466.09	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.06	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel10 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

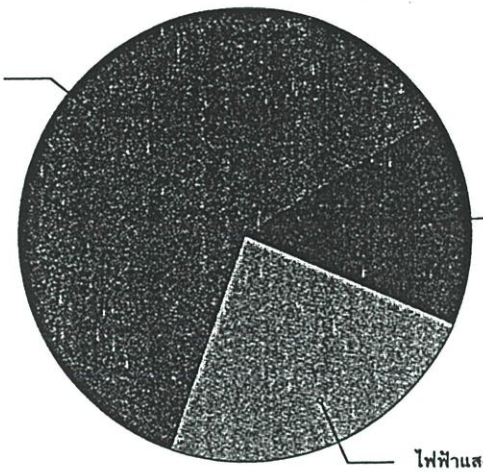
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (Sqm.)	U (W/Sqm.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Wam)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	0.400	16.0	-	-	9,479.04
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,481.1	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			9,479.04	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			-	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel10

บริเวณ : ศรีราชา

ระบบปรับอากาศ	7,152	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	11,673	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

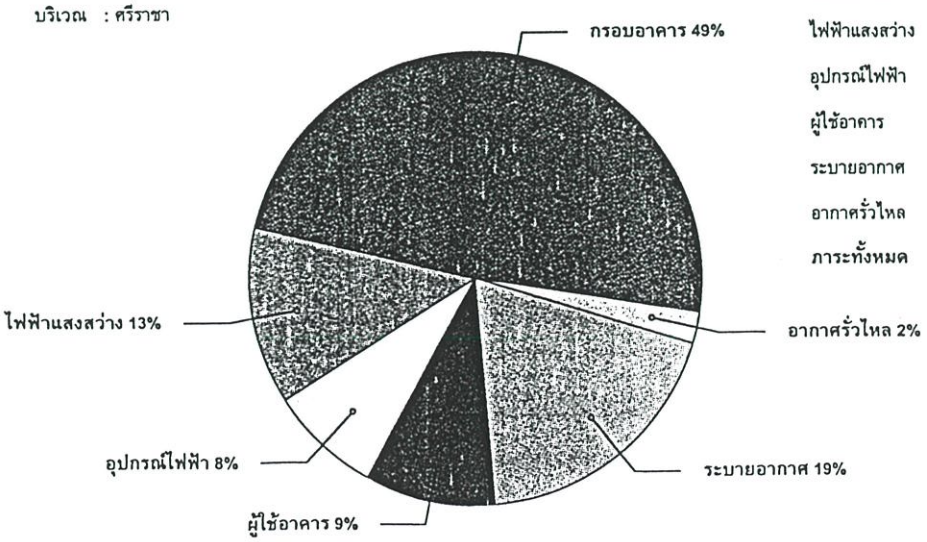
วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel10

บริเวณ : ศรีราชา

กรอบอาคาร	10,770	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	21,961	กิโลวัตต์-ชั่วโมง



Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

11. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารโรงแรมเดอะ ซิตี้ ศรีราชา จากการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการติดฟิล์มที่มีค่า SC ที่มีค่าไม่เกิน 37 ที่ช่องเปิด ทำอุปกรณ์บังเงาให้ช่องเปิดและติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน

รายงานการคำนวณ OTTV และ RTTV

หน้าที่-1

ชื่อโครงการ	the city hotel11	
ชื่อบริเวณ	ศรีราชา	
ชนิดบริเวณ	โรงแรม	
ที่ตั้งโครงการ	จังหวัดชลบุรี	
ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ	16,883.0	ตารางเมตร
ความสูงของบริเวณ (FL.to FL.)	3.5	เมตร

ค่า OTTV ของอาคาร **52.41** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า RTTV ของอาคาร **6.40** วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV

	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	
ทิศ N	46.80	75.81	57.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ENE	42.33	73.83	44.15	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ E	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ ESE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSE	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ S	46.80	84.33	60.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SSW	46.80	90.67	55.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ SW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WSW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ W	46.80	91.38	54.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ WNW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NW	-	-	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ทิศ NNW	46.80	90.06	55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
หลังคา	6.40	-	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

ชื่อโครงการ the city hotel11 หน้าที่-2

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

N	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-1	ผนังทึบ	679.8	3.900	12.0	-	-	31,814.64
	รายการที่-2	ผนังทึบ	15.0	3.900	12.0	-	-	703.87
	รายการที่-3	ผนังโปร่งแสง	52.0	5.900	8.0	111.4	0.211	3,676.24
	รายการที่-4	ผนังโปร่งแสง	256.0	5.900	9.0	111.4	0.211	19,608.82
	รายการที่-5	ผนังโปร่งแสง	80.0	5.900	9.0	111.4	0.211	6,127.76
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			694.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			32,518.51	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			388.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			29,412.82	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			75.81	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			57.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ENE	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-11	ผนังทึบ	760.7	3.000	10.0	-	-	22,821.60
	รายการที่-12	ผนังทึบ	2,097.6	3.900	12.0	-	-	98,169.55
	รายการที่-13	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	5.0	160.0	0.214	8,158.72
	รายการที่-14	ผนังโปร่งแสง	12.6	5.900	9.0	160.0	0.208	1,088.39
	รายการที่-15	ผนังโปร่งแสง	9.8	5.900	9.0	160.0	0.207	844.96
	รายการที่-16	ผนังโปร่งแสง	10.0	5.900	9.0	160.0	0.215	875.00
	รายการที่-17	ผนังโปร่งแสง	7.2	5.900	9.0	160.0	0.211	625.39
	รายการที่-18	ผนังโปร่งแสง	7.7	5.900	9.0	160.0	0.764	1,350.12
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			2,858.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			120,991.15	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			42.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			175.3	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			12,942.58	วัตต์		

ชื่อโครงการ the city hotel11 หน้าที่-3

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง 73.83 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ค่า OTTV ของผนังด้านนี้ 44.15 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

S	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-19	ผนังทึบ	1,039.0	3.900	12.0	-	-	48,623.33
	รายการที่-20	ผนังโปร่งแสง	556.8	5.900	9.0	178.2	0.142	43,658.73
	รายการที่-21	ผนังโปร่งแสง	28.8	5.900	5.0	178.2	0.950	5,726.25
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,039.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			48,623.33	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			585.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			49,384.98	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			84.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			60.33	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

SSW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq m.)	U (W/sq m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-22	ผนังทึบ	340.5	3.900	12.0	-	-	15,936.34
	รายการที่-23	ผนังโปร่งแสง	28.7	5.900	9.0	179.2	0.533	4,265.21
	รายการที่-24	ผนังทึบ	292.1	3.900	12.0	-	-	13,671.22
	รายการที่-25	ผนังโปร่งแสง	121.1	5.900	9.0	179.2	0.133	9,316.66
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			632.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			29,607.56	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			149.8	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			13,581.87	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.67	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.20	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel11 หน้าที่-4

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

W	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-26	ผนังทึบ	1,279.3	3.900	12.0	-	-	59,871.24
	รายการที่-27	ผนังโปร่งแสง	128.0	5.900	9.0	171.5	0.174	10,616.89
	รายการที่-28	ผนังโปร่งแสง	144.5	5.700	9.0	171.5	0.259	13,832.07
	รายการที่-29	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	171.5	0.950	1,814.77
	รายการที่-30	ผนังทึบ	482.2	3.900	12.0	-	-	22,565.56
	รายการที่-31	ผนังโปร่งแสง	58.7	5.900	9.0	171.5	0.164	4,768.16
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			1,761.5	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			82,436.80	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			339.6	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			31,031.89	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			91.38	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			54.00	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

NNW	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-6	ผนังทึบ	362.2	3.900	12.0	-	-	16,950.96
	รายการที่-7	ผนังโปร่งแสง	33.5	5.900	9.0	123.2	0.238	2,761.12
	รายการที่-8	ผนังโปร่งแสง	8.4	5.900	9.0	123.2	0.238	692.34
	รายการที่-9	ผนังโปร่งแสง	8.6	5.700	9.0	123.2	0.342	803.54
	รายการที่-10	ผนังโปร่งแสง	43.5	5.700	9.0	123.2	0.369	4,209.09
	รวม	พื้นที่ผนังทึบ			362.2	ตารางเมตร		
		Q ของผนังทึบ			16,950.96	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังทึบ			46.80	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		พื้นที่ผนังโปร่งแสง			94.0	ตารางเมตร		
		Q ของผนังโปร่งแสง			8,466.09	วัตต์		
		ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			90.06	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
		ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			55.71	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		

ชื่อโครงการ the city hotel11 หน้าที่-5

ชื่อบริเวณ ศรีราชา

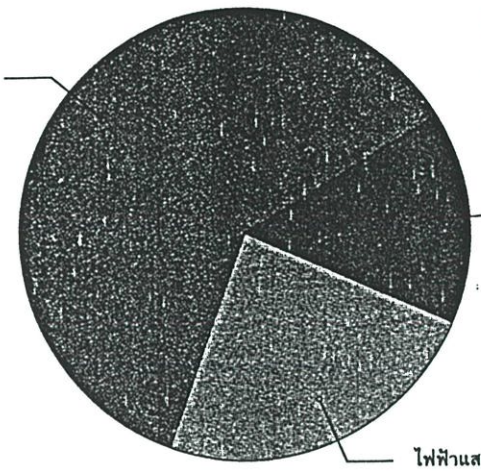
หลังคา	รหัสรายการ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
	รายการที่-32	หลังคาทึบ	1,481.1	0.400	16.0	-	-	9,479.04

รวม	พื้นที่ผนังทึบ	1,481.1	ตารางเมตร
	Q ของผนังทึบ	9,479.04	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังทึบ	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	พื้นที่ผนังโปร่งแสง	-	ตารางเมตร
	Q ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง	-	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้	6.40	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

การใช้พลังงาน

โครงการ : the city hotel11

บริเวณ : ศรีราชา



ระบบปรับอากาศ	7,113	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายใน	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
รวมพลังงาน	**11,635**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

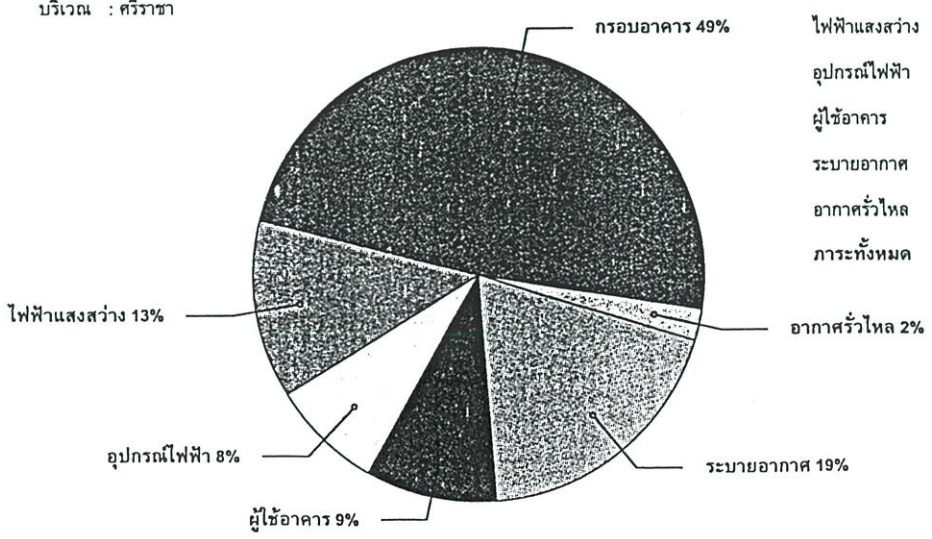
Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ภาระทั้งหมดของระบบปรับอากาศ

โครงการ : the city hotel11

บริเวณ : ศรีราชา



กรอบอาคาร	10,650	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2,782	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,739	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ผู้ใช้อาคาร	2,063	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ระบายอากาศ	4,175	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
อากาศรั่วไหล	433	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ภาระทั้งหมด	**21,842**	**กิโลวัตต์-ชั่วโมง**

Calculated by OTTVEE Version 1.0a

วันที่ 19 เมษายน

ประวัติผู้เขียน

นางสาวธรณิศวร์ ยินดี เกิดเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2517 โรงพยาบาลราชวิถี กรุงเทพมหานคร เข้ารับการศึกษาในระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนคาราสมุทร ศรีราชา และระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ มหาวิทยาลัยบูรพา สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิตจากมหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2539 และเข้ารับการศึกษาต่อหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2541