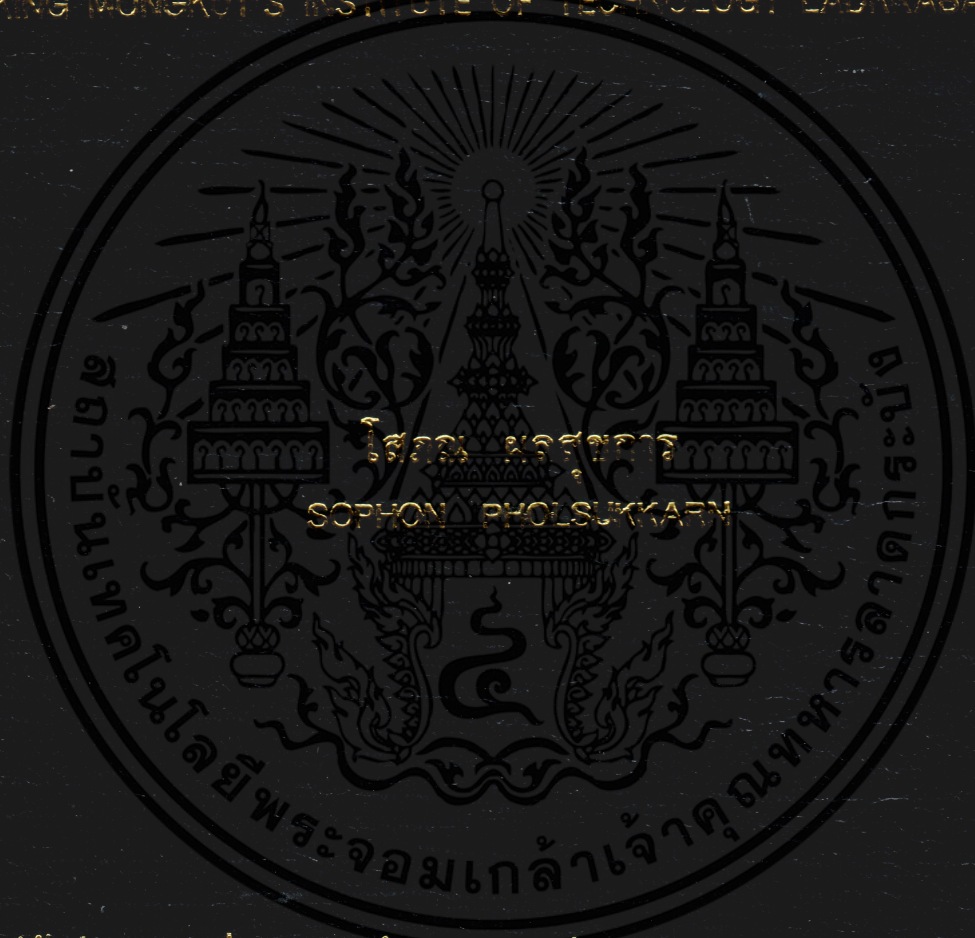


กลยุทธ์การบริหารจัดการ พลังงานในอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคาร
สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ENERGY MANAGEMENT STRATEGY FOR AN OFFICE BUILDING :
A CASE STUDY OF THE PRESIDENT OFFICE BUILDING,
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของกรณีศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและอาคารจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMUTL-2008-EN-M-000-029

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กลยุทธ์การบริหารจัดการ พลังงานในอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอาคาร
สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ENERGY MANAGEMENT STRATEGY FOR AN OFFICE BUILDING :
A CASE STUDY OF THE PRESIDENT OFFICE BUILDING,
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 82892
วัน,เดือน,ปี..... 25 ก.ค. 2551

.b..... 11454110
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไปอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KMITL-2008-EN-M-090-329
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ENERGY MANAGEMENT STRATEGY FOR AN OFFICE BUILDING :
A CASE STUDY OF THE PRESIDENT OFFICE BUILDING,
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING AND
MANAGEMENT ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
KMUTL-2008-EN-M-090-329



COPYRIGHT 2008

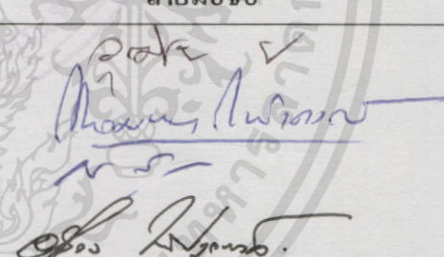
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กฤษฎการบริหารจัดการ พลังงานในอาคารสำนักงานกรณีศึกษาอาคารสำนักงาน
อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Energy Management Strategy for an Office Building : A Case Study
of the President Office Building, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
นักศึกษา นายโสภณ ผลสุขการ
รหัสประจำตัว 46064803
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.อำนวยการ พานิชกุลพงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร. วุฒิชัย ชาติพัฒนานันท์	
ผศ. แหลมทอง เหล่าคงถาวร	
รศ. ดร. ปิติ สุขนรสุขกุล	
รศ. อำนวยการ พานิชกุลพงศ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 12 พฤษภาคม 2551 เวลา 11.30-13.30 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 1 ชั้น 3 อาคาร A

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ. ดร. รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๑๒ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

กลยุทธ์การบริหารจัดการ พลังงานในอาคารสำนักงาน
กรณีศึกษาอาคาร สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นักศึกษา

นายโสภณ ผลสุขการ

รหัสประจำตัว

46064803

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

พ.ศ.

2551

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. อำนวย พานิชกุลพงศ์

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแผนกลยุทธ์การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมในอาคารสำนักงาน ในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น สำหรับอาคารสำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาคารกรณีศึกษาได้ถูกสำรวจประเมินวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร และนำมาใช้เป็นตัวแทนอาคารกรณีศึกษาเพื่อปรับปรุงผลทางการใช้พลังงานในอาคารให้สอดคล้องกับแผนกลยุทธ์การบริหารจัดการพลังงานในอาคารพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารกรณีศึกษา ถูกนำมาใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ โดยพฤติกรรมของผู้ใช้ในอาคารมีส่วนสำคัญ รวมถึงการจัดวางในการติดตั้งเดิมของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศเดิมที่ใช้ในอาคาร ก็มีผลต่อพลังงานที่จะสูญเสียผลการศึกษานำเสนอเป็นแผนกลยุทธ์ในการบริหารจัดการพลังงานเป็น 3 แนวทาง การบริหารจัดการกรณีศึกษาในแต่ละแนวทางสามารถควบคุมและลดการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis Title Energy Management Strategy for an Office Building : A Case Study of the President Office Building, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Student Mr. Sophon Pholsukkarn

Student ID. 46064803

Degree Master of Engineering

Program Construction Engineering and Management

Year 2008

Thesis Advisor Assoc.Prof. Amnouy Panitkulpong

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out a suitable electrical energy management in technical and economics perspectives of the administrative office building, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL). The case study building is surveyed and assessed in the energy consumption in difference principles. Almost energy of the case study building is used for the lighting system and air condition system. The user behavior, lighting and air condition installation have effect to the lost energy. The result of this study can be proposed for the suitable electrical energy management in 3 ways which are used to control and decrease the energy consumption efficiently.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อำนวย พานิชกุลพงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ผศ.ดร.เพ็ญชัย ไชยสิทธิ์ และ ศ.ดร.ถวิล พึ่งมา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

ขอขอบคุณ ดร.นพดล มณีรัตน์ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ และ ผศ.ไพรัช พิมพ์ศิริกุล ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการค้นคว้าหาข้อมูล สำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณจิตวัต อรุณนภา ที่ช่วยสำรวจและเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

สุดท้ายต้องขอขอบคุณภรรยาของข้าพเจ้า คุณอนงค์ ผลสุขการ ที่เป็นเสมือนคู่คิดและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

โสภณ ผลสุขการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	6
2.1 การศึกษาวิเคราะห์อาคาร.....	6
2.2 แนวทางในการศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร.....	8
2.2.1 การศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร.....	8
2.2.2 แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....	10
2.3 อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร.....	11
2.4 การศึกษาด้านสภาวะน่าสบายของมนุษย์.....	12
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ.....	13
2.5.1 การตอบสนองของร่างกายต่อสภาวะแวดล้อม.....	14
2.5.2 ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ.....	15
2.6 การคำนวณภาระปรับอากาศ.....	15
2.6.1 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี Transfer Function Method.....	15
2.6.2 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี TETD/TA.....	16
2.6.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี CLTD/SCL/CLF.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.4 อิทธิพลเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้าสู่ห้อง และอากาศที่ระบายจากห้อง ต่อความร้อนที่เกิดภายในอาคาร.....	19
2.6.5 ความร้อนอันเนื่องมาจากดวงไฟแสงสว่าง.....	20
2.7 การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น.....	21
2.7.1 Coefficient of Performance (COP)	21
2.7.2 Energy Input Ratio (EIR).....	22
2.7.3 Energy Efficiency Ratio (EER).....	22
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการให้แสงสว่าง.....	22
2.8.1 การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร.....	22
2.8.2 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง.....	23
2.9 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	27
3.1 ศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและแนวทางในการปรับปรุง อาคาร.....	27
3.2 การสำรวจเก็บข้อมูลอาคาร.....	27
3.2.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร.....	27
3.2.2 การศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร.....	28
3.2.3 สำรวจตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในอาคาร.....	29
3.2.4 สำรวจตัวแปรที่มีผลต่อการให้แสงสว่างในอาคาร ข้อมูลระบบแสง ประดิษฐ์ในอาคารและลักษณะการกระจายแสง.....	29
3.2.5 การเก็บข้อมูลด้านสภาวะนำสบายในอาคาร.....	29
3.3 ประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	30
3.4 เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....	30
3.5 ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคาร.....	30
3.6 สรุปแนวทางที่เหมาะสม ในการนำไปปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	31
3.7.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร	31
3.7.1.1 อุปกรณ์วัดแสง.....	31
3.7.1.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอาคาร.....	31
3.7.1.3 อุปกรณ์วัดความเร็วลมภายในอาคาร.....	33
3.7.1.4 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า.....	33
บทที่ 4 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา และการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของอาคาร.....	35
4.1 รายละเอียดอาคาร.....	35
4.2 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร.....	36
4.3 สภาพภายในอาคารกรณีศึกษา.....	37
4.3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....	37
4.4 ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร.....	38
4.5 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร.....	38
4.5.1 ลักษณะช่องเปิดอาคาร.....	39
4.5.2 ประเภทของดวง โคมและปริมาณการใช้งานในอาคาร.....	39
4.6 การคำนวณค่า OTTV และ RTTV.....	40
4.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	41
บทที่ 5 การพิจารณาแนวทางเลือกการปรับปรุงอาคาร.....	42
5.1 ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ.....	47
5.2 ลดการถ่ายเทความร้อนอันเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องแสง.....	49
5.3 ลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบส่องสว่าง ด้วยการเปลี่ยนบัลลาสต์ เป็นแบบขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง.....	53
5.4 การเลือกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร เพื่อวางแผนแนวทาง การปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม.....	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	59
6.1 การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา.....	59
6.1.1 ปัญหาภายในอาคารกรณีศึกษา.....	59
6.1.2 องค์ประกอบของอาคารต้องทำการปรับปรุง.....	59
6.2 แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....	60
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก รายละเอียดอาคาร.....	66
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ.....	74
ภาคผนวก ค ตารางบันทึกข้อมูล.....	91
ประวัติผู้เขียน.....	144

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 อัตราส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภทจำแนกตามกิจกรรม.....	1
2.1 เปรียบเทียบความเร็วลมภายในอาคารกับความสบายของมนุษย์.....	13
2.2 อัตราอากาศรั่วเข้าห้องผ่านหน้าต่างหรือประตูเพื่อใช้ในการออกแบบ.....	20
2.3 เปรียบเทียบค่า EER กับเครื่องปรับอากาศเบอร์ต่าง ๆ.....	22
2.4 เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE กับ IES ตามประเภทการใช้งาน	24
2.5 เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE กับ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR.....	25
4.1 คุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของวัสดุที่ใช้ในอาคาร.....	36
4.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน-ภายนอกอาคาร.....	37
4.3 สรุปค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานในอาคารแต่ละชั้น.....	38
4.4 สรุปลักษณะหน้าต่าง ชนิดกระจก และพื้นที่ ในอาคารกรณีศึกษา.....	39
4.5 เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร.....	40
4.6 เปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอาคารจำแนกตามประเภทการใช้งาน.....	41
5.1 เปรียบเทียบข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกับ ข้อมูลอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์....	43
5.2 สรุปภาระปรับเย็นสูงสุดในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน.....	45
5.3 สรุปภาระปรับเย็นรายปีในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน.....	46
5.4 แสดงค่า พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี.....	49
5.5 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 10.30 น. ถึง 14.30 น. แต่ละกรณี.....	49
5.6 แสดงรายละเอียดในการทดลองศึกษาจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงชนิดกระจกที่ใช้ในอาคาร.....	50
5.7 ค่าภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารและติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณีศึกษา.....	51
5.8 เปรียบเทียบการใช้พลังงานรายปี เมื่อทำการเปลี่ยนกระจกที่ใช้ในอาคาร และติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณีศึกษา.....	51
5.9 เปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ายรายปี เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกของอาคารและติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณีศึกษา.....	52
5.10 แสดงจำนวนการเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดหลอดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดหลอดแกนเหล็ก.....	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.11 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคารที่ใช้บัลลาสต์ ขดลวดแกน เหล็กแบบธรรมดาชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง.....	54
5.12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคาร หลังจากการเปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง.....	54
5.13 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคาร หลังการปรับปรุงและควบคุม ตามแนวทางที่เหมาะสม.....	56
5.14 เปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคารแต่ละวิธี.....	56
5.15 การให้คะแนน เพื่อจัดลำดับวิธีการปรับปรุงที่ควรเลือกทำก่อน-หลัง.....	58
5.16 เปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละวิธีการปรับปรุงจำแนกตามองค์ประกอบ ทางสถาปัตยกรรมในอาคารกรณีศึกษา.....	58

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์.....	3
1.2 แนวคิดและวิธีการศึกษาวิจัย.....	6
2.1 การกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนของร่างกาย.....	14
2.2 แสดงค่า Cooling Load Temperature Difference ที่ 40 องศาเหนือ.....	17
2.3 ลักษณะของ Thermal Storage Effect in Cooling Load From Lights.....	21
3.1 รูปแสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา.....	31
3.2 อุปกรณ์ HOBO data logger.....	32
3.3 ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....	33
3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิผิว solomet 500 e.....	33
3.5 เครื่องวัดความเร็วลม solomet 500 e.....	33
3.6 แอมป์มิเตอร์.....	34
4.1 อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ พิจารณาจากทิศใต้.....	35
4.2 ลักษณะช่องหน้าต่างของอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์.....	39
5.1 อัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งานในส่วนของสำนักงาน.....	44
5.2 เปรียบเทียบการปรับเย็นสูงสุดอาคารกรณีศึกษา จำแนกตามที่มาแหล่งความร้อน.....	45
5.3 แสดงการกระจาย ก) อุณหภูมิ ข) ความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 4 กรณี.....	48
5.4 แสดงการเกิดค่า กิโลวัตต์ในทุกกรณี.....	48
5.5 แสดงสัดส่วนของแนวทางต่างๆในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า(%).....	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษাপริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารในประเทศไทย จากรายงานของ USAID โดย Lawrence Berkeley laboratory เรื่อง energy conservation in commercial building ในปี 1985 ได้แสดงการใช้ไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภทแยกตามกิจกรรม คือ ระบบทำความเย็น ระบบแสงสว่าง และ อื่นๆ คิดเป็นร้อยละ ได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงอัตราส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภทจำแนกตามกิจกรรมเป็นอัตราส่วนร้อยละ

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น	ระบบแสงสว่าง	อื่น ๆ
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

หมายเหตุ : อื่น ๆ หมายถึง ระบบการทำความร้อน และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

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

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทยไม่ว่าจะเป็นประเภทกิจกรรมใด ใช้ไปกับระบบทำความเย็นในอาคาร และระบบแสงสว่างเป็นหลัก

และเนื่องจากวิกฤติการณ์พลังงานของโลกทำให้ประเทศไทยมีการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ทั้งนี้ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525) เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2545 และกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ที่ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานและหลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ที่จะต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับนี้เพื่อเป็นมาตรฐานในการออกแบบอาคารและส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ความหมายของอาคารควบคุมตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม (พ.ศ. 2545) ก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราที่ 3 อาคารที่มีใช้อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง อาคารที่ทำการ สถานทูต หรือสถานกงสุลต่างประเทศ อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศหรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ โบราณสถาน วิศวกรรมหรืออาคารต่างๆ ที่ใช้เพื่อการศึกษา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้ว โดยเฉพาะ ที่มีการใช้พลังงาน ดังต่อไปนี้ เป็นอาคารควบคุม

1. อาคารหลังเดียวกันหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวกัน หรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,715 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป

2. อาคารหลังเดียวกันหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูล ขึ้นไป

โดยกฎกระทรวง (พ.ศ. 2545) ที่ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานและหลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม นั้นมีใจความหลัก คือ การกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารควบคุมที่เป็นอาคารใหม่และเก่าซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ และมาตรฐานการปรับอากาศในอาคารเป็นหลัก ดังนั้นในการออกแบบและปรับปรุงอาคารใด ๆ ผู้ออกแบบจึงต้องทำความเข้าใจและปรับแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดเหล่านี้

นอกจากนี้แล้วในการออกแบบหรือการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งาน สำหรับผู้ใช้อาคารก็ยังคงพิจารณามาตรฐานด้านสภาวะน่าสบายและความเหมาะสมในการใช้งานอาคารที่มาตรฐานต่าง ๆ เหล่านี้สถาปนิกและวิศวกร ควรพิจารณาทำความเข้าใจถึงความจำเป็นและตัวแปรที่มีผลต่อ building performance ที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณามาตรฐานการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อควบคุมและอนุรักษ์การใช้พลังงาน สำหรับอาคารใหม่ที่กำลังก่อสร้างหรือออกแบบ เป็นการทำงานที่จะควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้งานในการประเมินอาคารเพื่อปรับปรุงแก้ไขหรือสามารถกำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องการตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบได้

แต่ในส่วนของอาคารควบคุมประเภทอาคารเก่าในประเทศไทย และอาคารสำนักงานราชการที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน หากสถาปนิกผู้ออกแบบต้องการปรับปรุงแก้ไขอาคาร จะต้องทำการศึกษาอาคารในขั้นต้นก่อนแต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการในการศึกษาอาคาร อาทิ ข้อจำกัดในด้านข้อมูลเบื้องต้นของงานระบบอาคารที่ไม่สมบูรณ์ (ในกรณีที่เป็นอาคารเก่ามาก หรือเป็นอาคารที่มีการปรับปรุงต่อเติมหลายครั้ง) ความหลากหลายของงานระบบที่ใช้ในอาคารทำให้เกิดความยุ่งยากสับสนในด้าน

ข้อมูลอาคาร ข้อจำกัดในการเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลจริงของอาคารที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เหมือนอาคารที่ยังมิได้เปิดใช้งาน ซึ่งข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้มีผลต่อการคาดคะเนผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอาคาร อีกทั้งยังต้องทำความเข้าใจรูปแบบการทำงานและใช้งานอาคารที่แท้จริง เพื่อให้การประเมินอาคารมีความถูกต้องเที่ยงตรง นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการทำการปรับปรุง ทำให้การคาดการณ์ผลการใช้พลังงาน และ building performance ที่เกิดขึ้นภายหลังการปรับปรุงในแต่ละแนวทางเพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงเป็นไปได้อย่าง ดังนั้นสถาปนิกและผู้ออกแบบอาคารควรที่จะศึกษาและทำความเข้าใจในวิธีการประเมิน ปรับปรุงอาคาร และการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร และคุ้มค่าต่อการลงทุน เป็นเหตุให้เกิดการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น

เนื่องจากอาคารสำนักงานภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยส่วนใหญ่จะมีรูปแบบอาคาร ลักษณะวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ระยะเวลาการเปิดทำการและการวางตำแหน่งทิศทางของตัวอาคารที่ใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอาคารเก่าที่มีการก่อสร้างในระยะ 10 – 15 ปีที่ผ่านมา ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคารมีความคล้ายคลึงกัน จึงมีความเป็นไปได้ถ้าสามารถหาแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานทางด้านความสบายในอาคาร งบประมาณหรือความคุ้มค่าในการก่อสร้างปรับปรุงอาคาร และความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารในอาคารกรณีศึกษาอาคาร โดยสามารถประมาณค่าอัตราส่วนการใช้พลังงานที่ลดลง ก็อาจจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้เช่นกัน

อาคารภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นอาคารสำนักงานที่มีความสูง 10 ชั้น ที่วางตำแหน่งแนวแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก รูปแบบอาคารแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นอาคารสำนักงานที่มีความสูง 10 ชั้น พื้นที่ใช้สอยอาคารรวมประมาณ 12,000 ตร.ม. มีการใช้งานในลักษณะสำนักงานทั่วไป และเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศในส่วนทำงานทั้งหมดตลอดเวลาเปิดทำการ ถูกเลือกเป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจาก

1. สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อการศึกษาอาคารอื่นได้ต่อไป เนื่องจากลักษณะตัวอาคารและการวางแนวอาคาร อาคารมีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีแผงกันแดดโดยรอบอาคาร โดยมีการเจาะช่องแสงในส่วนของผนังในด้านทิศเหนือและใต้

2. ความสะดวกในการศึกษาและเก็บข้อมูล เนื่องจากสถาบันมีนโยบายในการประหยัดพลังงาน รวมทั้งการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในตัวอาคาร จึงสามารถเข้าเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้เต็มที่ทั้งในและนอกเวลาราชการ

3. ตารางการใช้งานอาคารไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นอาคารสำนักงานที่มีการใช้งานอาคารตามที่ทางราชการกำหนดจึงสามารถควบคุมตัวแปรทางด้านการใช้งานอาคารของผู้ใช้อาคารได้ค่อนข้างแน่นอน

4. ขนาดของอาคารและการแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นอาคารสำนักงานที่มีความสูง 10 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยอาคารรวมประมาณ 12,000 ตารางเมตร การแบ่งพื้นที่ภายในอาคารแบ่งตามการใช้งานเป็นส่วน ๆ ซึ่งเป็นขนาดอาคารที่ไม่ใหญ่เกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

5. จากการเข้าไปสำรวจอาคารในชั้นต้นเชื่อว่าเป็นอาคารที่น่าจะมีปัญหาในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ควรจะนำมาพิจารณาศึกษาเปรียบเทียบและหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ทำให้มีความเข้าใจถึงตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงาน ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงอาคารอื่น ๆ ต่อไปในอนาคตเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจ ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานอธิการบดี เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า

2. ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ในการปรับปรุงอาคารสำนักงานอธิการบดี เพื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สำรวจและประเมินอาคารสำนักงานอธิการบดี ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

การควบคุมสภาวะน่าสบายในอาคาร การปรับอากาศ การให้แสงสว่าง และระบบเครื่องกลเบื้องต้น เอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจะส่งมอบให้อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่จำกัดสิทธิ์ในสิ่งที่ส่งมอบให้ แต่หากมีการนำข้อมูลไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากนี้ กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

2. พิจารณาอาคารในเชิงสถาปัตยกรรมและวิธีการจัดการใช้งานอาคาร
3. ศึกษาอาคารในด้านการควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคารตามตัวแปรที่มีผลต่อการปรับอากาศ ไม่ทำการศึกษาในด้านการให้แสงธรรมชาติ และการปรับเปลี่ยนชนิดหรือระบบเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร

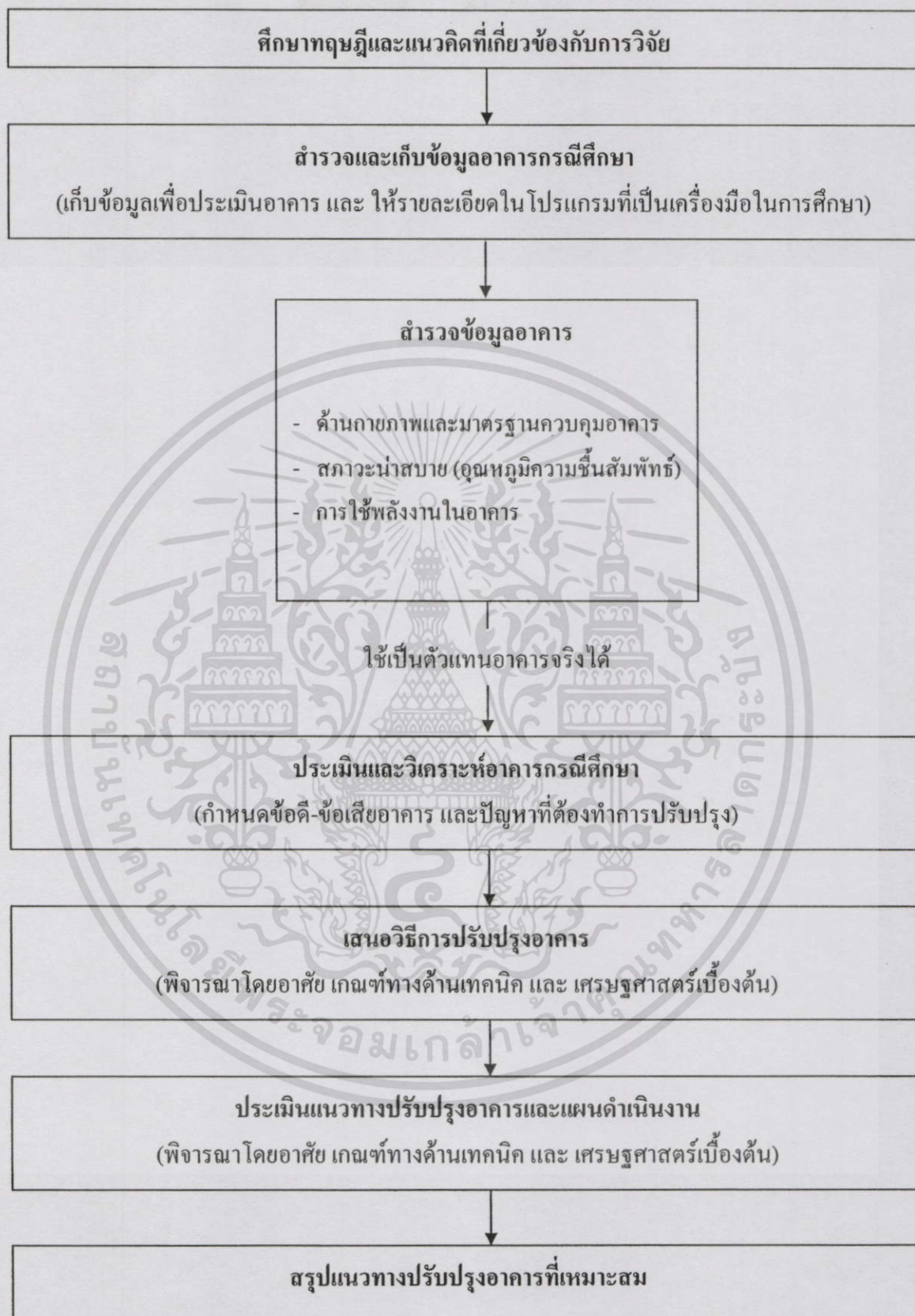
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และปรับปรุงอาคารสำนักงานอธิการบดี เพื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ทราบตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอธิการบดี วิธีแก้ปัญหาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างเหมาะสมในเชิงสถาปัตยกรรมกับกรอบอาคาร และเป็นแนวทางการออกแบบและบริหารจัดการอาคารสำนักงานราชการ เพื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารและแนวทางในการปรับปรุงอาคารทั้งด้านความร้อน แสงสว่าง การปรับพื้นที่การใช้งานอาคาร ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการใช้ไฟฟ้าในอาคาร ข้อกำหนดมาตรฐานสภาวะน่าสบาย การให้แสงสว่างในอาคาร และกฎหมายที่เกี่ยวข้องในด้านการใช้พลังงานในอาคาร
2. สืบค้น เก็บข้อมูล อาคารสำนักงานอธิการบดี ด้านลักษณะทางกายภาพของอาคาร สภาพแวดล้อมภายใน-ภายนอกอาคาร การจัดพื้นที่ใช้สอย ลักษณะผู้ใช้อาคาร (ลักษณะการใช้งานและพฤติกรรม) และปริมาณหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา
3. ประเมิน และ วิเคราะห์อาคารในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยข้อมูลที่สำรวจและเก็บรวบรวมเพื่อทราบปัญหาในอาคารที่ต้องการแก้ไข และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยใช้มาตรฐานทางด้านสภาวะน่าสบาย ข้อกำหนดของกฎหมาย อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. เสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยวิเคราะห์จากปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคาร และทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี
5. ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคาร ในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น
6. สรุปผลแนวทางที่เหมาะสม ในการนำไปปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา และเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาต่อไปในอนาคต โดยมีรายละเอียดของแนวคิดในการศึกษาดังแผนภูมิที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แนวคิดและวิธีการศึกษาวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 การศึกษาวิเคราะห์อาคาร

การศึกษาและวิเคราะห์อาคารเพื่อการปรับปรุงในด้านใด ๆ ประการแรกที่ต้องทำความเข้าใจก็คือ จะต้องวิเคราะห์ได้ว่าอาคารนั้นมี ข้อดี / ข้อเสีย อย่างไร James A. Powell , Ian Cooper และ Sabastian Lera (1984) เสนอว่า ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อดี / ข้อเสียของอาคาร นั้น มีตัวแปรที่ควรนำมาพิจารณา ดังนี้

1. การกระจายเสียงในอาคาร (aural) ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างอาคารที่มีผลต่อการดูดกลืน หรือ สะท้อนแสง ที่มีผลต่อผู้ใช้อาคาร
2. การมองเห็น (visual) ได้แก่ ปริมาณและคุณภาพของแสงภายในอาคาร ที่มีผลต่อผู้ใช้อาคาร
3. ปริมาณความร้อน (thermal) ได้แก่ ลักษณะอุณหภูมิภายในอาคารที่มีผลต่อความสบายของผู้ใช้อาคาร
4. ลักษณะการใช้งาน (function used) ได้แก่ การใช้งานอาคารที่มีความสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับประเภทอาคาร
5. สุขลักษณะภายในอาคาร (health and well being) ได้แก่ สภาพภายใน ภายในนอก อาคารที่มีผลต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร
6. การหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร (air) ได้แก่ ปริมาณอากาศที่ไหลเวียนถ่ายเทภายในอาคาร ที่มีผลต่อผู้ใช้อาคารทั้งในด้านความสบายและสุขลักษณะ
7. ลักษณะเปลือกอาคาร (building enclosure) ได้แก่ ลักษณะเปลือกอาคารและรูปทรงอาคาร
8. ระบบประกอบอาคาร (building service) ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบต่าง ๆ ที่ใช้ภายในอาคารทั้งระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบเครื่องกล ระบบการให้แสงสว่างภายในอาคาร

ตัวแปรเหล่านี้มีผลทำให้แต่ละอาคารมีข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกันในการพิจารณาเพื่อปรับปรุงอาคาร สำหรับการศึกษวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาจะทำการพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเท่านั้น ซึ่งอธิบายละเอียดในหัวข้อการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารต่อไป

2.2 แนวทางในการศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร (energy audit)

2.2.1 การศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร

Asian Development Bank (1997) กล่าวว่า การศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร คือ การศึกษาเบื้องต้นถึงการใช้พลังงานที่จำแนกตามระบบและประเภทของการใช้พลังงานในอาคารที่ต้องการศึกษา เพื่อเป็นการยืนยันว่าอาคารนั้น ๆ มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และเพื่อหาแนวทางในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญดังนี้

1. ระบุหรือกำหนดได้ว่า อาคารที่ต้องการศึกษา มีการใช้พลังงานที่ส่วนใด ใช้ ณ ช่วงเวลาใด และใช้พลังงานอย่างไร
2. สามารถกำหนดแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในอาคารที่ต้องการศึกษา
3. ทราบประสิทธิผลของการใช้พลังงานในอาคารที่ต้องการศึกษา
4. ทราบลักษณะการจัดการในด้านพลังงานในอาคารที่ต้องการศึกษา

มีวิธีการศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคารแยกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ของอาคารที่มีการเก็บบันทึกไว้

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอาคารที่มีการเก็บบันทึกไว้ในด้านการใช้พลังงาน โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลที่มีการเก็บย้อนหลังไปอย่างน้อย 1 ปี โดยทำการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดแนวโน้มของรูปแบบการใช้พลังงานในอาคารที่ต้องการศึกษา เพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตร (evaluate energy use indices) เพื่อให้ทราบว่าระบบประกอบอาคารส่วนใดที่ด้อยประสิทธิภาพในการใช้พลังงานทั้งในตัวระบบที่เลือกใช้และวิธีการในการดำเนินงานของระบบนั้น ๆ และเพื่อจำแนก การใช้พลังงานในอาคารตามชนิดของพลังงานที่ใช้ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานจากก๊าซ หรือพลังงานที่ได้จากน้ำมัน สำหรับประเทศไทยจะมีแต่พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ข้อมูลที่ต้องการเพื่อการวิเคราะห์ในขั้นที่ 1

1. ข้อมูลค่าไฟฟ้าย้อนหลัง หรือ ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า ย้อนหลัง
2. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (weather data) ณ ช่วงเวลาที่พิจารณา
3. ข้อมูลการใช้งานอาคาร และจำนวนผู้ใช้อาคาร

แนวทางในการวิเคราะห์ในขั้นที่ 1

1. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิด กับค่าใช้จ่ายแยกตามชนิดของพลังงานที่ใช้ในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หากมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องพอควรนำข้อมูลการใช้พลังงานรายปีแต่ละปีมาเปรียบเทียบเพื่อประมาณการแนวโน้มในการใช้พลังงานในแต่ละปีว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

3. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสภาพภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ต่อการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการพิจารณาอย่างไร และวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ลักษณะการใช้พลังงานในอาคารเป็นเช่นนั้น

4. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการใช้พลังงานกับจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลาว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่

5. วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่พิจารณา (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

ขั้นที่ 2 การสำรวจอาคาร เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงที่เป็นไปได้

เป็นขั้นตอนที่ควรกระทำก่อนที่จะใช้เวลา และเงินลงทุน ไปเพื่อการทดสอบแนวทางในการใช้พลังงานในด้านใดด้านหนึ่งเฉพาะ ในขั้นตอนนี้ 2 นี้ จะเป็นการเข้าไปสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาหาอัตราส่วนในการใช้พลังงานในอาคารว่ามีการใช้พลังงานมากที่สุดในกิจกรรมหรือกระบวนการใด พิจารณาว่าการใช้พลังงานในส่วนใดที่มีการใช้อย่างสิ้นเปลืองและด้อยประสิทธิภาพ และ จัดลำดับความสำคัญของพื้นที่และการจัดระบบภายในอาคาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาโดยละเอียดต่อไป

ข้อมูลที่ต้องการเพื่อการทำงานในขั้นที่ 2

1. รูปแบบอาคารที่ทำการออกแบบและงานระบบที่ใช้ในอาคารทุกระบบ
2. อุปกรณ์และเครื่องกลที่ใช้ภายในอาคาร
3. การพิจารณาประสิทธิภาพของงานระบบที่ใช้ในอาคาร เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับลักษณะอาคารที่มีการออกแบบเดิมไว้หรือไม่อย่างไร

แนวทางในการวิเคราะห์ในขั้นที่ 2

1. ทำการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลการใช้พลังงานตามประเภทการใช้งาน (energy use and cost break down) โดยพิจารณาเป็นอัตราส่วนการใช้งาน
2. วิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพของเครื่องกลและงานระบบที่ใช้ภายใน พิจารณาข้อดี/ข้อเสียของงานระบบ และเปรียบเทียบผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงงานระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการคำนวณเปรียบเทียบด้านอัตราการใช้พลังงาน ความคุ้มค่า เป็นหลัก

ขั้นที่ 3 การศึกษาโดยละเอียด ประเมินแนวทางและความเป็นไปได้ในการปรับปรุงในด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

เป็นการศึกษาเพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

เอกสารในอาคาร ซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลละเอียดประกอบการพิจารณา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ต้องการในการทำงานขั้นที่ 3

1. ปริมาณพลังงาน โดยละเอียดที่ใช้ในอุปกรณ์แต่ละชนิด งานระบบ ภายในอาคาร และสภาพภายในอาคารตามความเป็นจริง ซึ่งได้มาจากการเข้าไปทำการวัดการใช้พลังงานจริง เช่น การติดตั้งมิเตอร์วัด การวัดอุณหภูมิ การวัดความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
2. ข้อมูลด้านการลงทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน และค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารในแต่ละแนวทาง
3. ค่าใช้จ่ายที่ลดลงอันได้จากการปรับปรุงอาคาร ในกรณีนี้ข้อมูลนี้จะได้มาจากการคำนวณ

แนวทางในการวิเคราะห์ในการทำงานขั้นที่ 3

1. ประมาณค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้เมื่อมีการปรับปรุงอาคารในแต่ละแนวทางเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน
2. เปรียบเทียบการใช้พลังงานในแนวทางการปรับปรุงอาคารแต่ละแนวทางกับการใช้พลังงานในอาคารเดิมก่อนทำการปรับปรุง โดยพิจารณาจากอัตราการคืนทุนเบื้องต้น และวงจรถันทุนที่ใช้ในการปรับปรุง

2.2.2 แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จากหนังสือ Retrofitting of Buildings For Energy Conservation (1984) เสนอแนวทางในการสำรวจอาคารดังนี้

1. การสำรวจเก็บข้อมูลของระบบเปลือกอาคาร ได้แก่การเก็บข้อมูลด้าน
 - 1.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร
 - ประเภทของโครงสร้างอาคาร
 - ขนาดของอาคาร
 - ทิศทางและแนวแกนของอาคาร
 - วัสดุก่อสร้างอาคาร
 - ขนาดและพื้นที่ช่องแสงในอาคาร
 - ลักษณะการกันแดดให้ตัวอาคาร
 - 1.2 พื้นที่ใช้สอยในอาคาร
 - 1.3 การกำหนดตำแหน่งของห้องต่าง ๆ ในอาคาร
2. การสำรวจเก็บข้อมูลงานระบบในอาคาร ได้แก่การรวบรวมข้อมูล
 - 2.1 ประเภทของระบบเครื่องกลที่ใช้ในอาคาร
 - 2.2 ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในเครื่องกลแต่ละชนิด ได้จากการศึกษาแบบติดตั้งเครื่องกล หรือเก็บข้อมูลจากตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบแสงสว่าง

- กำหนดตำแหน่งดวงโคม ชนิด และขนาดของดวงโคมที่ใช้ในอาคาร
- เก็บข้อมูลวงจรในการเปิด/ปิดดวงโคมและตำแหน่งสวิตช์ไฟฟ้าในอาคาร
- เก็บข้อมูลระดับความส่องสว่างในอาคาร
- พิจารณาลักษณะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่มีการติดตั้งดวงโคม
- เก็บข้อมูลตารางการใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละห้อง

3. การสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานของผู้ใช้อาคาร

3.1 เก็บข้อมูลตารางการทำงานของผู้ใช้อาคาร

3.2 พิจารณาจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลา

4. การสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

4.1 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารแยกแต่ละกิจกรรม

4.2 เก็บข้อมูลตารางการเปิด/ปิด หรือตารางการทำงาน ของระบบปรับอากาศ

วิธีการปรับอากาศในแต่ละช่วงของปี ตารางและวิธีการดูแลรักษาเครื่อง

5. การสำรวจเก็บข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

6. การสำรวจเก็บข้อมูล Utility ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาทั้งปริมาณ ค่าใช้จ่ายและความต้องการใช้พลังงานในอาคาร ข้อมูลประเภทของพลังงานที่มีการใช้งานในอาคาร (สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานไฟฟ้า)

7. การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

2.3 อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

เนื่องจากอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อถ่ายเทความร้อนในอาคารจริงมาจากหลายองค์ประกอบ สนิร์ตัน ภัทรธรรมกุล (2537) ได้รวบรวมอิทธิพลต่าง ๆ ไว้ดังนี้

- ความจุความร้อนของผนัง (thermal heat capacity) ผนังที่มีความจุความร้อนมากจะดูดและกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้ความร้อนที่ไหลผ่านผนังเป็นไปในอัตราที่ช้าลง

- การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวผนังกับสภาพแวดล้อม (long wave radiation heat exchange) เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกับผิววัสดุอื่น ๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น โดยเฉพาะในรูปการแผ่รังสี

- การถ่ายเทความร้อนของผนังให้กับอากาศโดยตรง โดยการพาความร้อน (surface convection) การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิว และลักษณะของพื้นผิว อิทธิพลของ surface convection ที่มีต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังจะมีค่าน้อยมากในกรณีที่ ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายพลังงานความร้อนในของเปลือกอากาศ

(surface absorption และ surface emission) โดยปกติ หากเป็นสีของผนังธรรมดาทั่วไปตามธรรมชาติ จะมีค่า surface emission ที่ค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8 – 0.9 เป็นส่วนใหญ่ นอกจากว่าจะเป็สีเคลือบผิวที่พิเศษ (selective coating) อาจจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำแต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิววัตถุเย็นกว่าปกติ ค่าการดูดกลืนความร้อนจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือ เข้มมากจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนสูง

- การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง (time lag) วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ Kwang-Woo Kim (1984) และที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุในแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (fill up heat capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทไปในชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงพบว่าในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งที่ต่างกัน คือ ภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายนอกจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่า ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้เพราะการที่มีฉนวนอยู่ภายนอกทำให้ความร้อนผ่านฉนวนเข้ามาได้ยากทำให้การ fill up heat capacity ของผนังเป็นไปได้ช้า ทำให้ Time Lag ของผนังมีค่านานขึ้น

- สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (overall coefficient of heat transmission, U) โดยปกติการคำนวณปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคาร อันเนื่องมาจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายในมักใช้ค่า U เป็นหลักในการคำนวณ

2.4 การศึกษาด้านสภาวะน่าสบายของมนุษย์

จาก Mechanical and Electrical Equipment for building (1992) ได้สรุปตัวแปรด้านสภาวะน่าสบายของมนุษย์ว่าขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

Mean Radiant Temperature (MRT) เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทุกพื้นผิวโดยรอบอันเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนคุณด้วยมุมกระทำ (solid angle) ของขอบพื้นที่ผิวนั้น ๆ ณ จุดที่ทำการวัด ซึ่งค่า MRT นี้จะมีความสัมพันธ์กับ Operative Temperature หรือ Globe Temperature และความเร็วมวล ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$MRT = T_G + K_G \sqrt{V(T_G - T_A)}$$

โดยที่ MRT = Mean Radiant Temperature

V = ความเร็วลม FpM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_G = Globe Temperature ($^{\circ}\text{F}$)

T_A = Air Dry Bulb Temperature ($^{\circ}\text{F}$)

Relative Humidity หรือความชื้นสัมพัทธ์ คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำในอากาศขึ้นต่อปริมาณไอน้ำในอากาศอิ่มตัว ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังของมนุษย์ หากค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงร่างกายจะไม่สามารถถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการระเหยที่ผิวหนังได้ส่งผลให้เกิดความรู้สึกไม่สบาย

Indoor Air Velocity หรือ Wind Speed ความเร็วลมภายในอาคารก็มีผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 2.3 ที่ได้จากการศึกษาของ Victor Oigay

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในอาคารกับความสบายของมนุษย์

ความเร็วลม	ผลต่อความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง	ผลต่อความรู้สึก
ไม่เกิน 50 fpm (0.25 m/s)	ไม่มีผลต่อความรู้สึกแตกต่างของอุณหภูมิ	ไม่มีผลต่อความรู้สึก
50 – 100 fpm (0.25 – 0.51 m/s)	รู้สึกว่าคุณณหภูมิลดลงประมาณ 2 – 3 $^{\circ}\text{F}$ (1.1 – 1.7 $^{\circ}\text{C}$)	รู้สึกสบาย ไม่ถูกรบกวน
100 – 200 fpm (0.51 – 1.02 m/s)	รู้สึกว่าคุณณหภูมิลดลงประมาณ 4 – 5 $^{\circ}\text{F}$ (2.2 – 2.8 $^{\circ}\text{C}$)	รู้สึกสบายแต่รับรู้ว่ามีลมพัด
200 – 300 fpm (1.02 – 1.52 m/s)	รู้สึกว่าคุณณหภูมิลดลงประมาณ 5 – 7 $^{\circ}\text{F}$ (2.8 – 3.9 $^{\circ}\text{C}$)	เริ่มรู้สึกว่าถูกรบกวนโดยลมพัด
มากกว่า 300 fpm (1.52 m/s)	รู้สึกว่าคุณณหภูมิลดลงมากกว่า 5 – 7 $^{\circ}\text{F}$ (2.8 – 3.9 $^{\circ}\text{C}$)	รู้สึกว่าจะถูกรบกวนโดยลมและต้องการการแก้ไข

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for building , 1992 , p 41

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ

สุรพล พลุกพานิช (2529) ให้นิยามของการปรับอากาศว่า คือการสร้างให้มีขึ้นและลงไว้ซึ่งภาวะอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนและความบริสุทธิ์ของอากาศ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความสบายหรือให้เหมาะกับวัสดุหรือกระบวนการภายในสถานที่ใดที่หนึ่ง สามารถแบ่งการปรับอากาศในปัจจุบันออกได้เป็น

1. การปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการปรับอากาศเพื่อให้เหมาะกับกระบวนการผลิต เพื่อให้ดำเนินการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเพื่อรักษาวัสดุให้มีอายุการใช้งานหรือระยะเวลาในการเก็บรักษายาวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปรับอากาศเพื่อความสบาย เป็นการปรับอากาศเพื่อให้มนุษย์สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการภายในร่างกาย ให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ได้โดยง่าย จึงจะนำไปสู่ความสบายในที่สุด

การทำความเย็น (refrigeration) สามารถแบ่งการทำความเย็นได้เป็น 2 ประเภทคือ

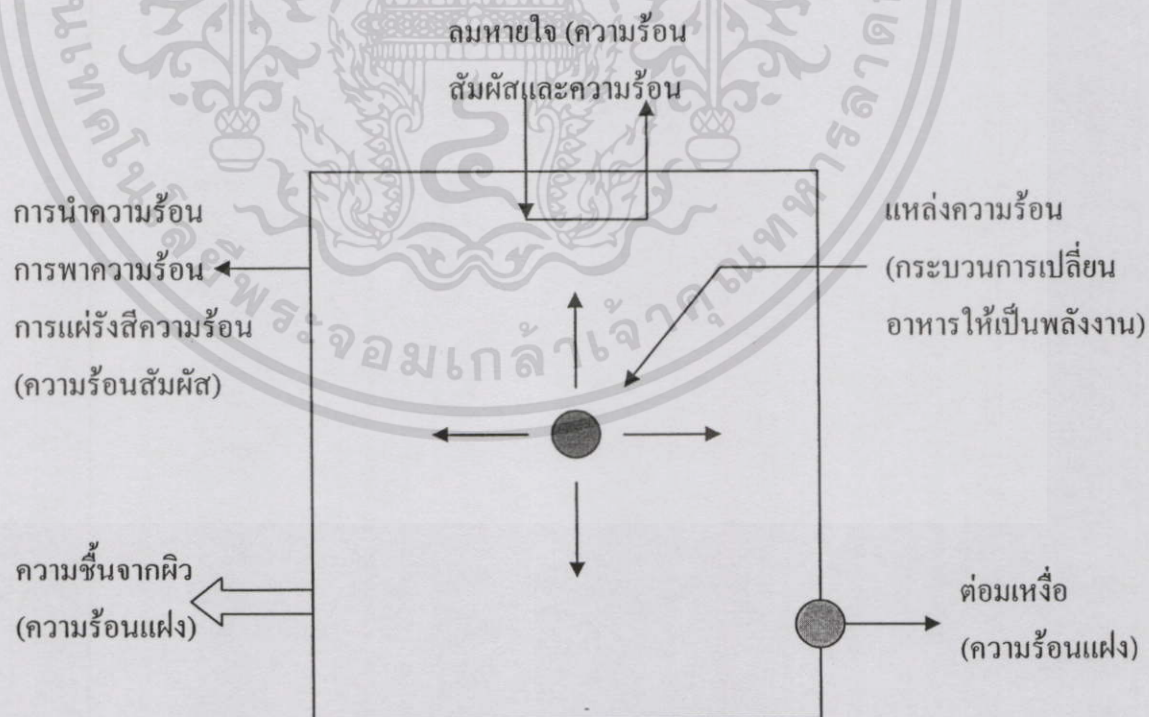
1. การทำให้อุณหภูมิลดไม่เกิน -240°F

2. การทำความเย็นอุณหภูมิต่ำมาก (cryogenic) หรือการทำให้อุณหภูมิลดต่ำกว่า -240°F

จนถึงศูนย์องศาสัมบูรณ์

2.5.1 การตอบสนองของร่างกายต่อสภาวะแวดล้อม

กำหนดให้ทรงกระบอกขนาด 10 นิ้ว x 5 ฟุต ซึ่งมีพื้นที่ผิวคงที่แทนร่างกายของมนุษย์ ดังรูป 2.5 ร่างกายคนคล้ายกับเครื่องจักรที่มีการกำเนิดพลังงานความร้อน โดยกระบวนการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงาน (metabolism) ตลอดเวลา ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างตามสภาพกิจกรรม โดยที่ร่างกายต้องมีการคายความร้อนออกตลอดเวลาในอัตราที่เท่ากับการกำเนิดความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ ร่างกายสามารถระบายความร้อนออกได้ 2 ทางคือ ทางผิวหนัง และลมหายใจ ความร้อนที่ระบายออกเป็นในรูปความร้อนสัมผัส (sensible heat) ด้วยกระบวนการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสี และความร้อนแฝง (latent heat) ด้วยกระบวนการระเหยของความชื้นที่ผิวหนังและความชื้นที่สูญเสียบนลมหายใจ



รูปที่ 2.1 การกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนของร่างกาย

โดยปกติร่างกายจะระบายความร้อนด้วยวิธีการพาความร้อนและการระเหยจากผิวหนังเป็นหลัก ดังนั้น อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วอากาศจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการระบายความร้อนออกจากร่างกาย

2.5.2 ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ

เป็นการกำหนดขีดความบริสุทธิ์ของอากาศภายในห้องปรับอากาศโดยอาศัยการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องที่อาจปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง กว้าง กลิ่น และก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อเจือจางสิ่งปนเปื้อน ในกรณีที่ภายในห้องไม่มีการสูบบุหรี่ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 5 – 30 cfm ต่อคน แต่ถ้าหากสูบบุหรี่ ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 15 – 50 cfm ต่อคน

2.6 การคำนวณภาระปรับอากาศ (cooling load)

การคำนวณการใช้พลังงานในอาคารที่เป็นที่ยอมรับกันอยู่ในปัจจุบัน มีแนวทางในการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ดังนี้

2.6.1 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Transfer Function Method (TFM)

การคำนวณภาระการทำความเย็น (cooling load) โดยใช้วิธี Transfer Function Method เป็นวิธีการคำนวณซึ่งตั้งอยู่บน 2 แนวคิด คือ Conduction Transfer Function (CTF) และ Weighting Factor (WF) โดยมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1. คำนวณการถ่ายเทความร้อน (heat gain) เข้าสู่อาคารในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้วิธี CTF เป็นหลักในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง เพื่อหาการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่อาคารในช่วงเวลา หนึ่ง ๆ

2. พิจารณาคุณสมบัติของกรอบอาคารส่วนทึบแสงที่พิจารณา เพื่อหาค่า CTF สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

3. ใช้ค่า Sol-air Temperature ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง

4. ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

5. ใช้ค่า Solar Heat Gain Factor ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง โดยแยกการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน คือ Transmitted Solar Heat Gain (TSHG) และ Absorbed Solar Heat Gain (ASHG)

6. เมื่อคำนวณการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา แล้วใช้วิธี Weighting Factor เพื่อแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดให้เป็นภาระการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลาโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร

2.6.2 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Total Equivalent Temperature Difference/ Time Averaging (TETD/TA)

การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี TETD/TA เป็นวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยวิธี TETD และใช้วิธีการคำนวณแบบ Time Averaging ในการเปลี่ยนจากการถ่ายเทความร้อนไปเป็นภาระการทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง การคำนวณมีขั้นตอนดังนี้

1. ให้ค่า Sol-air Temperature ในแต่ละช่วงเวลาประกอบกับคุณสมบัติของกรอบอาคารเพื่อคำนวณหาค่า TETD สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนที่บดแสง
2. ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง
3. ให้ค่า Solar Heat Gain Factor (SHGF) ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารโปร่งแสง แต่ไม่ได้คำนวณการแยกเป็น 2 ส่วน คือ การส่องผ่าน (transmitted) และการดูดกลืน (absorbed) ความร้อน เช่นเดียวกับวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยวิธี Transfer Function Method
4. ใช้วิธี Time Average ในการแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นภาระการทำความเย็น โดยคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบต่าง ๆ ทางสถาปัตยกรรมในอาคาร

2.6.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก วิธี Transfer Function Method โดยพัฒนาให้มีขั้นตอนในการคำนวณที่ง่ายขึ้น โดยข้ามขั้นตอนของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ไปเป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยตรง มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1. พิจารณาอาคารส่วนที่บดแสง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร (U) พื้นที่ผิว และค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น (cooling load temperature difference) เพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนที่บดแสง
2. พิจารณากรอบอาคารส่วนโปร่งแสง เพื่อหาค่า U และพื้นที่ผิวของกรอบอาคารในส่วนที่พิจารณา และใช้ร่วมกับค่า CLTD ที่กำหนดให้ เพื่อนำไปใช้คำนวณภาระการทำความเย็น

เอกสารผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

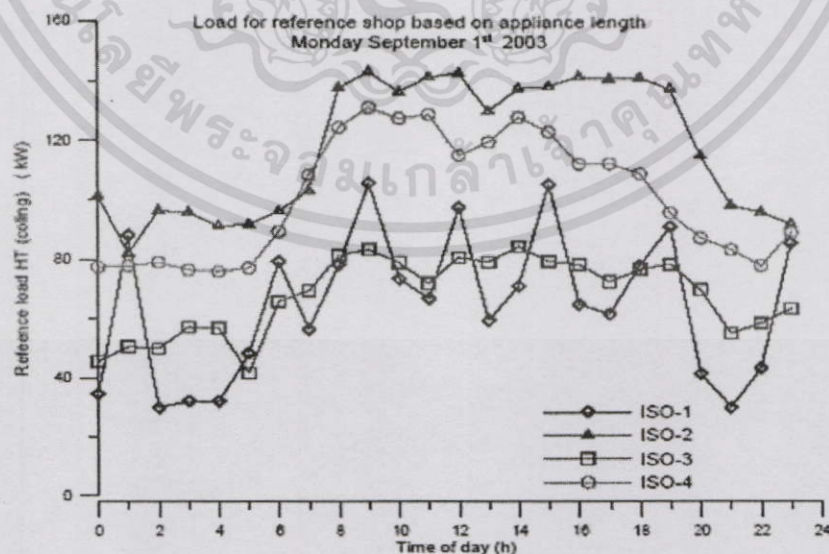
3. พิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ทางสถาปัตยกรรมภายในอาคาร เพื่อนำไปหาค่า Solar Cooling Load (SCL) และค่า Cooling Load Factor (CLF) สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง และการทำคำนวณภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนต่าง ๆ ภายในอาคาร โดยคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบต่าง ๆ ของ สถาปัตยกรรมภายในอาคาร

จาก ASHRAE Fundamental hand book (SI) (1997) การคำนวณภาระปรับอากาศ (cooling load) โดยวิธี CLTD/SCL/CLF แบ่งเป็น External Cooling Load, Internal Cooling Load และ Ventilation and Infiltration มีรายละเอียดดังนี้

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนผ่าน ผนัง หลังคา และ กระจกช่องแสง

สมการในการคำนวณ	q	=	$UA(CLTD)$
โดยที่	q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
	U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ($W/m^2 - K$)
	A	=	พื้นที่ผิวที่พิจารณา (m^2)
	$CLTD$	=	cooling load temperature difference ($^{\circ}C$)

ค่า cooling load temperature difference (CLTD) จะแปรไปตาม ละติจูดและช่วงเวลาในการใช้งานในอาคารมีค่าดังตารางที่ 2.2 เป็นการคำนวณที่ ละติจูดที่ 40 องศาเหนือ ซึ่งในกรณีของประเทศไทยจะต้องมีการพิจารณาปรับค่าแก้ไขรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 หรือ พิจารณาตามคู่มืออนุรักษ์พลังงานในอาคารจะใช้ค่าอุณหภูมิ TDeq แทน



รูปที่ 2.2 แสดงค่า cooling load Temperature difference (CLTD) ที่ 40 องศาเหนือ

เอกสารที่นำมาจาก ASHRAE Fundamental Handbook, 1997 p 28.42. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดความร้อนเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกช่องแสง

สมการในการคำนวณ	q	=	$A(SC)(SCL \text{ หรือ } SF)$
โดยที่	q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
	SC	=	shading coefficient ของวัสดุตัวกลาง
	SCL	=	solar cooling factor หาจกตารางในภาคผนวก ก.
	SF	=	solar heat gain factor หาจกตารางในภาคผนวก ก.

ค่า solar cooling factor (SCL) จะแปรไปตามละติจูดและช่วงเวลาในการใช้งานในอาคาร ซึ่งในกรณีของประเทศไทยจะต้องมีการพิจารณาปรับค่าแก้ตามคู่มืออนุรักษ์พลังงานในอาคารจะใช้ค่า SF แทน

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากความต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศในห้อง ใต้ฝ้าเพดาน และพื้น

สมการในการคำนวณ	q	=	$UA(t_b - t_{rc})$
โดยที่	q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
	U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ($W/m^2 - K$)
	A	=	พื้นที่ผิวที่พิจารณา (m^2)
	t_b	=	อุณหภูมิในส่วนที่ต่อเนื่องกับพื้นที่ปรับอากาศ ($^{\circ}C$)
	t_{rc}	=	อุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ ($^{\circ}C$)

Internal Cooling Load

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร

สมการในการคำนวณ	q_{sensible}	=	$N(\text{Sensible heat gain})CLF$
	q_{latent}	=	$N(\text{Latent heat gain})CLF$
โดยที่	q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
	N	=	จำนวนผู้ใช้
	CLF	=	cooling load factor มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการใช้งาน 24 ชั่วโมง หรือมีความหนาแน่นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ในอาคาร

สมการในการคำนวณ

$$q_{cl} = W(F_{ul})(F_{sa})CLF$$

โดยที่

q = ภาระปรับอากาศ (W)

W = watt input ของอุปกรณ์ หรือระบบแสงสว่าง

F_{ul} = lighting use factor ของระบบแสงสว่าง

F_{sa} = special allowance factor ของอุปกรณ์ หรือระบบแสงสว่าง

หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ใช้ค่าประมาณ 1.2

หลอดไฟฟ้าอินแคนเดสเซนต์ใช้ค่าประมาณ 1

CLF = cooling load factor มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ตลอด 24 ชั่วโมง และหรือมีการเปิดเครื่องปรับอากาศไม่ถึง 24 ชั่วโมง

Ventilation and Infiltration

ในการคำนวณจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

สมการในการคำนวณ

$$q_{sensible} = 1.23V(t_0 - t_1) \quad 1$$

$$q_{latent} = 3010V(w_0 - w_1) \quad 2$$

$$q_{total} = 1.20V(h_0 - h_1) \quad 3$$

โดยที่

q = ภาระปรับอากาศ (W)

V = ความเร็วลม L/S

t_0, t_1 = อุณหภูมิอากาศภายนอก / ภายใน ตามลำดับ ($^{\circ}C$)

w_0, w_1 = humidity ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ kg (water)/kg (dry air)

h_0, h_1 = enthalpy ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ kJ/kg (dry air)

2.6.4 อิทธิพลจากการรั่วไหลอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องและอากาศที่ระบายจากห้องต่อความร้อนที่เกิดภายในอาคาร (INFILTRATION & VENTILATION)

การรั่วไหลอากาศหรือ Infiltration หมายถึง อากาศจากภายนอกอาคารที่ไหลผ่านช่องว่างระหว่างกรอบและบานหน้าต่าง-ประตู เข้ามาในห้องที่ต้องการปรับอากาศ

อากาศที่ระบาย หรือ Ventilation หมายถึง อากาศจากภายนอกที่นำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศด้วยความตั้งใจ โดยผ่านการปรับภาวะที่อุปกรณ์จ่ายลมเย็น (air handling equipment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นเนื่องจากอากาศภายนอกห้องเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าอากาศในห้องปรับอากาศ เมื่อมีลมพัดเข้ามาปะทะอาคารความดันภายนอกอาคารด้านลมปะทะจะสูงกว่าความดันภายในห้อง ดังนั้นอากาศนอกห้องจึงถูกดันผ่านช่องเปิดหรือรอยแตกต่าง ๆ เข้าสู่ภายในอาคาร ปริมาณอากาศที่รั่วเข้าห้องจะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศ หรือความเร็วลมนอกห้อง

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

ดังนั้น ยิ่งอาคารมีรอยรั่วหรืออัตราส่วนประตู-หน้าต่างอาคารมากมีรอยรั่วมาก ก็มีโอกาสดเกิดการ Infiltration ได้สูงทำให้ภาระการทำความเย็นในอาคารปรับอากาศเพิ่มขึ้นได้

การคำนวณปริมาณอากาศที่รั่วเข้าอาคารสามารถคำนวณอย่างง่ายได้จากวิธี Crack Method ที่คำนวณด้วยการประมาณความกว้างรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับลักษณะของอาคาร หรือช่องเปิดว่ามากน้อยเท่าไร ซึ่งสามารถวัดได้จากอาคารจริงหรือการประมาณค่าจากแบบอาคารแล้วนำมาคำนวณหาค่าอัตราการอากาศรั่วที่ไหลเข้าอาคาร ดังตัวอย่างการพิจารณาในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราอากาศที่รั่วเข้าห้องผ่านหน้าต่างหรือประตูเพื่อใช้ในการออกแบบ

รายละเอียด	อากาศที่รั่วเข้าห้อง
หน้าต่าง	0.5 cfm/ft sash crack
ประตูบานเลื่อน (บ้านพักอาศัย)	0.5 cfm/ft ² door area
ประตูบานสวิง (บ้านพักอาศัย)	1.0 cfm/ft ² door area

หมายเหตุ : คำนวณที่ความเร็วลมภายนอกอาคาร 25 mph

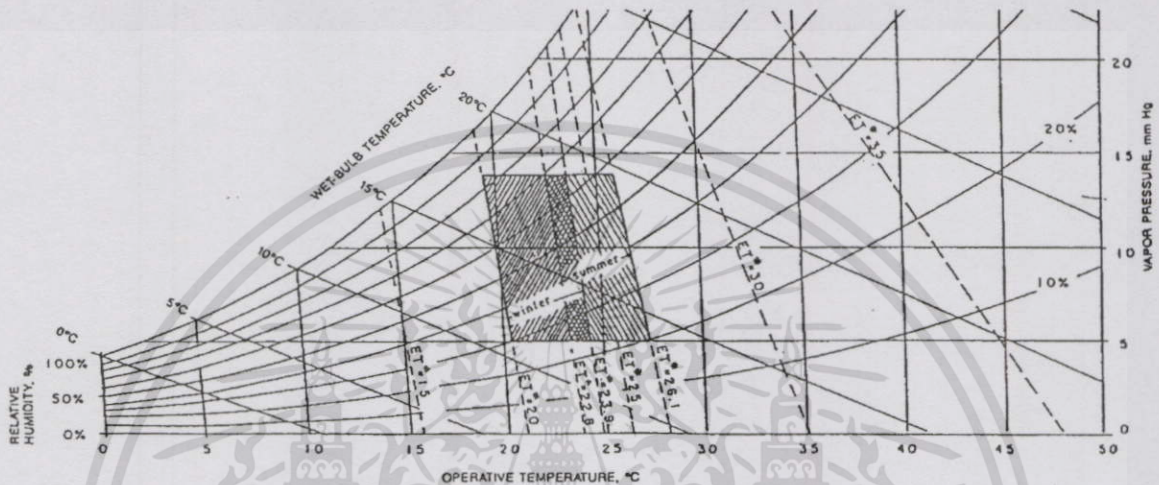
ที่มา : ผศ.สุรพล พลุกพานิช, การปรับอากาศหลักการและระบบ, 2529 หน้า 124

2.6.5 ความร้อนอันเนื่องมาจากดวงไฟแสงสว่าง

เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในอาคารอีกส่วนที่สำคัญก็คือ ระบบการให้แสงสว่างในอาคาร แต่วิธีที่จะคำนวณค่าปริมาณความร้อนอันเนื่องจากระบบแสงสว่างนั้นจะต้องมีวิธีพิจารณาที่ต่างจากการใช้พลังงานในระบบอื่น ASHRAE Fundamental hand book (SI) (1997) ระบุว่า

ภาระการทำความเย็นเนื่องจากระบบแสงสว่างบางส่วนจะเกิดจากการพาความร้อน ซึ่งเป็นการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศจะสามารถจับหรือทำความเย็นได้ทันที แต่ในส่วนที่เหลือจะเกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศก็ต่อเมื่อ พื้นผิวของบริเวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

ที่ปรับอากาศได้แก่ พื้น ผนัง ฝ้า เพดาน และองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมภายในมีการสะสมความร้อนจากการแผ่รังสี (absorbed) และแผ่รังสีให้แก่สภาพแวดล้อม ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนให้แก่พื้นที่ในเวลาที่ยาวหรือสั้นต่างกันเนื่องจากลักษณะการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (time lag) ของวัสดุ ซึ่งทำให้บางส่วนของพลังงานความร้อนเนื่องจากระบบแสงสว่างยังเกิดการแผ่รังสีขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะปิดไฟฟ้าแสงสว่างแล้วก็ตาม ลักษณะดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะของ Thermal Storage Effect in Cooling Load From Lights

ที่มา : 1997 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI) , p 28.7

รายละเอียดและสมการในการคำนวณได้กล่าวถึงแล้วในเรื่องการคำนวณ Internal Load

2.7 การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น (COP และ EER)

ผศ.สุรพล พฤษพานิช (2529) เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะต่างจากเครื่องชนิดอื่นคือ แทนที่จะผลิตกำลังงานแต่กลับใช้กำลังงาน ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการทำความเย็นที่ใช้ประโยชน์ได้ กับกำลังงานที่ป้อนเข้าไปในเครื่องสามารถพิจารณาได้ 3 แบบ คือ Coefficient of Performance (COP) Energy Input Ratio (EER) และ Energy Efficiency Ratio (EER) มีรายละเอียดดังนี้

2.7.1 Coefficient of Performance (COP)

เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่เครื่องปรับอากาศสามารถดึงออกไปได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการดึงความร้อนดังกล่าว โดยมีหน่วยของพลังงานเป็นหน่วยเดียวกัน

$$\text{COP} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่สามารถดึงออก(watt)}}{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก(watt)}}$$

2.7.2 Energy Input Ratio (EIR)

เป็นส่วนกลับของ COP

$$\text{EIR} = \frac{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อดึงความร้อนออก(watt)}}{\text{พลังงานความร้อนที่เครื่องสามารถดึงออก(watt)}}$$

2.7.3 Energy Efficiency Ratio (EER)

เป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการทำความเย็นดังกล่าว โดยมีหน่วยในการเปรียบเทียบที่ต่างกัน

$$\text{EER} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น(Btu/h)}}{\text{พลังงานที่ใช้(watt)}}$$

เพื่อให้ผู้บริโภคทั่วไปเข้าใจง่ายขึ้นจึงมีการกำหนดลักษณะการจำแนกประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นเครื่องปรับอากาศเบอร์ต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับค่า EER ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบค่า EER กับเครื่องปรับอากาศเบอร์ต่าง ๆ

เบอร์	EER
1	6.6-7.6
2	7.6-8.6
3	8.6-9.6
4	9.6-10.6
5	10.6 ขึ้นไป

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการให้แสงสว่าง

2.8.1 การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

1. การให้แสงสว่างภายในโดยใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง

สามารถคำนวณหาค่าระดับความส่องสว่างภายในได้ 2 วิธี คือ การคำนวณแบบจุดต่อจุด และการคำนวณโดยใช้ปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิด หรือ การคำนวณแบบลูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีวิธีการคำนวณแบบคร่าว ๆ เพื่อไม่ให้อาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้า แสงสว่างเกินจำเป็น โดยใช้จำนวนวัตต์ของหลอดไฟที่ใช้ต่อตารางเมตร ตามพระราชบัญญัติส่งเสริม การอนุรักษ์การใช้พลังงานในปี 2535 และพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม ปี 2538 โดยอาคาร ประเภท สำนักงานต้องให้กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดไม่เกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตร

2. การควบคุมและประสานการใช้แสงธรรมชาติและไฟฟ้าแสงสว่าง

เราสามารถควบคุมแสงสว่างจากธรรมชาติที่ผ่านช่องแสงหรือหน้าต่างอาคาร เพื่อช่วย ลดการใช้แสงไฟฟ้าได้ ด้วยการเตรียมการประสานแสงธรรมชาติในช่วงเวลากลางวัน ที่แปรเปลี่ยนไป ตลอดทั้งวันภายนอกอาคาร เพื่อนำมาใช้ช่วยในการสร้างความรู้สึกระหว่างทางสายตา และสร้าง สภาพแวดล้อมให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกกระตือรือร้นในการทำงาน (Productive Environment)

การออกแบบแสงธรรมชาติที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึง เรื่องของการสร้างสมดุลของ ปริมาณความร้อนที่รับเพิ่มขึ้น (heat gain) หรือที่สูญเสียไป (heat loss) การควบคุมแสงจ้า (glare) และการแปรเปลี่ยนของแสงธรรมชาติตลอดทั้งวันอีกด้วย และการออกแบบแสงธรรมชาติที่ ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องให้ความสำคัญในการพิจารณาถึงการใช้อุปกรณ์การกันแดด เพื่อช่วย ลดแสงจ้า (glare) และความเปรียบต่าง (contrast) ที่สูงเกินไปในพื้นที่ใช้งานนั้น ๆ นอกจากนี้ขนาด หน้าต่าง ระยะห่าง การเลือกชนิดของกระจกค่าการสะท้อนแสงของผิววัสดุตกแต่งภายในอาคาร และการจัดวางตำแหน่งของผนังกันห้องก็ควรจะนำมาพิจารณาด้วย

การประสานความงามและประโยชน์ใช้สอยของแสงธรรมชาติไม่ใช่เพียงแค่ให้แสง สว่างที่พอเพียงแก่ผู้ใช้อาคารเท่านั้น แต่สิ่งสำคัญก็คือ การออกแบบที่สามารถลดปัญหาอันอาจจะ เกิดจากแสงธรรมชาติให้ได้ด้วย โดยอาศัยพื้นฐานเกี่ยวกับแสงสว่างและการมองเห็น

2.8.2 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง

ในการกำหนดระดับการส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่าง ๆ กันนั้น มีการกำหนดโดยหน่วยงาน แต่ละแห่ง เช่น IES (USA) IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอย และสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่ กำหนดอาจมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใด ประเทศหนึ่งได้แก่ CIE (International Commission on Illumination) CIE กำหนดความสว่าง ออกเป็น 3 ค่าโดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่น ๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่า ค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ เช่น

- ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิว หรือความเปรียบต่างต่ำกว่าปรกติให้ใช้ความส่องสว่าง มากขึ้น
- ถ้าความผิดพลาดเนื่องจากการมองเห็นทำให้เกิดปัญหาหรือแรง หรือเสียหายมากก็ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างในตารางมากขึ้น
- ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ก็ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (lx)	IES (lx)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
ทางเดิน, พื้นที่ทำงานภายนอก	20 – 30 – 50	20 – 30 – 50 (a)	Public spaces with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 – 75 – 100	50 – 75 – 100 (a)	Simple orientation for short temporary visits
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200 (a)	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน งานชิ้นใหญ่	200 – 300 – 500	200 – 300 – 500 (a)	Performance of visual tasks of high contrast or Large size
งานที่ใช้สายตากลาง เช่น สำนักงาน	300 – 500 – 750		
งานที่ใช้สายตามาก เช่น การเขียนแบบ	500 – 750 – 1000	500 – 750 – 1000 (b)	Performance of visual tasks of medium contrast or Small size
งานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น การประกอบชิ้นส่วน	750 – 1000 – 1500		
งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ	1000 – 1500 – 2000	1000 – 1500 – 2000 (b)	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	2000 – 3000 – 5000 (x)	Performance of visual tasks of low contrast and very small size, Prolonged period
		5000 – 7500 – 10000 (x)	Performance of very prolonged and exacting visual tasks
		10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 1 – 6

(ข) IES. Illuminating Engineering Society : Reference Volume, 1983, pp A3

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็น สลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล แล้ว การกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนด

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)	ค่า Daylight Factor (%), (ค)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50 – 100 – 150	50 – 75 – 100	2	0.6	พื้น
บันได-บันไดเลื่อน	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ, ห้องเก็บ	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	1.5	0.5	work plane
ของ ห้องน้ำ	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	1.5	0.5	
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป, พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	300 – 500 – 750	500 – 750 – 1000	5	2.5	work plane
เขียนแบบ	500 – 750 – 1000	500 – 750 – 1000	5	2.5	work plane
ห้องประชุม	300 – 500 – 750	200 – 300 – 500			
โถงทางเข้า		100 – 150 – 200	2	0.6	work plane
ห้องสมุด					
หิ้งหนังสือ	150 – 200 – 300	200 – 300 – 500	5	1.5	vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 – 500 – 750	200 – 300 – 500	5	1.5	work plane
เคาน์เตอร์	200 – 300 – 500	200 – 300 – 500	5	2	work plane
ห้องประชุม					
เอนกประสงค์	150 – 200 – 300	200 – 300 – 500	5	2.5	work plane

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 1-6

(ข) IES. Illuminating Engineering Society : Reference Volume, 1983

(ค) BSI Draft for Development p 73, อ้างอิงใน Applications Manual window Design

หน้า 31

2.9 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

ลงทุนใด ๆ ได้แก่การศึกษาระยะเวลาคืนทุน (discount payback period) และการพิจารณามูลค่าสะสมของอาคาร โดยมีสมการในการคำนวณต่าง ๆ ดังนี้

การศึกษาระยะเวลาคืนทุน (discount payback period)

เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุนเพื่อทำการปรับปรุงอาคารใด ๆ เปรียบเทียบกับผลในการลดค่าการใช้จ่ายรายปี ในแต่ละปีว่าจะสามารถคุ้มค่าการลงทุนในปีที่เท่าไรหลังจากเริ่มลงทุนในปีแรก โดยทั้งนี้จะพิจารณาถึงค่าอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีต่อ ๆ ไป มีสมการในการคำนวณคือ

$$\text{Discounted payback period (year)} = \frac{\ln \left[\frac{(r-d) * c}{A} + 1 \right]}{\ln \frac{(1+r)}{(1+d)}}$$

เมื่อ A คือ ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี
 c คือ ค่าเงินที่ลงทุน
 d คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้พิจารณา
 r คือ อัตราเงินเฟ้อ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิธีการในการประเมินอาคาร และหากกลยุทธ์ในการปรับปรุงอาคารสำนักงานราชการ ซึ่งมีการใช้งานจริงเพื่อให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเลือกอาคารกรณีศึกษาที่เป็นอาคารสำนักงานสูง 10 ชั้น ตั้งอยู่บริเวณเขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพฯ โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในมีการปรับอากาศทุกห้องยกเว้นส่วนห้องน้ำและทางเดินภายในอาคาร พื้นที่ใช้สอยรวมทั้งอาคาร ประมาณ 12,000 ตารางเมตร มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารและแนวทางในการปรับปรุงอาคาร

โดยทำการศึกษาสิ่งที่มีผลต่อการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทอาคารสำนักงาน หลักการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร การให้แสงสว่างภายในอาคาร การปรับพื้นที่การใช้งานอาคาร ข้อกำหนดมาตรฐานสถานะน่าสบาย และกฎหมายที่เกี่ยวข้องในด้านการใช้พลังงานในอาคาร รวมทั้งมาตรฐานการใช้พลังงานในประเทศไทย และวิธีใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 สํารวจเก็บข้อมูลอาคาร

3.2.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและที่ตั้งอาคาร ประกอบด้วย

- การศึกษาทิศแนวแกนอาคาร (orientation) ด้วยการนำเข็มทิศเข้าไปเทียบหาทิศเหนือที่แท้จริง ณ ที่ตั้งอาคาร เพื่อทราบทิศที่แน่นอนของแนวอาคารกรณีศึกษา
- การศึกษาลักษณะพืชพรรณ (vegetation) ที่มีอยู่ ณ ที่ตั้งอาคาร สํารวจในพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่ง ชนิด ความสูง และจำนวน ของต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่
- การกำหนดตำแหน่งแหล่งน้ำภายในพื้นที่ (water body) สํารวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่ง ขนาด และลักษณะของแหล่งน้ำที่มีอยู่ ณ ที่ตั้งอาคาร
- การกำหนดตำแหน่งสถาปัตยกรรมข้างเคียงอาคาร สํารวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่ง ขนาด และลักษณะของสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่ ณ ที่ตั้งอาคาร

โดยกำหนดตำแหน่งในสถานที่ตั้งอาคารจริง

การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

- การแบ่งพื้นที่ใช้สอยในอาคาร (zoning) สำรอง เก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานอาคารและการจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยอาคาร
- ศึกษาแปลนอาคาร ลักษณะเปลือกอาคาร ความสูงอาคาร
- การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เก็บข้อมูลวัสดุก่อสร้างอาคารวัสดุตกแต่ง และโครงสร้างอาคาร
- ศึกษาสัดส่วนของช่องเปิดแต่ละทิศของอาคารต่อผนังที่บ (window to wall ratio)

การเก็บข้อมูลอัตราส่วนการใช้งานอาคารจำแนกประเภท

- จำแนกประเภทการใช้งานแต่ละพื้นที่ในอาคารและศึกษาลักษณะพฤติกรรมการใช้งานอาคารของผู้ใช้อาคาร ได้แก่ การใช้งานสำนักงานทั่วไป การใช้งานเพื่อการเรียนการสอน ฯลฯ
- เก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้งานอาคารในแต่ละช่วงเวลา การเปิดปิดระบบแสงสว่างและการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า จำแนกตามประเภทการใช้งานในอาคารนำมาคิดเป็นอัตราส่วนการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาเทียบกับการใช้งานสูงสุด

3.2.2 การศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร

การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

เนื่องจากเป็นอาคารที่มีได้มีการแยกมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งานในอาคารจึงต้องทำการติดตั้งเพิ่มและทำการตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในช่วงเวลาประมาณ 2 – 3 เดือนที่ทำการศึกษา โดยพิจารณาเป็น การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อสัปดาห์ และการใช้พลังงานไฟฟ้าละเอียดคิดเป็นรายชั่วโมงเป็นจำนวน 4 วัน โดยเริ่มวัดในวันอาทิตย์จนถึงวันพุธ (โดยการวัดซ้ำประมาณ 2 ครั้ง) และแยกอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนการปรับอากาศ การให้แสงสว่างในอาคาร และระบบเครื่องกล อุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

การสำรวจ เก็บข้อมูลของระบบปรับอากาศในอาคาร

จำแนกตามการจัดพื้นที่ใช้สอยในอาคาร โดยเก็บข้อมูลดังนี้

- ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
- จำนวนเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งาน
- ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (COP/EER) ด้วยการตรวจสอบ ความสามารถในการดึงความร้อน (cooling capacity) ออกจากอาคารที่แท้จริงกับกระแสไฟฟ้าที่ต้องการขณะเปิดเครื่อง
- ตารางการใช้งานเครื่องปรับอากาศ การตั้งค่า thermostat
- วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ของเครื่องปรับอากาศแต่ละชุด ด้วยการนำอุปกรณ์แอมป์มิเตอร์ตรวจวัด ณ ช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มที่ด้วยการวัดสำรวจใน

อาคารจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสำรวจ เก็บข้อมูลระบบเครื่องกลอื่น ๆ ในอาคารและอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

- เก็บข้อมูลชนิด จำนวน และปริมาณพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการใช้งาน จำแนกตามการจัดพื้นที่ใช้สอยในอาคาร

3.2.3 การสำรวจตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในอาคาร

- ทำการคำนวณภาระปรับอากาศอันเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานลักษณะทางกายภาพของอาคาร
- การเก็บข้อมูลการรั่วไหลของอากาศภายใน-ภายนอกอาคาร ทั้งจากระอบต่อต่าง ๆ และจากการดูดอากาศออกด้วยพัดลมดูดอากาศ

3.2.4 การสำรวจตัวแปรที่มีผลต่อการให้แสงสว่างในอาคาร ข้อมูลระบบแสงประดิษฐ์ในอาคาร และ ลักษณะการกระจายแสงในอาคาร

เก็บข้อมูลอาคารที่มีอิทธิพลต่อการให้แสงสว่างและการจัดระบบแสงสว่างในอาคาร กรณีศึกษา ดังนี้

- ตัวแปรที่มีผลต่อการให้แสงสว่างในอาคาร
 - เก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวอาคารในแต่ละชั้น ด้วยการวัดเปรียบเทียบแสงที่สะท้อนขึ้นมาจากพื้นผิวอาคารกับปริมาณแสงที่ตกกระทบ โดยการวัดหลายตำแหน่งนำมาหาค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อนแสงในอาคาร
 - เก็บข้อมูล light transmission กระจกแต่ละชั้นด้วยการวัดเปรียบเทียบแสงที่ส่องผ่านตัวกลางเทียบกับปริมาณแสงส่องเข้ามา โดยการวัดหลายตำแหน่งนำมาหาค่าเฉลี่ย
- ข้อมูลระบบแสงประดิษฐ์ที่ใช้ในอาคาร
 - การศึกษาค่าแอมป์วัตต์ โคม ขนาด ชนิด และจำนวน ดวงโคมที่ใช้ในอาคาร
 - ศึกษาวงจรในการเปิด-ปิดดวงโคม
 - คำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงประดิษฐ์

3.2.5 การเก็บข้อมูลด้านสภาวะนำสบายในอาคาร

- การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในภายนอกอาคาร ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ชนิด digital ตรวจวัดภายในอาคารแต่ละชั้น โดยเลือกห้องที่เป็นตัวแทนชั้นละ 1 ห้อง ราชวัตรโมงเป็นจำนวน 4 วัน โดยเริ่มวัดในวันอาทิตย์จนถึงวันพุธ (โดยการวัดซ้ำประมาณ 2-3 ครั้ง) สำหรับการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร จะติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมและรังสีดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาค่าอุณหภูมิ mean radiant temperature (MRT) และ surface temperature การหาค่าอุณหภูมิ MRT จะได้จากการวัด globe temperature แล้วทำการคำนวณผ่านสมการเพื่อให้ได้ค่า MRT เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของ MRT ที่มีต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยทำการวัดพร้อมกับการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมงเป็นเวลา 4 วัน โดยเริ่มวัดในวันอาทิตย์จนถึงวันพุธ (โดยการวัดซ้ำประมาณ 2 – 3 ครั้ง)

3.3 ประเมิน และ วิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากข้อมูลที่สำรวจอาคารนำมา สรุปข้อดีและปัญหาภายในอาคาร เก็บรวบรวมและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยใช้ข้อกำหนดของกฎหมายมาตรฐานควบคุมอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน มาตรฐานทางด้านสภาวะน่าสบาย เพื่อกำหนดส่วนประกอบอาคารกรณีศึกษาที่ต้องปรับปรุงตามปัญหาที่พบจากการสำรวจ กำหนดวิธีการปรับปรุงที่มีความเหมาะสมในเชิงเทคนิค ความเป็นไปได้ในการปรับปรุง แล้วศึกษาความเหมาะสมในด้านประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

3.4 เสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาโดยนำวิธีการที่มีประสิทธิภาพทุกวิธีการมาใช้ปรับปรุงตัวอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ไฟฟ้า

3.5 ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคาร

ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในเชิงเทคนิค และ เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้รูปแบบของระยะเวลาคืนทุน และมูลค่าสะสมของอาคาร (net present value) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ในแต่ละแนวทาง

3.6 สรุปผลแนวทางที่เหมาะสม ในการนำไปปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อประเมินแนวทางในการปรับปรุงทุกแนวทางแล้ว จึงทำการสรุปผลทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุดทั้งในด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารต่อไปในอนาคต

3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

3.7.1.1 อุปกรณ์วัดแสง

เครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องของจำนวนเครื่องมือที่มีจำนวนน้อย จึงต้องใช้เครื่องมือที่อ่านค่าความสว่างเป็นลักซ์ (Lux) ทั้งสิ้น 3 ชนิดมาเพื่อเปรียบเทียบหาเครื่องมือที่มีความใกล้เคียงในการอ่านค่าสำหรับนำมาหาค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง (Daylight Factor) ค่าการสะท้อนแสง และค่าการส่องผ่านของส่วนประกอบอาคารที่ต้องการ

- ลักซ์มิเตอร์ (ดูรูปที่ 3.1 ก.) มี range ในการวัดค่าระหว่าง 20 – 50,000 ลักซ์
- โยโกกาว่า พอร์ทเทเบิลลักซ์มิเตอร์ (ดูรูปที่ 3.1 ข.) มี range ในการวัดค่าระหว่าง 100 – 3,000 ลักซ์



(ก) ลักซ์มิเตอร์

(ข) โยโกกาว่า พอร์ทเทเบิลลักซ์มิเตอร์

รูปที่ 3.1 รูปแสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา

3.7.1.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอาคาร

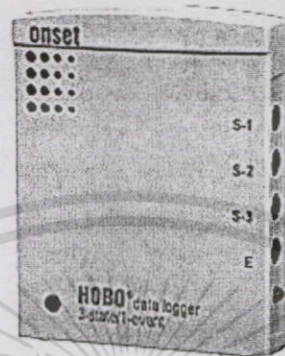
เนื่องจากการสำรวจอาคารควรใช้การสำรวจในระยะเวลาที่ตรงกันและมีความหลากหลายในข้อมูลที่ต้องการวัดอุปกรณ์ที่วัดอุณหภูมิภายในอาคารที่ใช้มี 4 ชนิด รายละเอียดดังนี้

- HOBO data logger

เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ โดยมีสาย sensor วัด แล้วเก็บข้อมูลไว้ภายในกล่องเก็บข้อมูล ที่สั่งการให้เก็บข้อมูลมีความละเอียดได้ตั้งแต่ รายวินาที รายนาที่ รายชั่วโมง สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งหน่วย SI และ IP การสั่งงานและการอ่านค่าต้องใช้ควบคู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สั่งงาน โดยเฉพาะ (โปรแกรม box car pro) ลักษณะของอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

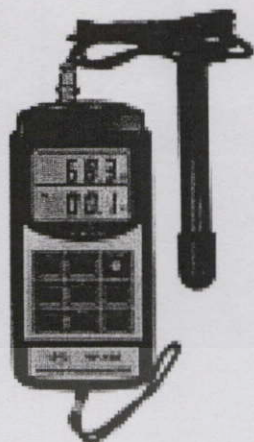
การสำรวจอาคารใช้อุปกรณ์ชนิดนี้จำนวน 5 เครื่อง ซึ่งทั้ง 5 เครื่องได้รับการเปรียบเทียบค่าให้ตรงกันจากบริษัทผู้ผลิต โดยเมื่อนำมาตั้งค่าวัดอุณหภูมิพร้อม ๆ กันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันในห้องปรับอากาศ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ HOB0 data logger

- อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอาคาร digital hygro – thermo meter เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ใช้ sensor วัดอุณหภูมิและความชื้น แสดงผลขึ้นบนจอแสดงผล สามารถวัดค่าแล้วแสดงผลได้เป็น องศาเซลเซียส หรือ ฟาเรนไฮต์ ผู้วัดต้องทำการจดบันทึกข้อมูลเก็บไว้ด้วยตัวเอง ลักษณะของอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.3 การศึกษาครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ จำนวน 2 เครื่อง โดยต้องทำการเปรียบเทียบหาตัวประกอบมาคูณเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับชุดของอุปกรณ์ HOB0 data logger โดยให้มีความคลาดเคลื่อนกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส

- เครื่องวัดอุณหภูมิผิวของ solomet รุ่น 500 e เป็นชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่อาศัย หัว sensor ที่เป็น thermocouple type k ต่ออุปกรณ์อ่านค่า สามารถวัดค่าได้และแสดงผลได้เป็น องศาเซลเซียส หรือ ฟาเรนไฮต์ ก็ได้ ลักษณะดังรูปที่ 3.4 การนำไปใช้งานให้นำหัว sensor และผิววัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ รอจนค่าอุณหภูมิคงที่แล้วจึงอ่านค่า จดบันทึกไว้ การศึกษาครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ จำนวน 1 ชุด ซึ่งต้องทำการเปรียบเทียบหาตัวประกอบมาคูณเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับชุดของอุปกรณ์ HOB0 data logger เช่นเดียวกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิดอื่น



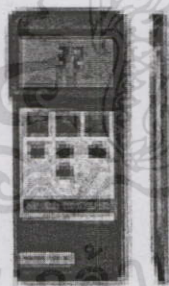
รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ solomet 500 e

3.7.1.3 อุปกรณ์วัดความเร็วลมภายในอาคาร

เป็นอุปกรณ์ที่วัดด้วยการอาศัยหลักการในการคงที่ของอุณหภูมิที่หัว thermistor ขนาดเล็ก เมื่ออากาศพัดผ่านหัว thermistor ทำให้มีอุณหภูมิลดลง เครื่องจะต้องให้กระแสไฟฟ้าเข้าไปเพื่อรักษาอุณหภูมิของ thermistor ที่ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความเร็วของลมที่พัดผ่านได้ มีลักษณะดังรูปที่ 3.5 ข้อควรระวังในการใช้งานคือ หัว thermistor มีความละเอียดสูงห้ามกระทบโดยเด็ดขาด



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความเร็วลม solomet 500 e

3.7.1.4 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ

แอมป์มิเตอร์ ซึ่งอาศัยหลักการของการวัดค่าความต่างศักย์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยการวัดเป็น แอมป์ มีลักษณะ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แอมป์มิเตอร์



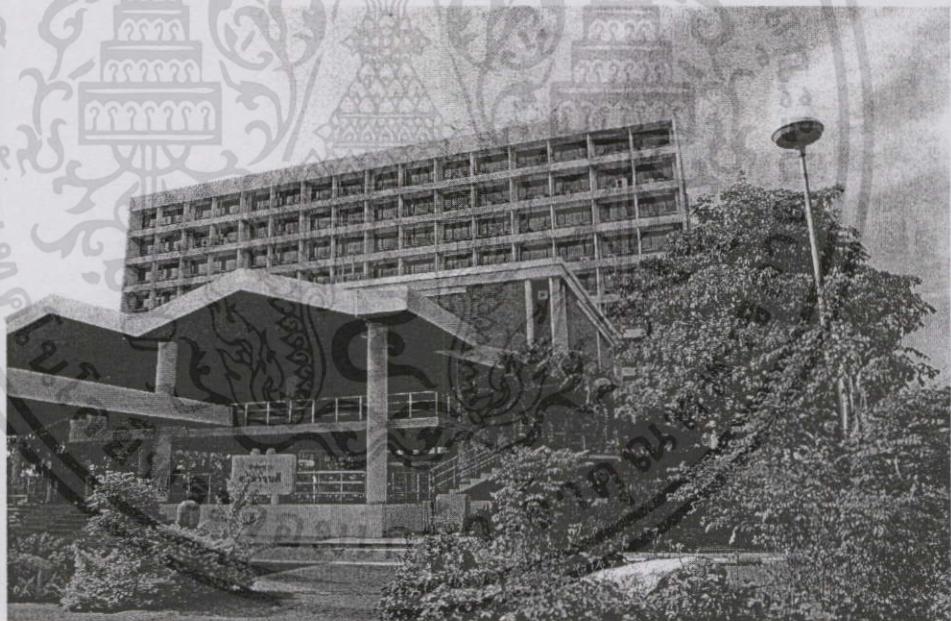
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา และ การวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของอาคาร

4.1 รายละเอียดอาคาร

อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ตั้งอยู่บนพื้นที่ในเขตสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพฯ สภาพแวดล้อมของอาคารเป็นอาคารที่วางแนวตัวอาคารแนวยาวในทิศตะวันออก – ตะวันตก โดยทางเข้าหลักของอาคารอยู่ทางด้านทิศตะวันออก และด้านทิศเหนือเป็นลานจอดรถยนต์คอนกรีตลาดยาง มีการปลูกต้นไม้ใหญ่พุ่มใบทึบและมีคลองระบายน้ำ ด้านตะวันตกมีการปลูกต้นไม้พุ่มลักษณะภายนอกอาคารดังรูปที่ 4.1 และภาคผนวก ก



รูปที่ 4.1 อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ พิจารณาจากภายนอกอาคารด้านทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายละเอียดของอาคารดังนี้

ประเภทอาคาร :	อาคารสำนักงาน สูง 10 ชั้น
ระยะเวลาทำการ :	จันทร์ – ศุกร์ ระหว่างเวลา 08.00 – 16.30 น.
อายุอาคาร :	เปิดใช้งานปี พ.ศ. 2544 อายุประมาณ 7 ปี

สามารถสรุปรูปแบบการใช้งานภายในอาคารกรณีศึกษาได้ 2 รูปแบบ คือ

1. การใช้งานในลักษณะสำนักงานทั่วไป ได้แก่ สำนักงานทะเบียนและประมวลผลสำนักประกันคุณภาพการศึกษา เป็นต้น
2. การใช้งานในลักษณะของห้องประชุม ได้แก่ ห้องประชุมชงโค ห้องประชุมพิบูล ห้องประชุมราชพฤกษ์ เป็นต้น

4.2 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร

ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารเป็นวัสดุก่อสร้างทั่วไปที่นิยมใช้เป็นมาตรฐานในการก่อสร้างอาคารประเภทสำนักงานของทางราชการ ในส่วนผนังภายนอกและผนังกันทั่วไปในอาคารจะใช้วัสดุที่มีมวลมาก ได้แก่ ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบที่มีค่าความต้านทานความร้อนรวมประมาณ $0.3601 \text{ m}^2\text{- องศาเซลเซียส/วัตต์}$ ($3.77 \text{ ฟุต}^2 \text{ ข-องศาฟาเรนไฮต์/บีทียู}$) พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะวัสดุในด้านการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกัน วัสดุเปลือกอาคารสามารถสรุปคุณสมบัติได้ดังตาราง 4.2 รายละเอียดการคำนวณดังกล่าว

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของวัสดุที่ใช้ในอาคาร

ชนิดวัสดุ	ความหนา รวม (ม.)	ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R – Value) ⁿ		ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน thermal time lag ^q (hr.)
		SI-Unit ($\text{m}^2\text{-K/W}$)	IP-Unit ($\text{hr.ft}^2\text{-F/Btu.}$)	
ผนังก่ออิฐฉาบปูน	0.10	0.2841	1.61	2 1/2
พื้น ค.ส.ล	0.10	0.4107	2.33	2 1/2
หลังคา ค.ส.ล	0.10	0.4107	2.33	2 1/2

ที่ม : ก. การคำนวณจากข้อมูลวัสดุ ตามมาตรฐานในคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

ข. ครึ่งใจ บูรณะสมภพ การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน น.39

4.3 สภาวะภายในอาคารกรณีศึกษา

การเก็บข้อมูลสภาวะภายในอาคารเพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของอาคารกรณีศึกษาในด้าน สภาวะน่าสบาย สภาวะภายในอาคารกรณีศึกษาที่เก็บข้อมูลได้แก่ ลักษณะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในอาคาร และ MRT แนวทางในการเก็บข้อมูลได้แก่ทำการวัดภายในห้องที่มีอุณหภูมิภายในอาคารสูงที่สุดในแต่ละชั้น วัดเก็บข้อมูลรายชั่วโมงในระหว่างเวลา 8.00 – 20.00 น. มีรายละเอียดการเก็บข้อมูลดังภาคผนวก ข – 1

4.3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ทำการวัดในห้องที่เลือกเป็นตัวแทนของอาคารในแต่ละชั้นแล้วนำมาหาเป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอาคารทั้งอาคาร ณ ช่วงเวลาที่สำรวจอาคาร (25 ต.ค. 2549 ถึง 3 พ.ย. 2550) อุณหภูมิอากาศภายในอาคารเฉลี่ยในช่วงเวลาที่มีการปรับอากาศภายในห้องอุณหภูมิ มีค่า 22.78 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 64.24% ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่า 27.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75.14% รายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน-ภายนอกอาคาร

	วันหยุดราชการ (ไม่ปรับอากาศ)						วันทำการ (ปรับอากาศ)					
	อุณหภูมิ			ความชื้นสัมพัทธ์			อุณหภูมิ			ความชื้นสัมพัทธ์		
	(องศาเซลเซียส)			(%)			(องศาเซลเซียส)			(%)		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
ภายนอก	34.24	27.98	31.44	91.70	50.60	66.90	29.63	25.51	27.61	88.63	63.8	76.18
ภายใน	31.19	26.94	28.41	86.20	73.60	79.88	26.78	18.7	22.40	76.6	52.13	61.95

หมายเหตุ : ณ ช่วงเวลาที่ทำการวัด สภาพห้องฟ้าอยู่ในสภาพ overcast เป็นส่วนใหญ่

จากข้อมูลการสำรวจอาคารจะเห็นว่าในวันหยุดราชการอาคารไม่ปรับอากาศอุณหภูมิภายในอาคารจะต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารประมาณ 3 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารจะสูงกว่าภายนอกประมาณ 13% เนื่องจากความชื้นที่สะสมอยู่ภายในอาคาร แสดงว่าเปลือกอาคารมีศักยภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ไม่ดี

แต่ในวันทำการซึ่งเปิดใช้เครื่องปรับอากาศอุณหภูมิภายในอาคารจะต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารประมาณ 5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ถูกควบคุมให้อยู่ในมาตรฐานการออกแบบระบบปรับอากาศต่างจากภายนอก 14% เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารพบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิภาวะภายในบริเวณปรับอากาศที่คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารกำหนดไว้ (25 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาต่อไปว่าเกิดเนื่องจากสาเหตุใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร

ระบบปรับอากาศในอาคารทั้งหมดเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวนทั้งหมด - เครื่องมีตำแหน่ง ขนาดและรายละเอียดดังภาคผนวก ก โดยมีกำลังในการทำความเย็นทั้งอาคารรวมกัน 1,755,910 บีทียู/ชั่วโมง หรือ 146.32 ตัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 189.246 กิโลวัตต์ คิดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (EER) มีค่าโดยเฉลี่ยทั้งอาคารประมาณ 9.28 (สูงกว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 3) คิดเป็น กิโลวัตต์/ตันความเย็นได้ 1.29 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคาร (1.61 กิโลวัตต์/ตันความเย็น) มีรายละเอียดดังภาคผนวก ก

4.5 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร

อาคารกองวิชาการ มีการวางทิศทางอาคารและการเจาะช่องเปิดในแนวเหนือ-ใต้ ส่วนในทิศตะวันออกและตะวันตกนั้นมีการเจาะช่องแสงประมาณ 12% สิ่งที่มีผลต่อระดับความส่องสว่างภายในอาคารได้แก่ลักษณะช่องเปิด ค่าการส่องผ่านของกระจกและแผงกันแดดของตัวอาคาร ทิศทางของอาคาร ค่าการสะท้อนแสงของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานในอาคาร

ผนังภายนอก อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์มีค่าการสะท้อนแสงที่ประมาณ 0.70 รายละเอียดค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงของผนัง พื้นและฝ้าเพดาน ในอาคารแต่ละชั้นเป็นดังตาราง 4.5

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานในอาคารแต่ละชั้น

อาคารชั้นที่	ค่าการสะท้อนแสง (%)		
	พื้น	ผนัง	ฝ้าเพดาน ⁿ
1	21	47	75
2	16	53	75
3	18	88	75
4	17	72	75
5	20	76	75
6	18	59	75
7	16	84	75
8	21	65	75
9	18	88	75
10	18	87	75

4.5.1 ลักษณะของช่องเปิดอาคาร

อาคารกรณีศึกษามีการเจาะช่องหน้าต่างส่วนใหญ่บนผนังทิศเหนือและใต้ โดยอาคารใช้หน้าต่างบานเลื่อนกระจกฝ้า มีลักษณะดังรูป 4.12 สามารถสรุปชนิดของกระจกที่ใช้และพื้นที่ในแต่ละด้านได้ดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.4 สรุปลักษณะหน้าต่างต่าง ชนิดกระจก และพื้นที่ ในอาคารกรณีศึกษา

ชั้นที่	ชนิดหน้าต่าง	ชนิดกระจก	ค่า SC	พื้นที่ (ตร.ม.)			
				เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
1	บานเลื่อน	กระจกฝ้า 6 มม.	0.85	68.4	9.72	68.4	9.72
2	บานเลื่อน	กระจกฝ้า 6 มม.	0.85	68.7	2.88	68.7	2.88
3	บานเลื่อน	กระจกสีชา 6 มม.	0.64	39.6	2.88	39.6	2.88
รวมพื้นที่ (ตร.ม.)				176.4	15.48	176.4	15.48



รูปที่ 4.2 ลักษณะช่องหน้าต่างอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์

4.5.2 ประเภทของดวงโคม และปริมาณการใช้งานในอาคาร

เนื่องจากลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่มีแผงบังแดดโดยรอบ ทำให้ไม่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารได้ ดังนั้นระบบการให้แสงสว่างที่ใช้ในอาคารกองวิทยการจะใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด เนื่องจากลักษณะอาคารที่มีแผงกันแดดโดยรอบ ทำให้ไม่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ในการทำงานได้

เมื่อทำการวัดค่าความส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ในแต่ละชั้นที่ระดับความสูงในการทำงานประมาณ 0.80 ม. จากพื้นอาคารพบว่าในแต่ละชั้นมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของอาคารในชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และ 3 เป็น 349.5, 265.33 และ 147.69 ลักซ์ ตามลำดับ ซึ่งค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แนะนำให้ใช้กับอาคารประเภทสำนักงานก็คือ 300 – 500 ลักซ์ ส่วนงานที่ต้องใช้ความละเอียดแนะนำให้ใช้ที่ 750 ลักซ์ ซึ่งเห็นว่าค่าความส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ที่ใช้ในอาคารก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการตามค่ามาตรฐานซึ่งจะต้องทำการปรับปรุงต่อไป

ดวงโคมที่ใช้ในอาคารจะเป็นโคมฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดฝ้าเพดานไม่มีแผงสะท้อนแสงทั่วไปเป็นหลอด 2 x 36 วัตต์ สามารถสรุปปริมาณการใช้งานจำแนกตามชั้นและแผนกได้ว่าทั้งอาคารต้องการพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างรวม 37.575 กิโลวัตต์ หรือ 17.51 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานควบคุมอาคารกำหนด (16 วัตต์/ตร.ม.)

4.6 การคำนวณค่า OTTV&RTTV

จากข้อมูลอาคารทั้งหมดนำมาคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังของอาคาร (overall thermal transfer หรือ OTTV) มีค่าประมาณ 62.93 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าค่าที่กฎหมายอนุรักษ์พลังงานกำหนด (อาคารเก่ามีค่าไม่เกิน 55 วัตต์/ตารางเมตร) ประมาณ 7.93 วัตต์/ตารางเมตร มีรายการคำนวณดังภาคผนวก ก

และสามารถคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของอาคาร (roof thermal transfer หรือ RTTV) มีค่าประมาณ 15.526 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งผ่านค่าที่กฎหมายอนุรักษ์พลังงานกำหนด (อาคารเก่ามีค่าไม่เกิน 25 วัตต์/ตารางเมตร) รายการคำนวณดังภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร

ทิศผนังอาคาร		สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (วัตต์/ตร.ม. – เคลวิน)		ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด			WWR	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)
		ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	SC1	SC2	SC		
ทิศเหนือ	ชั้น 1	3.5199	5.82	0.85	0.89	0.7565	39.30%	69.26
	ชั้น 2		5.83	0.85	0.888	0.7548		
	ชั้น 3		6.28	0.64	0.888	0.56832		
ทิศตะวันออก	ชั้น 1	3.5199	5.83	0.85	0.739	0.62815	6.45%	49.68
	ชั้น 2			0.85	0.693	0.58905		
	ชั้น 3			0.85	0.697	0.59245		
ทิศใต้	ชั้น 1	3.5199	5.83	0.85	0.606	0.5151	39.30%	70.98
	ชั้น 2		5.83	0.85	0.581	0.49385		
	ชั้น 3		6.28	0.64	0.58	0.3712		
ทิศตะวันตก	ชั้น 1	3.5199	5.83	0.85	0.754	0.6409	6.45%	49.27
	ชั้น 2			0.85	0.712	0.6052		
	ชั้น 3			0.85	0.716	0.6086		
ค่า OTTV รวมของอาคาร								62.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสามารถจำแนกได้เป็นส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในอาคาร และ การใช้พลังงานไฟฟ้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร หากพิจารณาความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอาคาร จำแนกตามประเภทการใช้งาน

ประเภทการใช้พลังงานไฟฟ้า	ปริมาณความต้องการไฟฟ้า แยกตามระบบ (กิโลวัตต์)	ร้อยละของความต้องการ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด
ระบบปรับอากาศ	189.25	71.15
ระบบแสงสว่าง	37.57	14.13
อุปกรณ์ภายในอาคาร	39.17	14.72
รวมการใช้พลังงานไฟฟ้า	265.99	100.00

บทที่ 5

การพิจารณาแนวทางเลือกการปรับปรุงอาคาร

เกณฑ์การเลือกวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

วิธีการศึกษาทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมต่อการประหยัดพลังงานตามลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ลำดับที่ 2 ควบคุมการใช้ปริมาณไฟฟ้าในระบบปรับอากาศที่เกินความจำเป็น

ทั้งนี้ต้องมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าคงที่ และมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ 8.5% เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาเปิดใช้งานมาแล้วประมาณ 7 ปี และอาคารถาวรของทางราชการกำหนดให้มีอายุใช้งานประมาณ 30 ปี ดังนั้นกรณีศึกษานี้จึงกำหนดระยะเวลาคืนทุนที่ไม่ควรเกิน 10 ปี โดยจะพิจารณาทดลองจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารแยกตามองค์ประกอบของอาคารที่มีปัญหากำหนดวิธีการที่ควรใช้เพื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคารศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง แล้วจึงทำการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงในแต่ละองค์ประกอบอาคารมาปรับปรุงอาคารร่วมกันเพื่อศึกษาผลกระทบในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษาเมื่อทำการปรับปรุงรวมทุกองค์ประกอบที่เป็นปัญหา

การกำหนดองค์ประกอบของอาคารที่ต้องปรับปรุงโดยพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ จากการสำรวจเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษานำมาสรุปเปรียบเทียบกับมาตรฐานในการออกแบบอาคารได้ผลดัง ตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกับ ข้อมูลอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์

	ข้อมูล	เกณฑ์มาตรฐาน อาคารประเภทสำนักงาน	ข้อมูล อาคารกรณีศึกษา	
มาตรฐานทางด้านกฎหมาย	ค่า OTTV (W/m^2)	55.00	62.93	
	ค่า RTTV (W/m^2)	25.00	15.53	
	พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (W/m^2) (ในพื้นที่ปรับอากาศ)	16.00	17.51	
	มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ (kW/ton)	1.61	1.29	
มาตรฐานด้านคุณภาพ	ระดับความส่องสว่าง (Lux)	300.00 – 500.00	อาคารชั้นที่ 1	265.33
			อาคารชั้นที่ 2	349.50
			อาคารชั้นที่ 3	264.36
			อาคารชั้นที่ 4	258.62
			อาคารชั้นที่ 5	227.65
			อาคารชั้นที่ 6	182.48
			อาคารชั้นที่ 7	167.49
			อาคารชั้นที่ 8	236.67
			อาคารชั้นที่ 9	147.69
			อาคารชั้นที่ 10	147.69
	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	25	22.40	

- หมายเหตุ : ก. การกำหนดภาวะแวดล้อมภายในอาคารเพื่อการปรับอากาศ
ข. จากการวัดข้อมูลอาคารจริงเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ

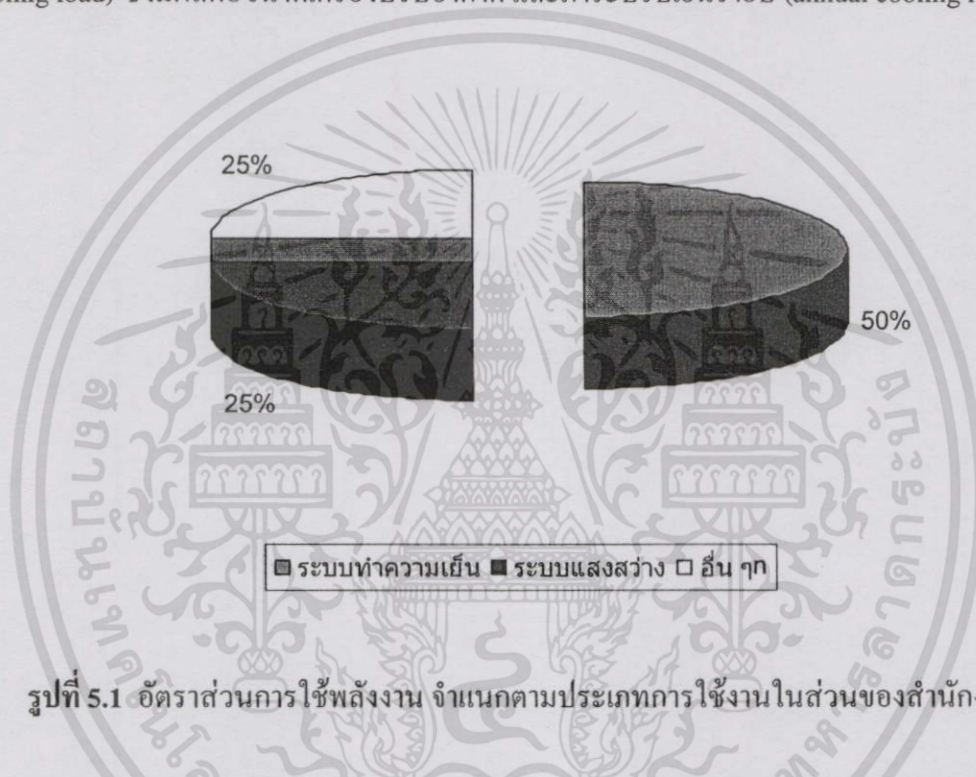
เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารกรณีศึกษา ควรจะต้องมีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารในด้านต่าง ๆ 3 ประการ คือ

1. ระบบปรับอากาศ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และลดปริมาณการใช้ระบบปรับอากาศที่เกินความจำเป็น
2. ระบบกรอบอาคารเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) ได้แก่ ติดฟิล์มกรองแสง
3. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบส่องสว่างภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดองค์ประกอบของอาคารที่ต้องปรับปรุง โดยพิจารณาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้ากับอาคาร

ผลการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลอาคาร อาคารกรณีศึกษามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีประมาณ 346,486.00 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง เมื่อแบ่งอัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งานจะเห็นว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานส่วนใหญ่ในอาคารกรณีศึกษา จะใช้ในส่วนระบบปรับอากาศและระบบการให้แสงสว่างเป็นหลักดังแผนภูมิที่ 5.2 ดังนั้นในการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารควรพิจารณาที่ตัวแปรที่มีผลต่อภาระการปรับเย็นสูงสุด (peak cooling load) ซึ่งมีผลต่อขนาดเครื่องปรับอากาศ และภาระปรับเย็นรายปี (annual cooling load)



รูปที่ 5.1 อัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งานในส่วนของสำนักงาน

ภาระปรับเย็นที่ได้จากการสำรวจเพื่อใช้คำนวณขนาดของระบบปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งมีภาระปรับเย็นสูงสุด (peak cooling load) มีค่า 551,120.00 บีทียูต่อชั่วโมง (161.409 กิโลวัตต์ความเย็น) และภาระปรับเย็นรายปี (annual cooling load) มีค่า 141,154.74 บีทียูต่อชั่วโมง (481,620 กิโลวัตต์ความเย็น - ชั่วโมง) เมื่อพิจารณาพบว่า องค์ประกอบของอาคารที่มีภาระปรับเย็นสูงสุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยโดย มีรายละเอียดดังตารางที่ 5.2

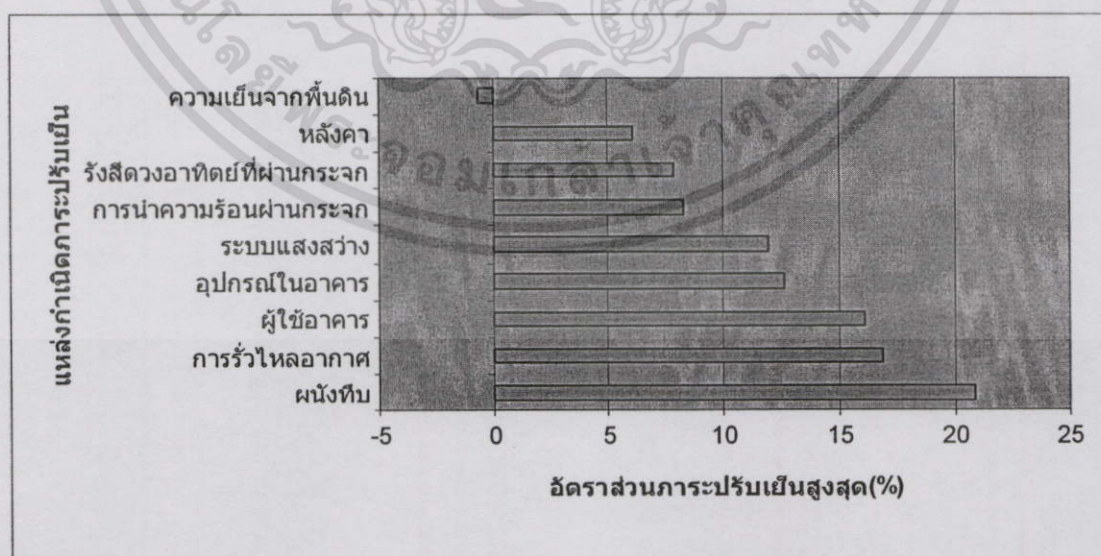
ตารางที่ 5.2 สรุปภาวะปรับเ็นสูงสุดในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน (กิโวลต์ต์)

แหล่งที่มา	ภาวะปรับเ็นสูงสุด (กิโวลต์ต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	ร้อยละ ¹
ผนังทึบ	33.609	0	33.609	20.82
การรั่วไหลอากาศ	9.917	17.319	27.236	16.87
ผู้ใช้อาคาร	15.313	10.661	25.947	16.09
อุปกรณ์ในอาคาร	20.329	0	20.329	12.59
ระบบแสงสว่าง	19.310	0	19.310	11.96
การนำความร้อนผ่านกระจก	13.433	0	13.433	8.32
รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจก	12.688	0	12.688	7.86
หลังคา	9.858	0	9.858	6.11
ความเย็นจากพื้นดิน	-1.028	0	-1.028	-0.64
รวม	133.429	27.980	161.409	100

หมายเหตุ : ก. เป็นอัตราส่วนที่เปรียบเทียบภาวะปรับเ็นสูงสุดรวม

ที่มา : การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชั่วโมง – ชั่วโมง

ภาวะปรับเ็นรายปี สามารถจำแนกองค์ประกอบของอาคารที่มีภาวะปรับเ็นเรียงลำดับจากมากไปน้อย รายละเอียดดังรูปที่ 5.2 และตารางที่ 5.3



รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบภาวะปรับเ็นรายปีของอาคารกรณีศึกษา จำแนกตามที่มาของแหล่ง

ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 สรุปการประเมินรายปีในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน (เมกะวัตต์ – ชั่วโมง)

แหล่งที่มา	การประเมินสูงสุด (กิโวลต์)			
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	รวม	ร้อยละ
การรั่วไหลอากาศ	21.14	140.99	162.134	33.66
ระบบแสงสว่าง	68.595	0	68.595	14.24
ผนังทึบ	60.049	0	60.049	12.47
อุปกรณ์ในอาคาร	58.256	0	58.256	12.10
รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจก	54.679	0	54.679	11.34
ผู้ใช้อาคาร	29.482	19.167	48.649	10.10
หลังคา	26.485	0	26.485	5.50
การนำความร้อนผ่านกระจก	10.460	0	10.460	2.17
ความเย็นจากพื้นดิน	-7.687	0	-7.687	-1.60
รวม	321.463	160.157	481.620	100

หมายเหตุ: ก. เป็นอัตราส่วนที่เปรียบเทียบการประเมินรายปีรวม

ที่มา: การจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชั่วโมง – ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่มีผลต่อการประเมินสูงสุดและการประเมินรายปีสามารถสรุปองค์ประกอบอาคารที่ควรพิจารณาปรับปรุง มีการเลือกพิจารณาทำการปรับปรุงเพื่อความสะดวกในการดำเนินงาน ดังนี้

1. ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ด้วยการจัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารให้เป็นไปตามความต้องการจริง
2. ลดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกอาคารส่วนช่องแสง โดยการติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่าสัมประสิทธิ์บังแดดที่ต่ำกว่า 0.29 และ
3. ลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบส่องสว่าง ด้วยการเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

การเลือกวิธีที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์พิจารณาในด้านการประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานรายปีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ประเมินระยะเวลาคุ้มทุนอย่างง่ายและพิจารณามูลค่าอาคารสะสม (net present value) แล้วนำแต่ละวิธีที่เหมาะสม การปรับปรุงที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบมาปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาาร่วมกัน เพื่อศึกษาผลแล้วจึงเลือกกว่าควรจะทำ

ปรับปรุงมาก-น้อยเพียงใดตามแผนการปรับปรุงอาคาร โดยใช้เกณฑ์พิจารณาทางเลือกในด้านต้นทุน การลงทุนและมีระยะเวลาคุ้มทุนที่น้อยที่สุดอีกครั้งหนึ่ง

5.1 ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

จากสภาพสภาวะอากาศเขตร้อนอย่างในประเทศไทย เครื่องปรับอากาศมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อปรับอุณหภูมิให้เกิดความรู้สึกสบายในอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ที่เป็นอาคาร กรณีศึกษา และเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและเก็บข้อมูลจึงได้ใช้ชั้น 5 กองอาคารสถานที่ เป็นกรณีศึกษา ซึ่งได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดใหญ่ (Large Split Type) จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางการประหยัดพลังงาน ทางฝ่ายงานอนุรักษ์ พลังงานจึงได้ทำการตรวจวัดเปรียบเทียบ ในการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ทำความ เย็นให้ในส่วนของกองอาคารสถานที่ โดยพิจารณาถึงการเปิด-ปิด ประตูของกองอาคาร และการ เปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวัน (12.00 น. – 13.00 น.)

ดังนั้น จึงได้แบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษา คือ 1. กรณีที่ทำการปิดเครื่องปรับอากาศ และปิด ประตูทางเข้ากองอาคาร 2. กรณีปิดเครื่องปรับอากาศ และเปิดประตูทางเข้ากองอาคาร โดยทำการ บันทึกรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเวลา 10.30 น. ถึง 14.30 น. ในวันที่ทำการศึกษา โดยเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นแบบบันทึกค่าได้ และอ่านค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องวัด ดิจิตอลมิเตอร์ที่มีการติดตั้งเพื่อบันทึกการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง และทำการปิด เครื่องปรับอากาศ ในช่วงเวลา (12.00 -13.00 น.) และทำการปิดประตู ทางเดินเข้าออกดังแสดง รายละเอียดข้อมูลในภาคผนวก ก

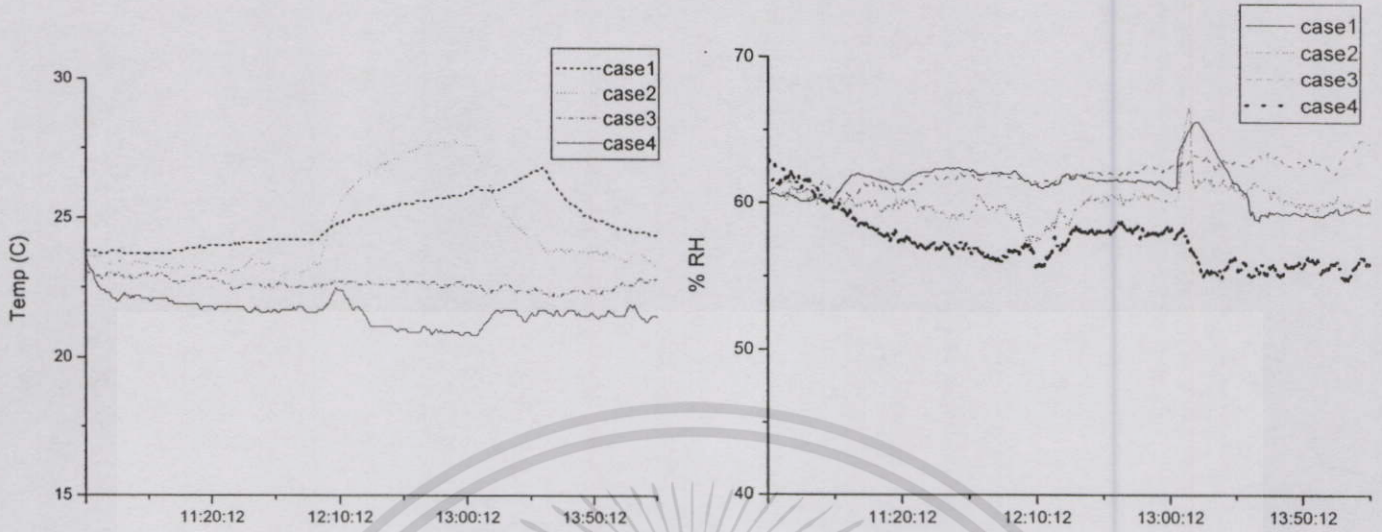
ผลการตรวจวัด

กรณีที่ 1 ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดประตูทางเดิน (Case1)

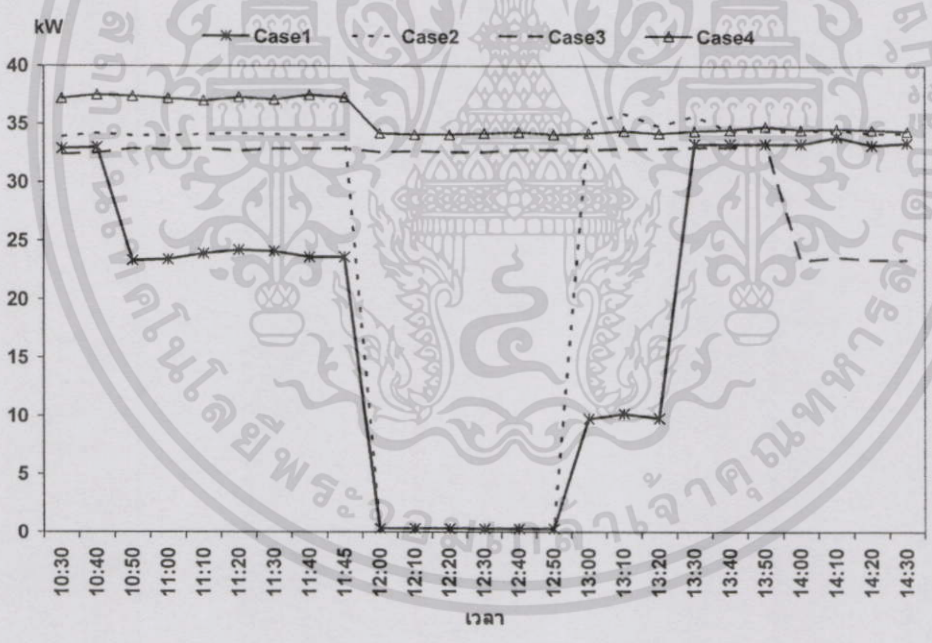
กรณีที่ 2 ปิดเครื่องปรับอากาศ เปิดประตูทางเดิน (Case2)

กรณีที่ 3 เปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดประตูทางเดิน (Case3)

กรณีที่ 4 เปิดเครื่องปรับอากาศ เปิดประตูทางเดิน (Case4)



รูปที่ 5.3 แสดงการกระจาย ก) อุณหภูมิ ข) ความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 5.4 แสดงการเกิดค่า กิโลวัตต์ในทุกรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า พลังงาน ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี

	kWh	kWh		
กรณี	10.30 น.	14.30	kWh แยกต่าง	ค่าใช้จ่ายต่อวัน*
1	84,131.06	84,208.02	76.96	290.14
2	85,357.7	85,464.55	106.85	402.82
3	84,801.35	84,926.47	125.12	471.70
4	85,071.61	85,213.58	141.97	535.23

* หมายเหตุ 1. ประเมินค่าไฟฟ้าหน่วย ละ 3.77 บาท(ค่าไฟฟ้าปีงบประมาณ 2549)
2. พิจารณาพลังงานไฟฟ้า จาก 10.30 น. ถึง 14.30 น.

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 10.30 น. ถึง 14.30 น. แต่ละกรณี

กรณี	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (บาทต่อวัน)	ผลต่างเมื่อคิดกรณีที่ 1 เป็นเกณฑ์(บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)*	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)*
1	290.14	-	-	-
2	402.82	112.68	2,478.96	29,747.52
3	471.70	181.56	3,994.32	47,931.84
4	535.23	245.09	5,391.98	64,703.76

* หมายเหตุ 1. คิดวันทำการที่ 22 วันต่อเดือน และ 264 วันต่อปี

5.2 ลดการถ่ายเทความร้อนอันเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องแสง

อาคารสำนักงานอธิการบดี เป็นอาคารที่ค่าความเป็นฉนวนของกรอบอาคารต่ำ ทำให้มีความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในอาคารเกิดค่ามาตรฐานที่กฎกระทรวง พ.ศ. 2538 กำหนดไว้ (55 w_h /ตารางเมตร สำหรับอาคารเก่า และไม่เกิน 45 w_h /ตารางเมตร สำหรับอาคารใหม่) กล่าวคือ อัตราความร้อนที่เข้าสู่อาคารส่วนใหญ่ผ่านเข้าทางผนัง โปร่งแสงของอาคารแต่ละด้าน ทำให้การปรับอากาศของอาคารสูง ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานในระบบปรับอากาศ

ส่วนประกอบของผนัง โปร่งแสงทั้งหมดมีลักษณะและความหนาแตกต่างกัน ดังนั้นถ้ามีการติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่กระจกเพื่อลดปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนัง โปร่งแสง (SC) ลดลง ส่งผลให้ค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารโดยผ่านกรอบอาคารมีค่าลดลง เป็นผลทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 31,872.52 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น 86,895.89 บาท / ปี

ฟิล์มกรองแสงที่ใช้ควรมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ไม่เกิน 0.29 และค่าการ

สะท้อนแสง (Reflectance) ไม่เกิน 30% โดยใช้สีให้กลมกลืนกับสีของกระจกเดิม สำหรับอาคาร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังนี้มีพื้นที่กระจกหรือผนังโปร่งแสงของบริเวณที่มีการปรับอากาศเฉพาะอาคารที่มีค่า OTTV เกินค่ามาตรฐานและเฉพาะด้านที่จะดำเนินการติดตั้งฟิล์มกรองแสงมีค่ารวม 876.20 ตารางเมตร แต่ต้องใช้วัสดุในการติดตั้งจริง 920.07 ตารางเมตร ค่าวัสดุรวมค่าแรง 700.00 บาท/ตารางเมตร รวมเป็นเงินลงทุน 644,049.00 บาท ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (7 เปอร์เซ็นต์ ของค่าวัสดุรวมค่าแรง) 45,083.43 บาท รวมเป็นเงินลงทุนในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความร้อนผ่านกรอบอาคาร (ส่วนกลาง) ทั้งสิ้น 689,132.43 บาท ระยะเวลาคืนทุน 7.93 ปี

การทดลองศึกษาเพื่อจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อพิจารณาเลือกแนวทางในการเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนชนิดของกระจกและการติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่ใช้ในอาคารมีรายละเอียดดังตาราง 5.6

ตารางที่ 5.6 แสดงรายละเอียดในการทดลองศึกษาจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงชนิดกระจกที่ใช้ในอาคาร

วิธีปรับปรุงกระจกอาคาร	ประเภทกระจก (หนา 6 มม.)	ค่า SC	U-Value (W/m ² -K)	Light Transmittance (%)	ราคาในการติดตั้งใหม่ (บาท/ตร.ม.)
อาคารกรณีศึกษา	กระจกใส 5 มม.	0.97	6.840	89	-
	กระจกฉนวน 6 มม.	0.19	4.760	38	-
วิธีที่ 1	กระจกสีชา	0.64	6.270	38	330.00
วิธีที่ 2	กระจกสีฟ้า	0.68	6.210	58	550.00
วิธีที่ 3	กระจกสีเขียว	0.65	6.230	72	550.00
วิธีที่ 4	กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	0.28	5.030	14	750.00
วิธีที่ 5	กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	0.26	5.150	8	950.00
วิธีที่ 6	ติดฟิล์มกรองแสง	>0.29	4.985	6	700.00

จากแนวทางในการปรับปรุงอาคารทั้งหมด เมื่อทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษา พบว่า แต่ละวิธีสามารถลดค่าภาระปรับเป็นรายปีได้ 3.26 – 8.71% จากวิธีที่ 5-6 สามารถลดค่าภาระปรับเป็นรายปีได้มากใกล้เคียงกันประมาณ 8% ดังตารางที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ค่าการปรับขึ้นสูงสุด เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารและติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณศึกษา

รายละเอียดอาคาร		การปรับขึ้นสูงสุด	
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคาร กรณศึกษา
อาคารกรณศึกษา	62.93	161.41	100%
1. กระจกสีชา	56.12	158.08	97.94%
ลดจากอาคารเดิม	6.81	3.32	2.06%
2. กระจกสีฟ้า	57.20	158.60	98.26%
ลดจากอาคารเดิม	5.73	2.80	1.74%
3. กระจกสีเขียว	56.35	158.21	98.02%
ลดจากอาคารเดิม	6.58	3.19	1.98%
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	43.95	153.26	94.95%
ลดจากอาคารเดิม	18.98	8.15	5.05%
5. กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	43.54	152.87	94.71%
ลดจากอาคารเดิม	19.39	8.54	7.92%
6. ติดฟิล์มกรองแสง	44.68	153.20	95.35%
ลดจากอาคารเดิม	20.23	8.33	8.71%

จำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารเมื่อทดลองเปลี่ยนกระจกพบว่า แต่ละวิธีสามารถลดค่าไฟฟ้าลงไปได้ประมาณ 3.26 – 8.71% มีผลดังตารางที่ 5.7 โดยวิธีที่ 5 และ 6 สามารถลดค่าไฟฟ้ารายปีได้ 1.92% และ 4.65% ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบการใช้พลังงานรายปี เมื่อทำการเปลี่ยนกระจกที่ใช้ในอาคารและติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณศึกษา

รายละเอียดอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปี		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับ อาคารกรณศึกษา	ค่าไฟฟ้าราย ปี
อาคารกรณศึกษา	62.93	346,486.00	100%	955,307.60
1. กระจกสีชา	56.12	344,204.00	99.34%	958,717.39
ลดจากอาคารเดิม	6.81	2,282.00	0.66%	6,590.21
2. กระจกสีฟ้า	57.20	344,551.00	99.44%	960,030.85
ลดจากอาคารเดิม	5.73	1,935.00	0.56%	5,276.75
3. กระจกสีเขียว	56.35	344,335.00	99.38%	959,044.01
ลดจากอาคารเดิม	6.58	2,151.00	0.62%	6,263.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 (ต่อ)

รายละเอียดอาคาร		พลังงานไฟฟ้ารายปี		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับ อาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้าราย ปี
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	43.95	340,190.00	98.18%	946,914.14
ลดจากอาคารเดิม	18.98	6,296.00	1.82%	18,393.46
5. กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	43.54	339,855.00	98.09%	945,928.81
ลดจากอาคารเดิม	19.39	6,631.00	1.91%	19,378.79
6. ติดตั้งฟิล์มกรองแสง	44.68	339,945.00	98.23%	938,050.14
ลดจากอาคารเดิม	20.23	6,402.00	4.65%	25,085.90

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกของอาคาร และติดตั้งฟิล์มกรองแสงให้กับกระจกชนิดกรณีศึกษา

รายละเอียดอาคาร		การปรับอื่นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
วิธีการปรับปรุง	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับ อาคารกรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับ อาคารกรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้า รายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลาคืน ทุน (ปี)	มูลค่าอาคาร สะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	161.41		346,486.00		955,307.60			6,333,719.00
1. กระจกสีชา	56.12	158.08	97.94%	344,204.00	99.34%	958,717.39	154,103.00	23.36	6,444,582.00
ลดจากอาคารเดิม	6.81	3.32	2.06%	2,282.00	0.66%	6,590.21			
2. กระจกสีฟ้า	57.20	158.60	98.26%	344,551.00	99.44%	960,030.85	273,823.00	51.81	6,572,920.00
ลดจากอาคารเดิม	5.73	2.80	1.74%	1,935.00	0.56%	5,276.75			
3. กระจกสีเขียว	56.35	158.21	98.02%	344,335.00	99.38%	959,044.01	273,823.00	43.71	6,586,444.00
ลดจากอาคารเดิม	6.58	3.19	1.98%	2,151.00	0.62%	6,263.59			
4. กระจกสะท้อนแสงสีเงิน	43.95	153.26	94.95%	340,190.00	98.18%	946,914.14	367,743.00	19.99	6,680,778.00
ลดจากอาคารเดิม	18.98	8.15	5.05%	6,296.00	1.82%	18,393.46			
5. กระจกสะท้อนแสงสีน้ำเงิน	43.54	152.87	94.71%	339,855.00	98.09%	945,928.81	459,663.00	23.71	6,566,231.00
ลดจากอาคารเดิม	19.39	8.54	5.29%	6,631.00	1.91%	19,378.79			
6. ติดฟิล์มกรองแสง	44.68	153.20	95.35%	339,945.00	98.23%	938,050.14	689,132.00	7.93	7,769,214.00
ลดจากอาคารเดิม	20.23	8.33	8.12%	6,402.00	4.65%	25,085.90			

ผลการจำลองสภาพการใช้งานอาคาร เพื่อเลือกติดตั้งกระจกที่เหมาะสม โดยพิจารณาทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ หากใช้ระยะเวลาคืนทุนพิจารณาพบว่ากระจกที่เหมาะสมคือ การติดฟิล์มกรองแสง ข้อพึงสังเกตก็คือ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละทางเลือกไม่ว่าเลือกใช้กระจกแบบใด มีผลช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้น้อยคือไม่เกิน 2% ดังนั้นอาจไม่จำเป็นต้องปรับปรุงอาคารส่วนของการเปลี่ยนกระจก แต่ควรมุ่งเน้นในเรื่องของการติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 4.65%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบส่องสว่าง ด้วยการเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบ ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

เนื่องจากภายในอาคารมีการใช้พลังงานในระบบส่องสว่างที่มีปริมาณสูง คิดเป็นร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และจากการสำรวจพบว่าอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์มีการใช้โคมไฟฟ้าจำนวนมาก โดยรวมใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาและชนิดขดลวดแกนเหล็กธรรมดาแบบค่าประกอบกำลังสูง ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในแกนเหล็กสูง ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง(Low Loss Ballast) แทนการใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดชนิดเดิม โดยมีการส่องสว่างเท่าเดิมและมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น

บัลลาสต์ธรรมดา ทำให้เกิดความร้อนสูงในแกนเหล็ก ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยสูญเสีย คิดเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียประมาณ 10 วัตต์ต่อตัว แต่ถ้าเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะทำให้ไม่มีพลังงานสูญเสียเลย จึงเป็นการลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 5.10 แสดงจำนวนการเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงในอาคารสำนักงานอธิการบดี

ลำดับที่	ขนาด บัลลาสต์ (วัตต์)	ชนิดบัลลาสต์ที่ติดตั้ง		จำนวน (ตัว)
		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
1	36	MB	LB	5,964
2	18	MB	LB	34
3	36	HFB	LB	1,856
รวม				7,854

หมายเหตุ : HFB หมายถึง บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กธรรมดาแบบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง
MB หมายถึง บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา
LB หมายถึง บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 5.11 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคารที่ใช้บัลลาสต์ขดลวด
แกนเหล็กแบบธรรมดาชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	บริเวณ	แสงสว่าง	ระบบปรับอากาศ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	ผลรวม
		(kWh/ปี)	(kWh/ปี)	(kWh/ปี)	(kWh/ปี)
1	ชั้น 1	16,396.00	41,780.00	39,506.00	97,682.00
2	ชั้น 2	26,295.00	48,138.00	53,304.50	127,737.50
3	ชั้น 3	23,005.00	48,295.00	28,968.00	100,268.00
4	ชั้น 4	7,044.00	19,759.00	9,217.00	36,020.00
5	ชั้น 5	4,294.00	37,553.00	17,934.50	59,781.50
6	ชั้น 6	5,628.00	11,262.00	9,729.00	26,619.00
7	ชั้น 7	12,224.00	26,846.00	39,839.00	78,909.00
8	ชั้น 8	1,010.00	16,781.00	2,946.50	20,737.50
9	ชั้น 9	890	10,521.00	1,293.50	12,704.50
10	ชั้น 10	877	9,872.00	1,194.00	11,943.00
รวม		97,663.00	270,807.00	203,932.00	572,402.00

ตารางที่ 5.12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคาร หลังจากการ เปลี่ยนเป็น
บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	บริเวณ	แสงสว่าง	ระบบปรับอากาศ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	ผลรวม
		(kWh/ปี)	(kWh/ปี)	(kWh/ปี)	(kWh/ปี)
1	ชั้น 1	14,543.25	37,058.86	35,041.82	86,643.93
2	ชั้น 2	23,323.67	42,698.41	47,281.09	113,303.16
3	ชั้น 3	20,405.44	42,837.67	25,694.62	88,937.72
4	ชั้น 4	6,248.03	17,526.23	8,175.48	31,949.74
5	ชั้น 5	3,808.78	33,309.51	15,907.90	53,026.19
6	ชั้น 6	4,992.04	9,989.39	8,629.62	23,611.05
7	ชั้น 7	10,842.69	23,812.40	35,337.19	69,992.28
8	ชั้น 8	895.87	14,884.75	2,613.55	18,394.16
9	ชั้น 9	789.43	9,332.13	1,147.33	11,268.89
10	ชั้น 10	777.90	8,756.46	1,059.08	10,593.44
รวม		86,627.08	240,205.81	180,887.68	508,044.48
ผลของการประหยัดพลังงาน					
พลังงานไฟฟ้าลดลง		11,035.92	30,601.19	23,044.32	64,357.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบส่องสว่างไฟฟ้าใช้งานในปัจจุบันส่วนใหญ่ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดขดลวดธรรมดา หากทำการปรับปรุงโดยเปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงจะสามารถลด กำลังไฟฟ้าลงได้ 4.5 วัตต์ต่อหลอด สำหรับขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ ตามลำดับ โดยที่ความสว่าง ยังคงเดิม ซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าเมื่อมีการปรับปรุงทั้งหมดแล้วจะมีผลทำให้ประหยัด พลังงานไฟฟ้าได้ 64,357.20 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 220,375.34 บาท/ปีปรับปรุงโดยการ เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ จำนวน 7,854 ตัวรวมเป็นเงินค่าอุปกรณ์เปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงเป็นเงิน 942,480.00 บาท ค่าแรงในการเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงเป็นเงิน 235,620.00 บาท ภาษีมูลค่าเพิ่มเป็นเงิน 82,467.00 บาท รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 1,260,567.00 บาท ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5.72 ปี

5.4 การเลือกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร เพื่อวางแผนแนวทางการปรับปรุง อาคารที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการหาวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในครั้งนี้ คือ การพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงอาคารที่ทำให้ตัวอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคารกำหนด และปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เมื่อพิจารณาการปรับปรุงองค์ประกอบของอาคาร โดยเลือกจากวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจำแนกแต่ละองค์ประกอบอาคารได้ดังนี้

องค์ประกอบแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม

1. หน้าต่างอาคาร ติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ไม่เกิน 0.29 และค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ไม่เกิน 30%
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง แทนบัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กชนิดธรรมดาและชนิดตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง
3. ระบบปรับอากาศ ทำการควบคุมการปิดเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวัน (12.00 น.-13.00 น.) ส่วนของการควบคุมการปิดเปิดเครื่องปรับอากาศ ให้มีการใช้งานตามความต้องการใช้จริง โดยการเลือกเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงานเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานที่เกินความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

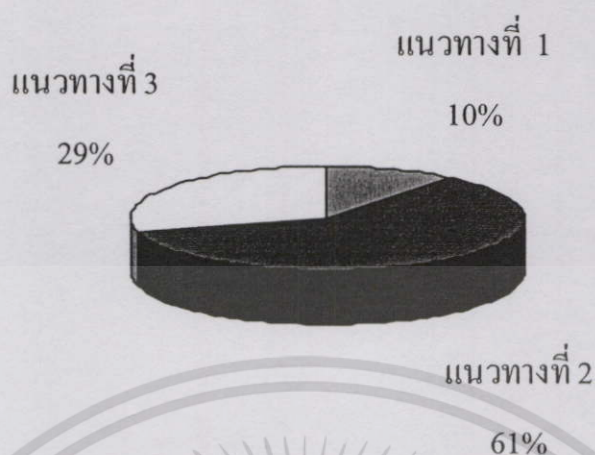
ตารางที่ 5.13 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบของทั้งอาคาร หลังการปรับปรุงและ
ควบคุมตามแนวทางที่เหมาะสม

ลำดับ	บริเวณ	แสงสว่าง (kWh/ปี)	เครื่องปรับอากาศ (kWh/ปี)	เครื่องใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)	รวมการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)
1	ชั้น 1	13,116.80	33,424.00	31,604.80	78,145.60
2	ชั้น 2	21,036.00	38,510.40	42,643.60	102,190.00
3	ชั้น 3	18,404.00	38,636.00	23,174.40	80,214.40
4	ชั้น 4	5,635.20	15,807.20	7,373.60	28,816.00
5	ชั้น 5	3,435.20	30,042.40	14,347.60	47,825.20
6	ชั้น 6	4,502.40	9,009.60	7,783.20	21,295.20
7	ชั้น 7	9,779.20	21,476.80	31,871.20	63,127.20
8	ชั้น 8	808.00	13,424.80	2,357.20	16,590.00
9	ชั้น 9	712.00	8,416.80	1,034.80	10,163.60
10	ชั้น 10	701.60	7,897.60	955.20	9,554.40
รวม		78,130.40	216,645.60	163,145.60	457,921.60

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร
แต่ละวิธี

แนวทาง	พลังงานที่ ประหยัดได้ (kWh/ปี)	ร้อยละ	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
แนวทางที่ 1	25,232.00	4.75	86,895.89	689,132.43	7.93
แนวทางที่ 2	145,864.00	20.32	220,375.00	1,260,567.00	5.72
แนวทางที่ 3	71,061.00	11.90	101,133.00	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงสัดส่วนของแนวทางต่างๆ ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า (%)

พบว่าแต่ละวิธีสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ระหว่าง 4.75– 9.11% อย่างไรก็ตามหากต้องการให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจะต้องพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงอาคารร่วมกันในหลายองค์ประกอบจากวิธีการปรับปรุงอาคารแต่ละองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสม โดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงครั้งนี้ ปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมอาคาร ปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ และปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด (ไม่คำนึงความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์) แล้วนำมาศึกษาในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระยะเวลาคุ้มทุน และมูลค่าสะสมอาคารอีกครั้งและสรุปเป็นแผนการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม

การพิจารณาวิธีการปรับปรุง เพื่อจัดลำดับความสำคัญของวิธีการปรับปรุง เพื่อนำมารวมเป็นแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยการให้คะแนนรวมแต่ละตัวแปร โดยอาศัยเกณฑ์จากมูลค่าสะสมอาคาร ระยะเวลาคุ้มทุน ลำดับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี และค่าก่อสร้างให้คะแนนเรียงลำดับจาก 1 ถึง 3 โดยวิธีที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเป็น 1 ได้ผลดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.15 การให้คะแนน เพื่อจัดลำดับวิธีการปรับปรุงที่ควรเลือกทำก่อน-หลัง

รายละเอียดอาคาร/แนวทางการปรับปรุง		ปริมาณ พลังงาน ไฟฟ้ารายปี	มูลค่าการ ก่อสร้าง	ระยะคืน ทุน	มูลค่าสะสม ของอาคารที่ ระยะ 10 ปี	คะแนน รวม
1. ช่องรับแสง	ติดตั้งฟิล์มกรองแสง	3	2	3	2	10
2. ระบบส่องสว่าง	ติดตั้งบัลลาสต์ขดลวด แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	1	3	2	3	9
3. ระบบปรับเย็น	ควบคุมการปิดเปิดเวลา พักเที่ยง	2	1	1	1	5

จากการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและการลำดับความสำคัญวิธีการปรับปรุงในอาคารกรณีศึกษาเมื่อทำการปรับปรุงแต่ละแนวทาง พบว่า แนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดคือแนวทางการปรับปรุงที่ 3 ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับเย็นให้เป็นไปตามความเหมาะสม สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ ประมาณ 8.25 % ส่วนแนวทางการปรับปรุงที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด คือ แนวทางการปรับปรุงที่ 2 ซึ่งเลือกทำการปรับปรุงอาคารเท่าที่จำเป็น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในอาคารได้ 9.11% มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี

ตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละวิธีการปรับปรุงจำแนกตามองค์ประกอบทาง

วิธีการปรับปรุง	รายละเอียดอาคาร			การปรับเย็นสูงสุด		พลังงานไฟฟ้ารายปี			ระบบการเงิน		
	OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	การใช้ พลังงาน ไฟฟ้าใน ระบบแสง สว่าง (วัตต์/ตร.ม.)	ปริมาณ (กิโลวัตต์)	ร้อยละเทียบกับอาคาร กรณีศึกษา	ปริมาณ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ร้อยละเทียบกับอาคาร กรณีศึกษา	ค่าไฟฟ้า รายปี	ค่าติดตั้ง (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)	มูลค่าอาคาร สะสมในปีที่ 10
อาคารกรณีศึกษา	62.93	15.26	17.51	161.41		346,486.00		965,307.60			6,333,719.00
แนวทางการปรับปรุงที่ 1 ลดจากอาคารเดิม	44.16	13.75	8.75	104.07	64.48%	290,644.00	83.88%	813,354.70	737,593.00	7.93	5,874,296.00
แนวทางการปรับปรุงที่ 2 ลดจากอาคารเดิม	44.16	15.26	8.75	106.15	65.77%	290,867.00	83.95%	813,973.29	652,139.00	5.72	6,074,296.00
แนวทางการปรับปรุงที่ 3 ลดจากอาคารเดิม	44.16	13.75	8.75	107.26	66.45%	293,678.00	84.76%	822,388.86	592,941.00	-	5,188,921.00
	18.77	1.51	8.76	54.15	33.55%	52,808.00	8.63%	142,918.74			

จากผลการศึกษารูปได้พบว่า แนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้ 2 แนวทาง โดยหากพิจารณาจากศักยภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุดควรเลือกปรับปรุงในแนวทางการปรับปรุงรวมทั้ง 2 ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีลงได้ 9.11% เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุด เลือกใช้การปรับปรุงในแนวทางที่ 3 ที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ 8.63 % โดยไม่ต้องอาศัยระยะเวลา

คืนทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้แยกการศึกษาเป็น การประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร กระจกกระจก และศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อปรับปรุง อาคารกระจกกระจกให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร กระจกกระจก จากผลการศึกษาในบทที่ 4 และ บทที่ 5 สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

6.1 การประเมินและวิเคราะห์อาคารกระจกกระจก

จากการสำรวจ วิเคราะห์อาคาร สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1 ปัญหาภายในอาคารกระจกกระจก

อาคารกระจกกระจกมีปัญหาที่ต้องปรับปรุง ดังนี้

1. ช่องรับแสงไม่มีการติดฟิล์มกรองแสงทำให้เกิดการส่งผ่านความร้อนเข้ามาสู่ระบบ
2. ในระบบการส่องสว่างมีการใช้บัลลาสต์คุณภาพต่ำ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน มากขึ้นและส่งผลให้เกิดความร้อนในระบบปรับเย็น
3. มีการใช้ระบบปรับเย็นเกินความต้องการที่ใช้จริง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในระบบ ปรับอากาศมากเกินไปจนความจำเป็น

6.1.2 องค์ประกอบของอาคารต้องทำการปรับปรุง

จากข้อมูลทั้งหมดประมวลเป็นทางเลือกและตัวแปรที่จะต้องทำการพิจารณาเพื่อปรับปรุง อาคารได้ดังนี้

1. ลดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกอาคารส่วนช่องแสง โดยการติดฟิล์ม กรองแสงที่มี ค่าสัมประสิทธิ์บังแดดที่ต่ำกว่า 0.29
2. ลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบส่องสว่าง ด้วยการเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบ ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง
3. ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ด้วยการจัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ในอาคารให้เป็นไปตามความต้องการจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อได้วิธีการปรับปรุงแต่ละองค์ประกอบอาคารที่ควรทำการปรับปรุงในอาคาร จึงได้ทำการทดลองศึกษาแต่ละวิธีการปรับปรุง เพื่อเสนอเป็นแผนการปรับปรุงอาคาร สามารถ สรุปวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคารที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ได้ดังนี้

องค์ประกอบอาคาร	วิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม
1. ช่องรับแสง	ติดตั้งฟิล์มกรองแสง
2. ระบบส่องสว่าง	ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดหลอดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง
3. ระบบปรับเย็น	ควบคุมการปิดเปิดเวลาพักเที่ยง

แผนการปรับปรุงที่ 1

วิธีการปรับปรุง

ผลการปรับปรุง

ลักษณะการปรับปรุงอาคาร

ติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำกว่า 0.29 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 4.75% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 86,895.00 บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 689,132.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 7.93 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 2

วิธีการปรับปรุง

ผลการปรับปรุง

ลักษณะการปรับปรุงอาคาร

ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดหลอดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงแทนบัลลาสต์ชนิดหลอดแกนเหล็กชนิดธรรมดาและชนิดตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 9.11 % คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 1,260,567.00บาท โดยมีค่าการปรับปรุงที่ 220,375.00 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 5.72 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 3

วิธีการปรับปรุง

ผลการปรับปรุง

ลักษณะการควบคุมการใช้งาน

ควบคุมการปิดเปิดเครื่องปรับอากาศในตอนพักเที่ยง เพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับเย็นที่เกินความจำเป็น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีในอาคารได้ 8.63% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 101,133.00 บาท โดยไม่มีค่าการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการพิจารณาปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้น จะต้องทำการพิจารณาอัตราส่วนการใช้พลังงานในอาคารและค่อยทำการศึกษหาแนวทางการปรับปรุงตามตัวแปรที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น
2. หากอาคารใช้พลังงานมากในส่วนการปรับอากาศควรพิจารณาว่ามีแหล่งความร้อนที่เข้ามาในอาคารจากแหล่งใดและทำการควบคุมที่ต้นกำเนิดของแหล่งความร้อนก่อน สำหรับอาคารสำนักงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาโดยมากการถ่ายเทความร้อนมักจะมาจากระบบเปลือกอาคาร
3. นอกจากการปรับปรุงที่ปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของอาคารการปรับปรุงด้วยการจัดแบ่ง zone ที่ควบคุม ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยก็ควรนำมาพิจารณาดูด้วยเช่นกัน
4. ในบางครั้งแนวทางการปรับปรุงอาคารที่สามารถลดการใช้พลังงานได้มากที่สุดก็อาจจะไม่ใช่แนวทางการปรับปรุงอาคารที่ดีที่สุดหากพิจารณาในด้านความคุ้มค่าต่อการลงทุนและระยะการคืนทุนเบื้องต้น
5. การออกแบบอาคารในอนาคต (ในกรณีที่อาคารปรับอากาศ) สิ่งที่สถาปนิกควรพิจารณาเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานก็คือ ระบบเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยเฉพาะวัสดุผนังอาคาร ระบบการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพในอาคาร ซึ่งต้องสอดคล้องกับการใช้งาน โดยเฉพาะเรื่องของการกันการรั่วไหลของอากาศภายนอกที่เข้าสู่อาคาร รวมทั้งควรทำความเข้าใจในลักษณะการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร และหากมีการพิจารณาการจัดพื้นที่ใช้สอยอาคารและระบบอาคารให้สอดคล้องกับการใช้งานอาคารก็สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร และลดภาระปรับเย็นในอาคารได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

มีข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

1. ควรทำการศึกษาด้านประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานเมื่อทำการปรับลดค่า window to wall ratio ของอาคารประเภท window and wall ต่อไปว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร หรืออาจจะเป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการปรับผนังอาคารต่อค่าพลังงานที่ผ่านเข้ามา เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบต่อไปในอนาคต
2. ควรทำการศึกษาผลของการนำอากาศภายในห้องมาหมุนเวียนใช้ในส่วนที่ไม่ปรับอากาศ แล้วใช้การแบ่ง zone ในอาคารให้เป็น control zone semi-control และ uncontrolled zone ว่าจะมีผลเช่นไรต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากการจัดการ โดยที่แทบจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากผลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ infiltration เป็นสิ่งที่มีผลต่อ
ภาระการปรับอากาศที่สูงและส่งผลกระทบต่อปริมาณขนาดเครื่องปรับอากาศ แต่ทั้งนี้ได้จากการประมาณ
ค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎี จึงควรทำการวิจัยในรายละเอียดต่อไป เพื่อความแม่นยำของการคาดคะเนต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ. 2538. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ. 2541. รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารควบคุม.

กรุง กุลชาติ. 2539. การจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น : กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทมกฤษ ชูเกียรติมัน. 2539. การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษา :

อาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล. 2539. การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดภาระการทำความเย็น : กรณีศึกษาอาคารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ธนิต จินดาวงศ์, ผศ. 2540. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวิช ควรประเสริฐ. 2537. ประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในสำนักงานทั่วไป.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิชัย อธิธิวิศกุล. 2539. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิทธิชัย วุฒิวรวงศ์. 2539. การปรับปรุงผนังอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน : กรณีศึกษา อาคารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541. โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารประกอบการสัมมนา .

American Society to Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. ASHRAE Handbook Fundamental. Atlanta, 1997.

Asian Development Bank. Energy Efficiency References for Asian Use. Manila : Asian Development Bank, 1997

Chainuwat Prijyanonda. A Methodology for Retrofitting The AIT Library Building for Energy Conservation. Master's Thesis. AIT., 1996.

Davis Sam. Designing for energy Efficiency : A Study of Eight California State Office Building. (n.p.) : 1989.

Eric Hirst. Jeanne Clinton Howard Geller and Walter Kroner. Energy Efficiency in Buildings : Progress and Promise. Washington D.C. , 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

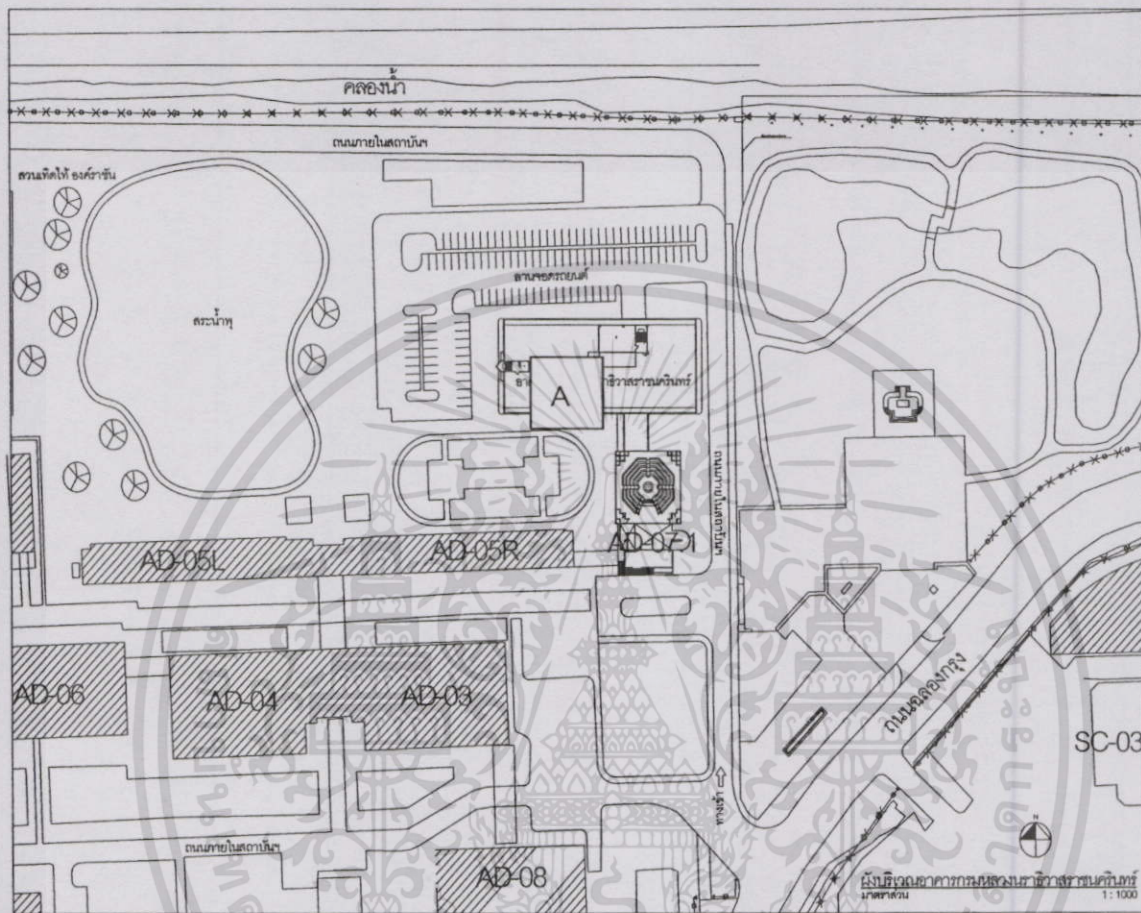
- Gray O. Robinette. **Energy Efficient Site Design**. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1983.
- Hopkinson R.G. , Peterbridge and Longmore J. **Daylighting**. London : Heinemann, 1966.
- Item Systems. **DOE-PLUS User's Manual**,.(n.p.) : 1992.
- James A. Powell. Ian Cooper and Sabastian Lera. **Design for Building Utilization**, Cambridge : University Press, 1984.
- Milton Meckler, P.E. **Retrofitting of Buildings For Energy Conservation**. 2nd Edition. Liburn : The Fairmont Press, 1994.
- Reynolds J.S. Stein Benjamin. **Mechanical and Electrical Equipment for Building**. 8th Edition. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- Thanit Chindavanig. **THE USE OF COMPUTER SOFTWARES IN THE DESIGN OF ENERGY CONSCIOUS BUILDING**. Bangkok : Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 1998 (COPY)
- Victor Olgyay. **Design With Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1992.
- William T. Meyer, AIA. **Energy Economics and Building Design**. New York : McGraw-Hill Book Co., 1983.
- Building Energy Management Systems : an Application to Heating And Control**, .(n.p.) : 1992.
- Energy for Building : Improving Energy Efficiency in Construction and in The Production of Building Materials in Developing countries.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

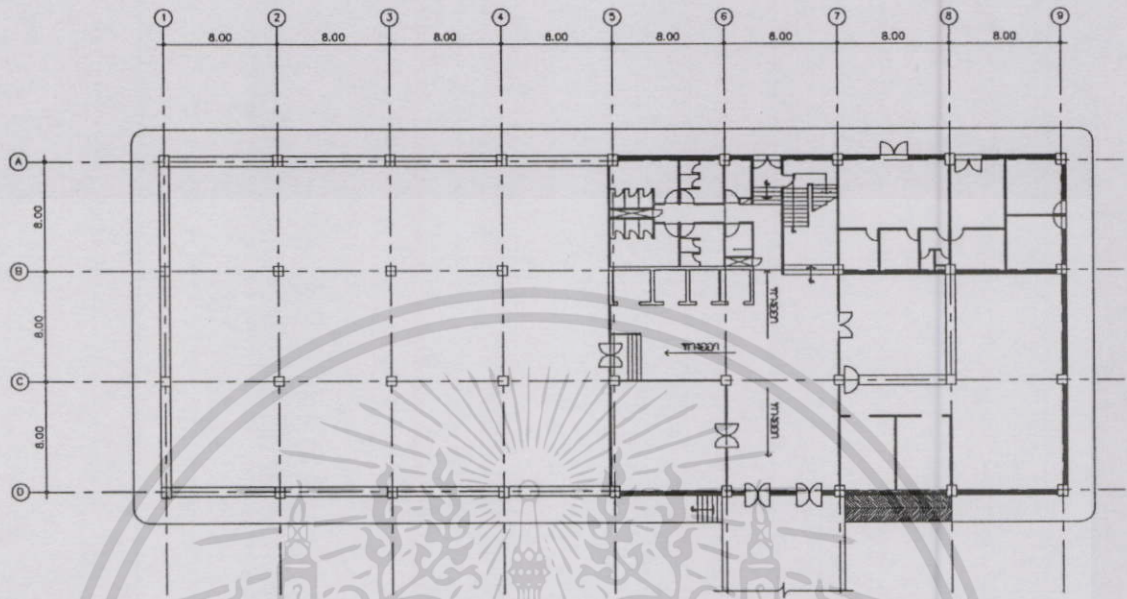
ผังบริเวณอาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์



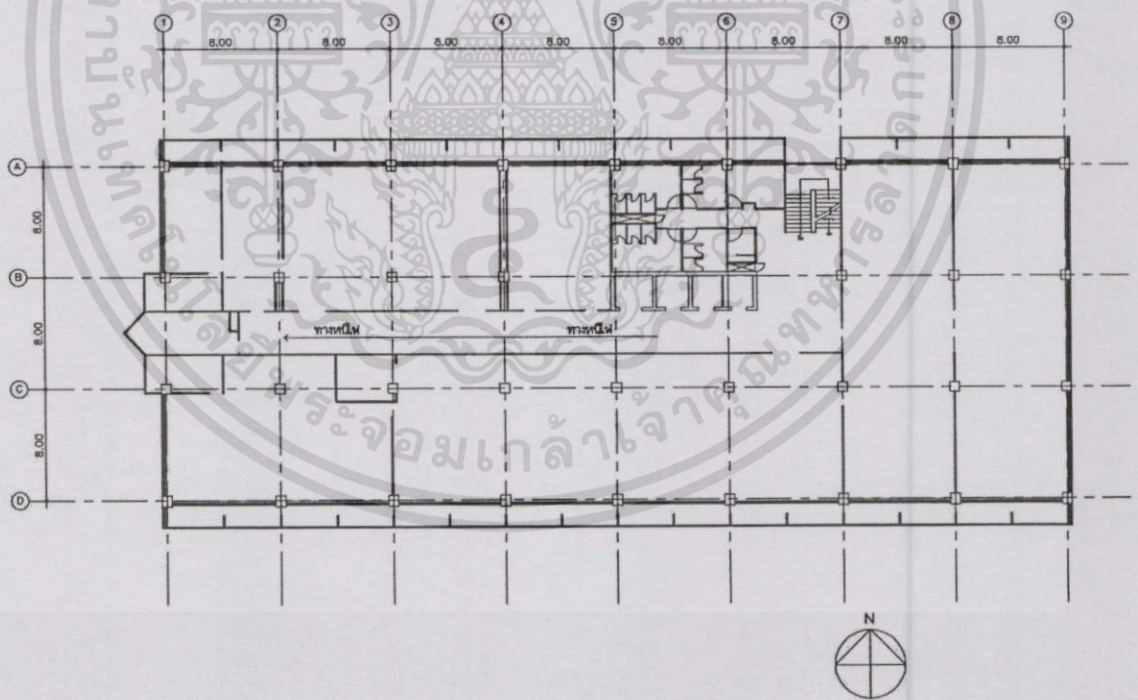
A อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์มีแผนผังชั้นต่างๆ ดังนี้
ชั้น 1

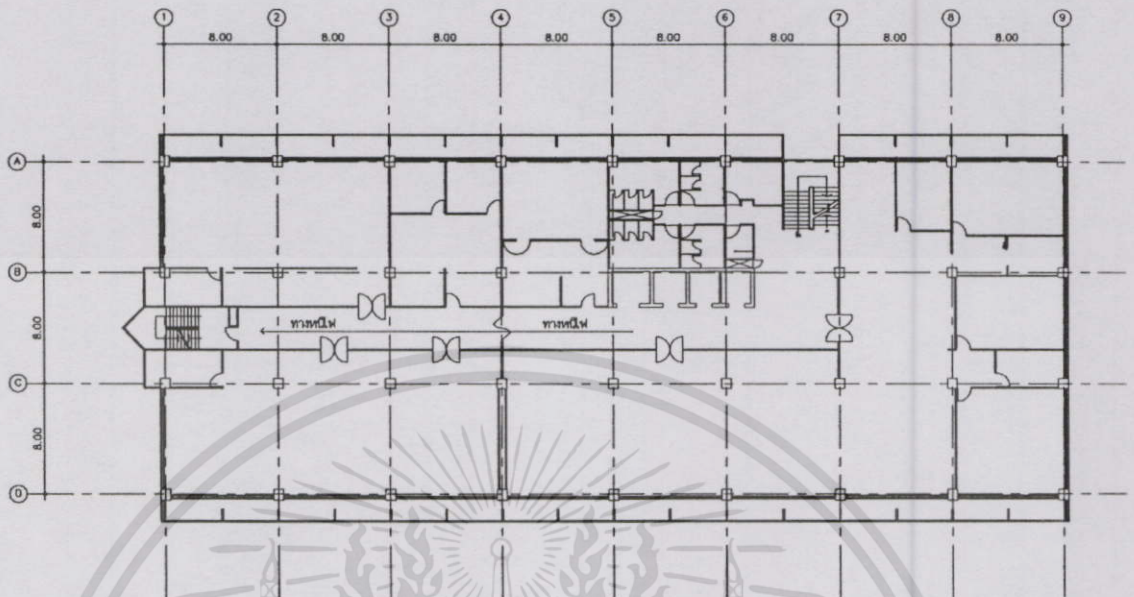


ชั้น 2

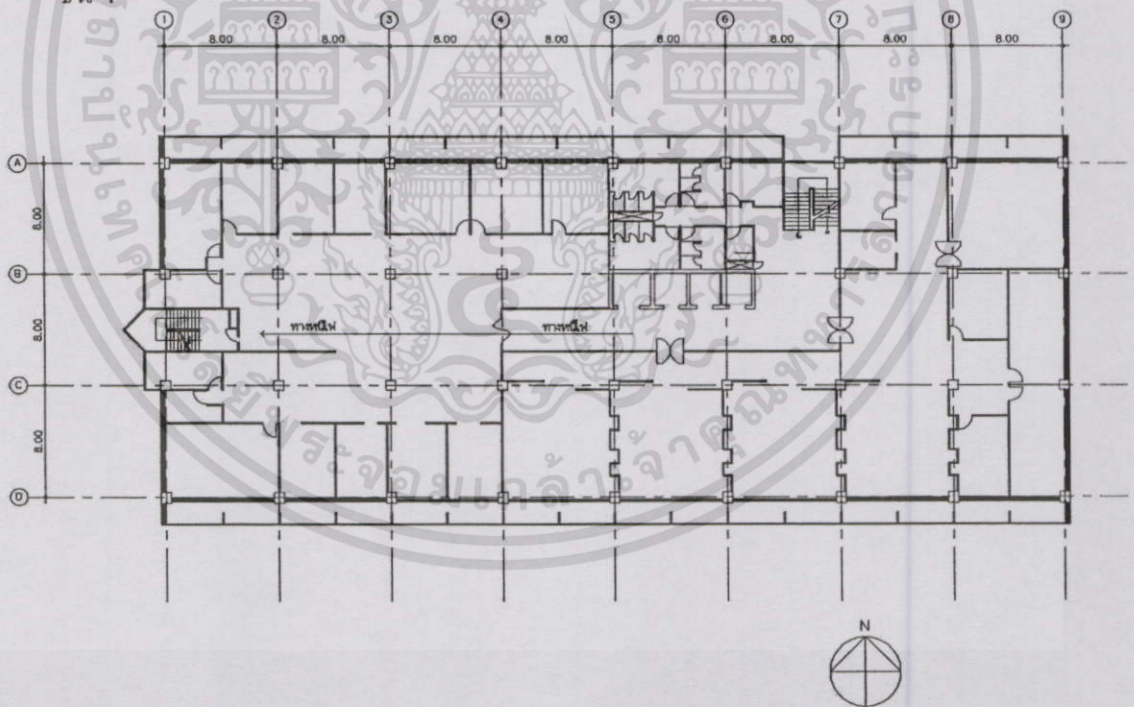


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 3

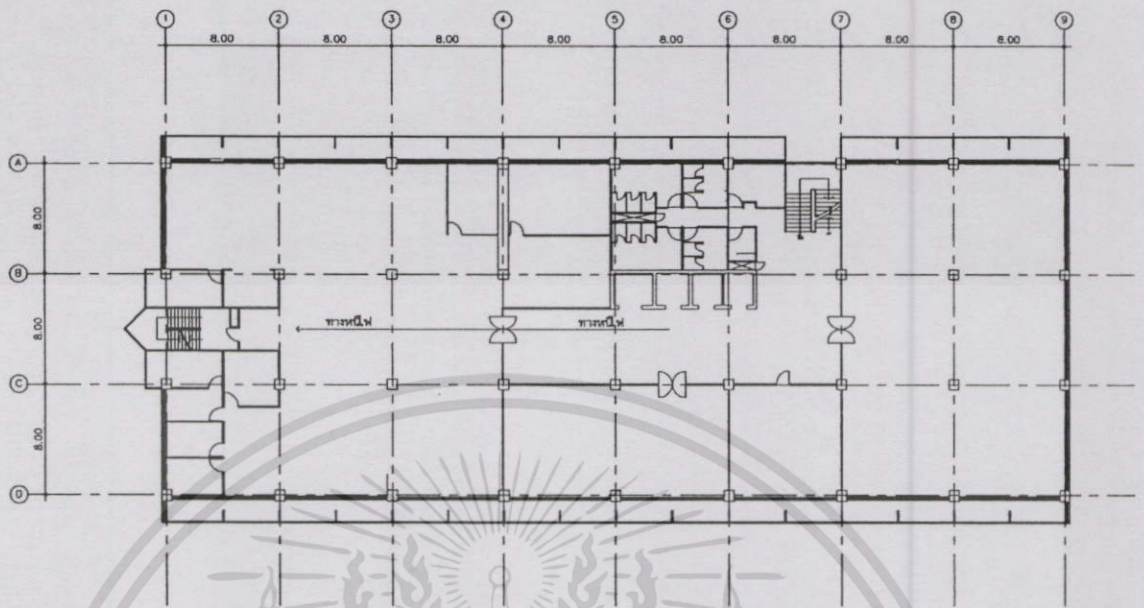


ชั้น 4

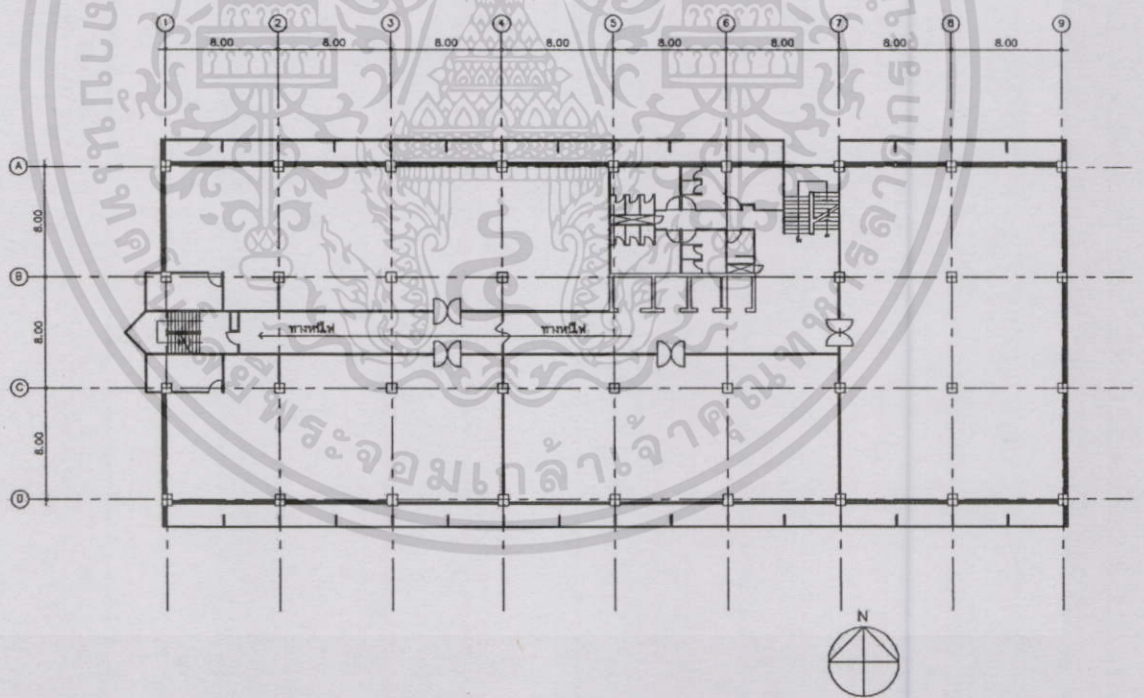


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 5

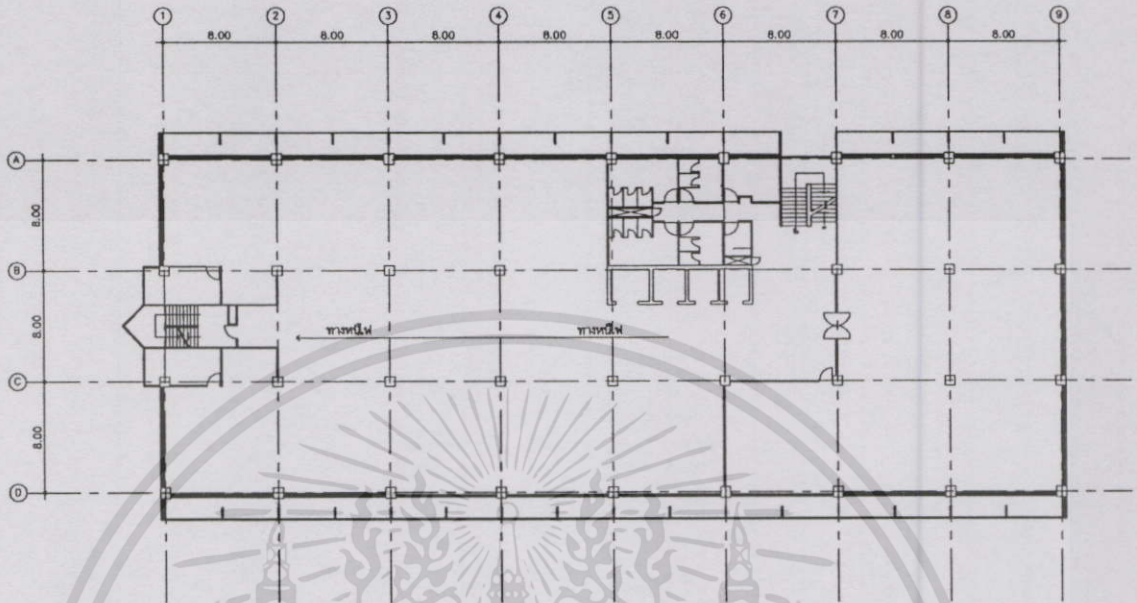


ชั้น 6

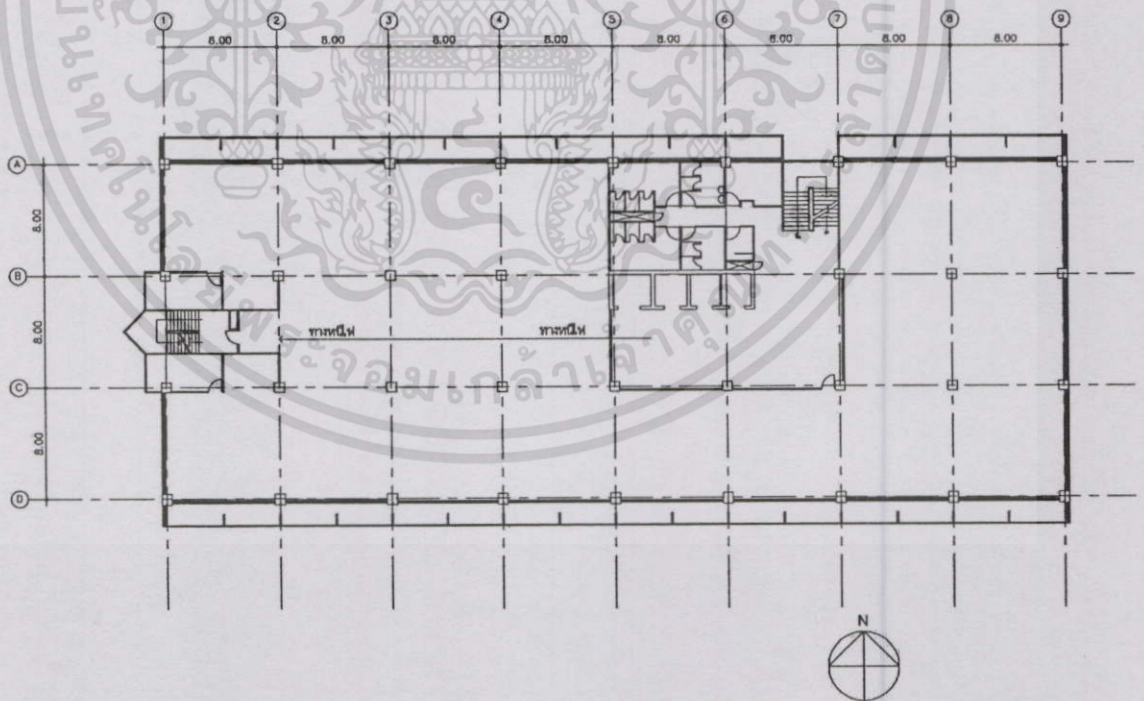


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 7

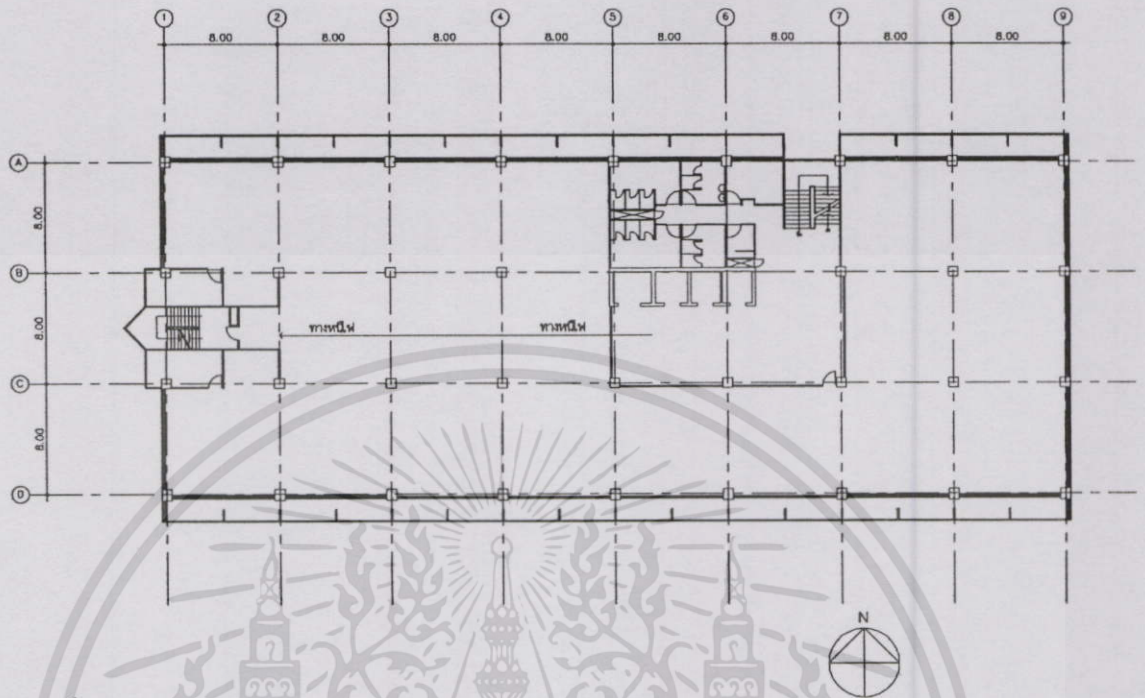


ชั้น 8

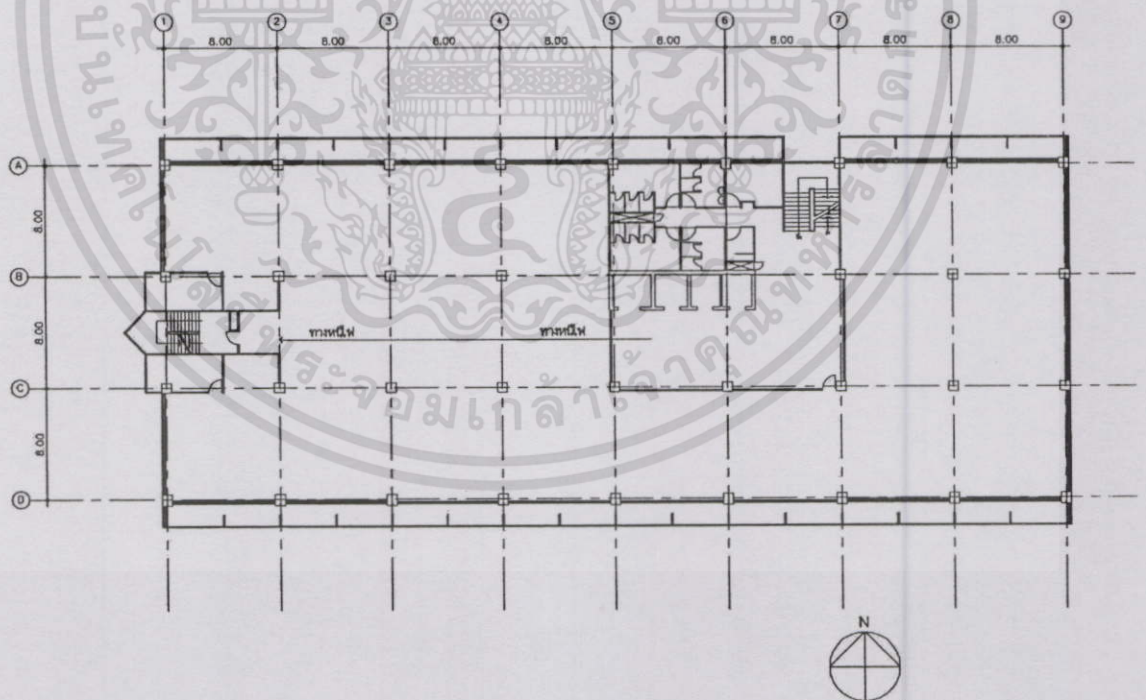


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 9



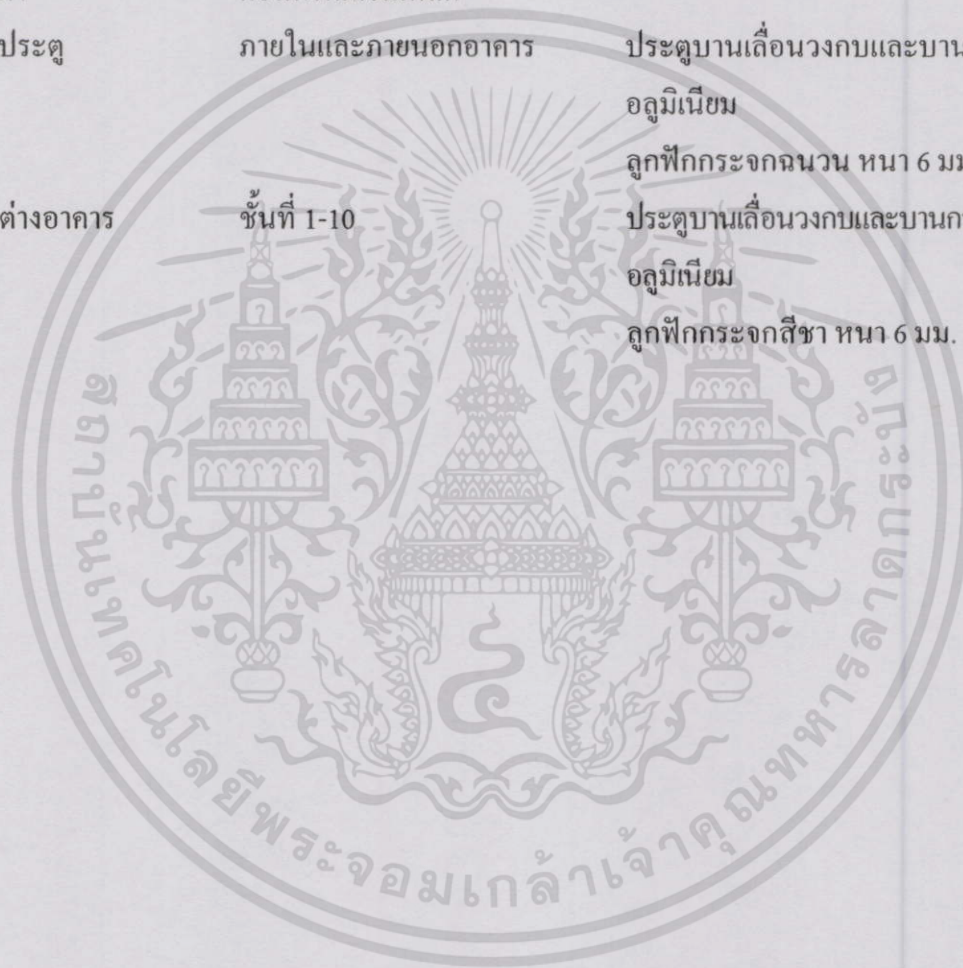
ชั้น 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างอาคาร

เสาและคาน พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นชั้นที่ 1-10	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 ม. ปูด้วยหินอ่อน
ผนัง	ผนังภายนอกอาคาร ผนังภายในอาคารชั้นที่ 1-10	ผนังก่ออิฐฉาบปูนกรุกระเบื้องดินเผา ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบทาสี
หลังคา บานประตู	คอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในและภายนอกอาคาร	ประตูบานเลื่อนวงกบและบานกรอบ อลูมิเนียม ลูกฟูกกระจกฉนวน หนา 6 มม.
หน้าต่างอาคาร	ชั้นที่ 1-10	ประตูบานเลื่อนวงกบและบานกรอบ อลูมิเนียม ลูกฟูกกระจกสีชา หนา 6 มม.

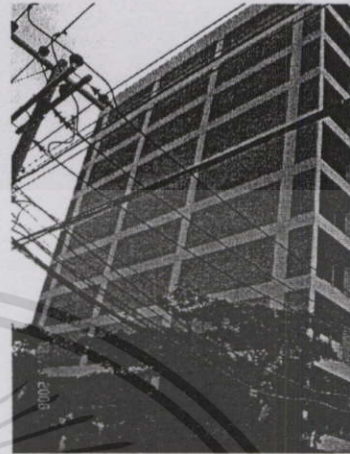


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหน้าอาคาร(ทิศใต้)



ด้านหลังอาคาร(ทิศเหนือ)



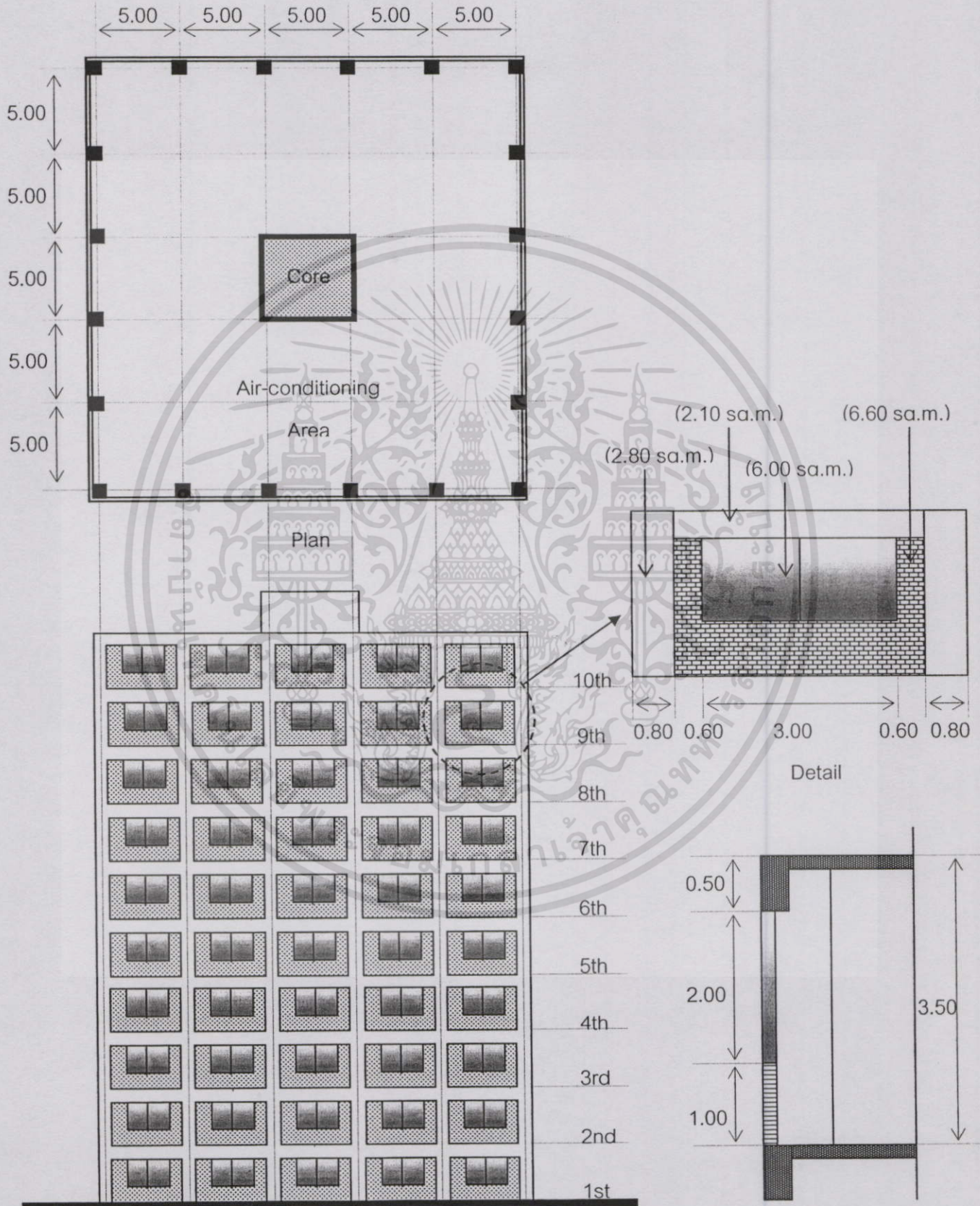
ด้านข้างอาคาร(ทิศตะวันตก)

ด้านข้างอาคาร(ทิศตะวันออก)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยองศา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม: **Elevation** เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Section

1 ก. การคำนวณหาพื้นที่ “ผนัง” อาคาร

1.1 พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศเหนือ

- เสาคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.80x60	=	<u>168.00</u>	sq.m.
- คานคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.10x50	=	<u>105.00</u>	sq.m.
- ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	6.60x50	=	<u>330.00</u>	sq.m.
- หน้าต่างกระจกใส	6.00x50	=	<u>300.00</u>	sq.m.
รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศเหนือทั้งหมด		=	<u>903.00</u>	sq.m.

1.2 พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศใต้

- เสาคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.80x60	=	<u>168.00</u>	sq.m.
- คานคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.10x50	=	<u>105.00</u>	sq.m.
- ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	6.60x50	=	<u>330.00</u>	sq.m.
- หน้าต่างกระจกใส	6.00x50	=	<u>300.00</u>	sq.m.
รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศใต้ทั้งหมด		=	<u>903.00</u>	sq.m.

1.3 พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศตะวันออก

- เสาคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.80x60	=	<u>168.00</u>	sq.m.
- คานคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.10x50	=	<u>105.00</u>	sq.m.
- ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	6.60x50	=	<u>330.00</u>	sq.m.
- หน้าต่างกระจกใส	6.00x50	=	<u>300.00</u>	sq.m.
รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศตะวันออกทั้งหมด		=	<u>903.00</u>	sq.m.

1.4 พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศตะวันตก

- เสาคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.80x60	=	<u>168.00</u>	sq.m.
- คานคสล.ฉาบปูนเรียบ	2.10x50	=	<u>105.00</u>	sq.m.
- ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	6.60x50	=	<u>330.00</u>	sq.m.
- หน้าต่างกระจกใส	6.00x50	=	<u>300.00</u>	sq.m.
รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศตะวันตกทั้งหมด		=	<u>903.00</u>	sq.m.

รวมพื้นที่ผนังทับทั้งหมด (4 ด้าน)

$$= \underline{2,412.00} \text{ sq.m.}$$

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสงทั้งหมด (4 ด้าน)

$$= \underline{1,200.00} \text{ sq.m.}$$

รวมพื้นที่กรอบอาคารทั้งหมด (4 ด้าน)

$$= \underline{3,612.00} \text{ sq.m.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ข. การคำนวณหาพื้นที่ “หลังคา” อาคาร

1.1 พื้นที่หลังคาอาคารด้านทิศเหนือ

- คอนกรีต (ไม่ทาสี) = 600.00 sq.m.

รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศเหนือทั้งหมด = 600.00 sq.m.

1.2 พื้นที่หลังคาอาคารด้านทิศใต้

- คอนกรีต (ไม่ทาสี) = 600.00 sq.m.

รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศใต้ทั้งหมด = 600.00 sq.m.

1.3 พื้นที่หลังคาอาคารด้านทิศตะวันออก

- คอนกรีต (ไม่ทาสี) = 600.00 sq.m.

รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศตะวันออกทั้งหมด = 600.00 sq.m.

1.4 พื้นที่หลังคาอาคารด้านทิศตะวันตก

- คอนกรีต (ไม่ทาสี) = 600.00 sq.m.

รวมเป็นพื้นที่ด้านทิศตะวันตกทั้งหมด = 600.00 sq.m.

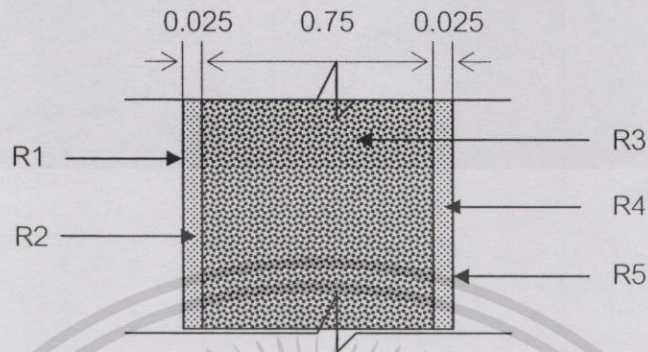
รวมพื้นที่หลังคาทึบทั้งหมด (4 ด้าน) = 2,400.00 sq.m.

รวมพื้นที่หลังคาโปร่งแสงทั้งหมด (4 ด้าน) = 00.00 sq.m.

รวมพื้นที่หลังคาทึบและโปร่งแสงทั้งหมด (4 ด้าน) = 2,400.00 sq.m.

2. การคำนวณหาค่าสปส.การส่งผ่านความร้อนรวม (Uw/Ur) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ของ “ผนัง/หลังคาที่บิตต่างๆ”

2.1 เสาคอนกรีตฉาบปูนเรียบ



R1	ฟิล์มอากาศด้านนอก	=	0.044	sq.m.C/W	
R2	ปูนฉาบหนา 2.50 ซม.	$0.025/0.533$	=	0.047	sq.m.C/W
R3	คอนกรีตหนา 0.75 ม.	$0.75/1.442$	=	0.520	sq.m.C/W
R4	ปูนฉาบหนา 2.50 ซม.	$0.025/0.533$	=	0.047	sq.m.C/W
R5	ฟิล์มอากาศด้านใน	=	0.120	sq.m.C/W	
Rt		=	0.778	sq.m.C/W	
Uw	$1/0.778$	=	1.285	W/sq.m.C	

ค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ขึ้นอยู่กับมวลและค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับ “ชนิดของวัสดุ” หรือ “สีที่ใช้ทาวัสดุ”

มวล	=	(ความหนาแน่น) / (ความหนา)	
มวลปูนฉาบ(ปูนผสมทราย)	=	$1,568 \times 0.025$	= 39.20 kg./sq.m.
มวลคอนกรีต	=	$2,400 \times 0.75$	= 1,800 kg./sq.m.
มวลปูนฉาบ(ปูนผสมทราย)	=	$1,568 \times 0.025$	= 39.20 kg./sq.m.
มวลเสาคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	=	$39.20 + 1,800 + 39.20$	= 1,878.40 kg./sq.m.

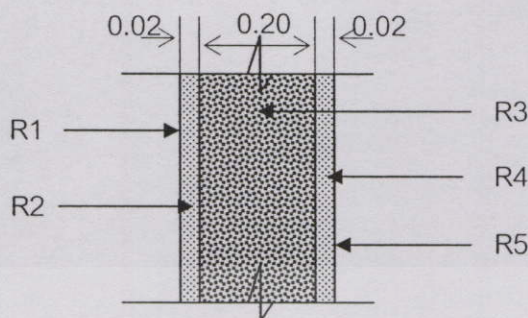
จากตาราง 4-1 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของ“ผนัง”

มวลเกินกว่า 195 kg./sq.m.

กำหนดให้ทำสีเทาอ่อนจะได้ค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ α = 0.6-0.8

เพราะฉะนั้น ค่า TDeq = 12 C

2.2 กานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ



$$R1 \text{ ฟิล์มอากาศด้านนอก} = 0.044 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R2 \text{ ปูนฉาบหนา 2.50 ซม.} \quad 0.025/0.533 = 0.047 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R3 \text{ คอนกรีตหนา 0.20 ม.} \quad 0.20/1.442 = 0.139 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R4 \text{ ปูนฉาบหนา 2.50 ซม.} \quad 0.025/0.533 = 0.047 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R5 \text{ ฟิล์มอากาศด้านใน} = 0.120 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Rt = 0.397 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Uw = 1/0.397 = 2.519 \text{ W/sq.m.C}$$

ค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ขึ้นอยู่กับมวลและค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับ “ชนิดของวัสดุ” หรือ “สีที่ใช้ทาวัสดุ”

$$\text{มวล} = (\text{ความหนาแน่น}) / (\text{ความหนา})$$

$$\text{มวลปูนฉาบ(ปูนผสมทราย)} = 1,568 \times 0.025 = 39.20 \text{ kg./sq.m.}$$

$$\text{มวลคอนกรีต} = 2,400 \times 0.20 = 480 \text{ kg./sq.m.}$$

$$\text{มวลปูนฉาบ(ปูนผสมทราย)} = 1,568 \times 0.025 = 39.20 \text{ kg./sq.m.}$$

$$\text{มวลกานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ} = 39.20 + 480 + 39.20 = 558.40 \text{ kg./sq.m.}$$

จากตาราง 4-1 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของ “ผนัง”

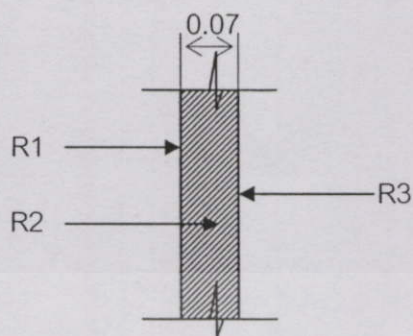
มวลเกินกว่า 195 kg./sq.m.

กำหนดให้ทำสีเทาอ่อนจะได้ค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\propto = 0.6-0.8$

เพราะฉะนั้น ค่า TDeq = 12 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผนังอิฐเปลือย(ไม่ฉาบปูน)



$$R1 \text{ ฟิล์มอากาศด้านนอก} = 0.044 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R2 \text{ ผนังอิฐหนา 0.07 ม. } 0.07/1.211 = 0.058 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R3 \text{ ฟิล์มอากาศด้านใน} = 0.120 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Rt = 0.222 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Uw \text{ 1/0.222} = 4.505 \text{ W/sq.m.C}$$

ค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ขึ้นอยู่กับมวลและค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับ “ชนิดของวัสดุ” หรือ “สีที่ใช้ทาสี”

$$\text{มวล} = (\text{ความหนาแน่น}) / (\text{ความหนา})$$

$$\text{มวลอิฐ} = 1,872 \times 0.07 = 131.04 \text{ kg./sq.m.}$$

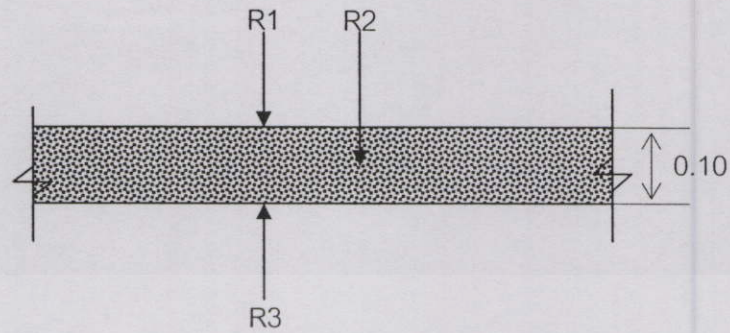
จากตาราง 4-1 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของ “ผนัง”

$$\text{มวลอยู่ระหว่าง } 126-195 \text{ kg./sq.m.}$$

$$\text{กำหนดให้เป็นอิฐเปลือย(สีแดง)จะได้ค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ } \alpha = 0.8-1.0$$

$$\text{เพราะฉะนั้น ค่า TDeq} = 15 \text{ C}$$

2.4 หลังคาคอนกรีต



$$R1 \text{ ฟิล์มอากาศด้านนอก} = 0.055 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R2 \text{ คอนกรีตหนา 0.10 ม.} = \frac{.10}{1.442} = 0.069 \text{ sq.m.C/W}$$

$$R3 \text{ ฟิล์มอากาศด้านใน} = 0.162 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Rt = 0.286 \text{ sq.m.C/W}$$

$$Ur = \frac{1}{0.286} = 3.497 \text{ W/sq.m.C}$$

ค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ขึ้นอยู่กับมวลและค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยค่าสปส. การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับ “ชนิดของวัสดุ” หรือ “สีที่ใช้ทาวัสดุ”

$$\text{มวล} = \frac{\text{(ความหนาแน่น)}}{\text{(ความหนา)}}$$

$$\text{มวลหลังคาคอนกรีต} = 2,400 \times 0.10 = 240 \text{ kg./sq.m.}$$

จากตาราง 4-4 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของ “หลังคา”

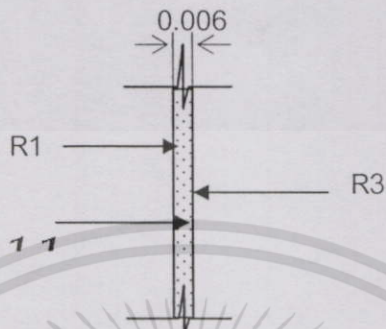
มวลเกินกว่า 200 kg./sq.m.

กำหนดให้เป็นคอนกรีตไม่ทำสีจะได้ค่าสปส.การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.6-0.8$

$$\text{เพราะฉะนั้น ค่า } TDeq = 24 \text{ C}$$

3. การคำนวณค่าสปส.การส่งผ่านความร้อนรวม (Uf/Us) และค่าผลต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร(ΔT)ของ “ผนัง/หลังคาโปร่งแสง”

3.1 หน้าต่างกระจกใส



R1	ฟิล์มอากาศด้านนอก	=	0.044	sq.m.C/W	
R2	กระจกใส 6 มม.	$0.006/1.053$	=	0.006	sq.m.C/W
R3	ฟิล์มอากาศด้านใน	=	0.120	sq.m.C/W	
Rt		=	0.170	sq.m.C/W	
Uf	$1/0.170$	=	5.882	W/sq.m.C	

กำหนดให้ $\Delta T = 5 C$

4. ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor, SF)

4.1	SF ด้านทิศเหนือ	$160 \times 0.70^*$	=	<u>112.00</u>	W/sq.m.
4.2	SF ด้านทิศใต้	$160 \times 1.11^*$	=	<u>177.60</u>	W/sq.m.
4.3	SF ด้านทิศตะวันออก	$160 \times 1.12^*$	=	<u>179.20</u>	W/sq.m.
4.4	SF ด้านทิศตะวันตก	$160 \times 1.03^*$	=	<u>164.80</u>	W/sq.m.

* จากตารางที่ 4-3 ค่าตัวประกอบแก้ไข(Correction Factor, CF)ของ “ผนังโปร่งแสง”

5. ค่าสปส.การบังแดดของหน้าต่าง/วัสดุโปร่งแสง(Shading Co-efficient,SC)

$$SC = SC1 \times SC2$$

$$SC1 = \text{ค่าสปส.การบังแดดของวัสดุโปร่งแสง}$$

$$SC2 = \text{ค่าสปส.การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ค่าสปส.การบังแดดของกระจกใสหนา 6 มม.

$$SC1 = 0.96$$

หมายเหตุ หากกระจกติดฟิล์มกรองแสงให้เอา SC ของฟิล์มคูณกับ SC ของกระจกด้วย

5.2 ค่าสปส.การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

$$SC2 = \text{ไม่มี}$$

เพราะฉะนั้น $SC = 0.96$

6. การคำนวณค่า OTTV. ของอาคาร

6.1 หาค่า OTTV. ของกรอบอาคารแต่ละด้าน

- OTTV. ด้านทิศเหนือ	=	<u>76.57</u>	W/sq.m.
- OTTV. ด้านทิศใต้	=	<u>97.49</u>	W/sq.m.
- OTTV. ด้านทิศตะวันออก	=	<u>98.00</u>	W/sq.m.
- OTTV. ด้านทิศตะวันตก	=	<u>93.41</u>	W/sq.m.

6.2 นำค่า OTTV. ที่ได้แต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยทั้งอาคาร โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} OTTV. &= \frac{(A_{oxOTTV})_n + (A_{oxOTTV})_s + (A_{oxOTTV})_e + (A_{oxOTTV})_w}{(A_o)_n + (A_o)_s + (A_o)_e + (A_o)_w} \\ &= \frac{(903.00 \times 76.57) + (903.00 \times 97.49) + (903.00 \times 98.00) + (903.00 \times 93.41)}{(903.00) + (903.00) + (903.00) + (903.00)} \\ &= 91.37 \text{ W/sq.m.} \end{aligned}$$

7. การคำนวณค่า RTTV. ของอาคาร

7.1 หาค่า RTTV. ของกรอบอาคารแต่ละด้าน

- RTTV. ด้านทิศเหนือ	=	<u>83.93</u>	W/sq.m.
- RTTV. ด้านทิศใต้	=	<u>83.93</u>	W/sq.m.
- RTTV. ด้านทิศตะวันออก	=	<u>83.93</u>	W/sq.m.
- RTTV. ด้านทิศตะวันตก	=	<u>83.93</u>	W/sq.m.

7.2 นำค่า RTTV. ที่ได้แต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยทั้งอาคาร โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} RTTV. &= \frac{(A_{oxRTTV})_n + (A_{oxRTTV})_s + (A_{oxRTTV})_e + (A_{oxRTTV})_w}{(A_o)_n + (A_o)_s + (A_o)_e + (A_o)_w} \\ &= \frac{(600.00 \times 83.93) + (600.00 \times 83.93) + (600.00 \times 83.93) + (600.00 \times 83.93)}{(600.00) + (600.00) + (600.00) + (600.00)} \\ &= 83.93 \text{ W/sq.m.} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 คำนวณค่าปริมาณความร้อน(Q) ของผนัง

Code	Wall	A_w	U_w	TDeq	A_f	U_f	ΔT	SF	SC	$Q=(A_w*U_w*T_{deq})$ $+(A_f*U_f*\Delta T)+(A_f*Sf*SC)$	
N-1	เสาคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	168.00	1.285	12	-	-	-	-	-	2,590.56	
N-2	คานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	105.00	2.519	12	-	-	-	-	-	3,173.94	
N-3	ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	330.00	4.505	15	-	-	-	-	-	22,299.75	
N-4	หน้าต่างกระจกใส	-	-	-	300.00	5.882	5	112.00	0.96	41,079.00	
	พื้นที่ผนังด้านนี้	603.00			300.00					รวมปริมาณความร้อนด้านนี้ (Q)	69,143.25
	รวมพื้นที่กรอบอาคารด้านนี้ (Ao)		903.00							OTTV.ด้านนี้ (Q/Ao)	76.57

ตารางที่ ข.2 คำนวณค่าปริมาณความร้อน(Q) ของผนัง

Code	Wall	A_w	U_w	TDeq	A_f	U_f	ΔT	SF	SC	$Q=(A_w*U_w*T_{deq})$ $+(A_f*U_f*\Delta T)+(A_f*Sf*SC)$	
E-1	เสาคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	168.00	1.285	12	-	-	-	-	-	2,590.56	
E-2	คานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	105.00	2.519	12	-	-	-	-	-	3,173.94	
E-3	ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	330.00	4.505	15	-	-	-	-	-	22,299.75	
E-4	หน้าต่างกระจกใส	-	-	-	300.00	5.882	5	179.20	0.96	60,432.60	
	พื้นที่ผนังด้านนี้	603.00			300.00					รวมปริมาณความร้อนด้านนี้ (Q)	88,496.85
	รวมพื้นที่กรอบอาคารด้านนี้ (A _o)		903.00							OTTV.ด้านนี้ (Q/A _o)	98.00

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

Code	Wall	A_w	U_w	TDeq	A_f	U_f	ΔT	SF	SC	$Q=(A_w*U_w*T_{deq})$ $+(A_f*U_f*\Delta T)+(A_f*Sf*SC)$	
W-1	เสาคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	168.00	1.285	12	-	-	-	-	-	2,590.56	
W-2	คานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ	105.00	2.519	12	-	-	-	-	-	3,173.94	
W-3	ผนังอิฐเปลือย (ไม่ฉาบปูน)	330.00	4.505	15	-	-	-	-	-	22,299.75	
W-4	หน้าต่างกระจกใส	-	-	-	300.00	5.882	5	164.80	0.96	56,285.40	
	พื้นที่ผนังด้านนี้	603.00			300.00					รวมปริมาณความร้อนด้านนี้ (Q)	84,349.65
	รวมพื้นที่กรอบอาคารด้านนี้ (A _o)		903.00							OTTV.ด้านนี้ (Q/A _o)	93.41

ตารางที่ ข.3 คำนวณค่าปริมาณความร้อน(Q) ของหลังคา

Code	Roof	A_r	U_r	TDeq	A_s	U_s	ΔT	SF	SC	$Q=(A_r*U_r*T_{deq})$ $+(A_s*U_s*\Delta T)+(A_s*Sf*SC)$
N-1	หลังคาคอนกรีต	600	3.497	24	-	-	-	-	-	50,356.80
	พื้นที่หลังคาด้านนี้	600								รวมปริมาณความร้อนด้านนี้ (Q)
	รวมพื้นที่หลังคาอาคารด้านนี้ (A _o)		600							RTTV.ด้านนี้ (Q/A _o)
										50,356.80
										83.93

Code	Roof	A_r	U_r	TDeq	A_s	U_s	ΔT	SF	SC	$Q=(A_r*U_r*Tdeq)$ $+(A_s*U_s*\Delta T)+(A_s*SF*SC)$
S-1	หลังคา คอนกรีต	600	3.497	24	-	-	-	-	-	50,356.80
พื้นที่หลังคา ด้านนี้		600								รวมปริมาณความ ร้อนด้านนี้ (Q) 50,356.80
รวมพื้นที่หลังคา อาคารด้านนี้ (A_o)		600								RTTV.ด้านนี้ (Q/A_o) 83.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 คำนวณค่าปริมาณความร้อน(Q) ของหลังคา

Code	Roof	A_r	U_r	TDeq	A_s	U_s	ΔT	SF	SC	$Q=(A_r*U_r*T_{deq})$ $+(A_s*U_s*\Delta T)+(A_s*Sf*SC)$	
E-1	หลังคา คอนกรีต	600	3.497	24	-	-	-	-	-	50,356.80	
พื้นที่หลังคา ด้านนี้		600			-					รวมปริมาณ ความร้อนด้านนี้ (Q)	50,356.80
รวมพื้นที่หลังคา อาคารด้านนี้ (A_o)		600								RTTV.ด้านนี้ (Q/A_o)	83.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

Code	Roof	A_r	U_r	TDeq	A_s	U_s	ΔT	SF	SC	$Q=(A_r*U_r*T_{deq})$ $+(A_s*U_s*\Delta T)+(A_s*Sf*SC)$
W-1	หลังคา คอนกรีต	600	3.497	24	-	-	-	-	-	50,356.80
พื้นที่หลังคา ด้านนี้		600			-					รวมปริมาณความร้อน ด้านนี้ (Q) 50,356.80
รวมพื้นที่หลังคา อาคารด้านนี้ (A_o)			600							RTTV.ด้านนี้ (Q/ A_o) 83.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตารางบันทึกข้อมูลและผลการคำนวณ

ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างตารางบันทึกอุณหภูมิตัว

ตารางบันทึกอุณหภูมิตัว

วันที่

10 มกราคม 2550

สถานที่

ฝ่ายงานอนุรักษ์พลังงาน

อุณหภูมิตัว

25

	อุณหภูมิ	ความชื้น (%RH)	
10.00	25.90	53.30	25.90
10.10	26.00	53.30	26.00
10.20	26.00	53.40	26.00
10.30	26.10	53.50	26.10
10.40	26.10	53.40	26.10
10.50	26.20	53.10	26.20
11.00	26.10	52.70	26.10
11.10	26.30	52.70	26.30
11.20	26.20	52.30	26.20
11.30	26.20	52.20	26.20
11.40	26.10	52.60	26.10
11.50	26.00	52.90	26.00
12.00	26.10	52.90	26.10
13.00	25.70	54.70	25.70
13.10	26.10	54.30	26.10
13.20	26.20	54.20	26.20
13.30	26.00	53.90	26.00
13.40	25.90	51.80	25.90
13.50	26.00	52.20	26.00
14.00	26.00	54.20	26.00
14.10	26.00	54.60	26.00
14.20	26.10	53.90	26.10
14.30	26.10	53.30	26.10
14.40	26.20	53.20	26.20
14.50	26.30	52.70	26.30
15.00	26.30	52.20	26.30
15.10	26.30	52.20	26.30
15.20	26.30	52.30	26.30
15.30	26.30	52.10	26.30

26.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ตัวอย่างตารางวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ต้นและปลายท่อส่ง

อุณหภูมิ ต้นท่อ	อุณหภูมิ ปลายท่อ	ความชื้น ต้นท่อ (%RH)	ความชื้น ปลายท่อ (%RH)
25.90	24.6	53.30	55.5
26.00	24.7	53.30	54.8
26.00	24.9	53.40	54.4
26.10	25	53.50	53.8
26.10	25.1	53.40	53.5
26.20	25.1	53.10	53.7
26.10	25.1	52.70	53.6
26.30	25	52.70	53.5
26.20	25.1	52.30	53.5
26.20	25.1	52.20	53.2
26.10	25.1	52.60	53
26.00	25.1	52.90	52.8
26.10	25.1	52.90	53.1
25.70	24.8	54.70	54.5
26.10	24.7	54.30	55.2
26.20	24.9	54.20	55.4
26.00	25.1	53.90	54.5
25.90	25.1	51.80	53.1
26.00	25	52.20	52.1
26.00	25.1	54.20	52.8
26.00	25.2	54.60	54.2
26.10	25.5	53.90	53.3
26.10	25.4	53.30	53.2
26.20	25.4	53.20	53
26.30	25.4	52.70	52.8
26.30	25.4	52.20	52.6
26.30	25.4	52.20	52.5
26.30	25.5	52.30	52.2
26.30	25.4	52.10	52.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 สรุปอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละกรณี

ข้อมูลการบันทึกอุณหภูมิ และความชื้นในแต่ละกรณี

Time	Case1		Case2		Case3		Case4	
	Temp	%RH	Temp	%RH	Temp	%RH	Temp	%RH
10:30:42	23.8	60.8	21.6	57.5	23.1	60.9	23.5	62.9
10:31:12	23.8	60.8	21.6	57.6	23	60.9	23.3	61.9
10:31:42	23.8	60.6	21.6	57.5	23	60.9	23.2	61.5
10:32:12	23.8	60.6	21.6	57.4	23	61	23.1	61.6
10:32:42	23.8	60.6	21.6	57.5	23	61.1	23.1	62.6
10:33:12	23.8	60.6	21.6	57.7	23	61.1	23	62.2
10:33:42	23.8	60.5	21.6	57.7	23	61.1	22.8	61.3
10:34:12	23.8	60.5	21.6	57.5	22.9	61.2	22.7	61.3
10:34:42	23.8	60.4	21.6	57.6	22.9	61.1	22.6	61.4
10:35:12	23.8	60.4	21.6	57.7	22.9	61.3	22.5	62
10:35:42	23.7	60.5	21.6	57.7	22.9	61.4	22.5	62.3
10:36:12	23.7	60.4	21.6	57.4	22.9	61.3	22.4	62.2
10:36:42	23.7	60.5	21.5	57.3	22.8	61.2	22.4	61.6
10:37:12	23.7	60.7	21.4	57.1	22.8	61.2	22.4	62.1
10:37:42	23.7	60.6	21.3	57.4	22.9	61.4	22.4	61.7
10:38:12	23.7	60.6	21.3	57.9	22.9	61.5	22.3	62
10:38:42	23.7	60.5	21.3	58.1	23	61.4	22.3	62.1
10:39:12	23.8	60.4	21.3	58.1	23	61.2	22.3	61.9
10:39:42	23.8	60.5	21.3	57.9	23	61.2	22.3	61.8
10:40:12	23.8	60.3	21.4	58	23	61.1	22.2	61.6
10:40:42	23.8	60.4	21.4	58	23	60.9	22.1	61.4
10:41:12	23.8	60.3	21.4	57.7	23	60.9	22.1	61.4
10:41:42	23.8	60.2	21.4	57.5	22.9	60.9	22.1	61.8
10:42:12	23.8	60.1	21.4	57.7	22.9	61	22.1	61.3
10:42:42	23.8	60.1	21.4	57.7	23	61	22	61
10:43:12	23.8	60.1	21.4	57.7	23	61	22	61.3
10:43:42	23.8	60.1	21.4	57.8	23	60.9	22.1	61.5
10:44:12	23.7	60.1	21.5	57.8	22.9	60.8	22.1	61.6
10:44:42	23.7	60.1	21.4	57.4	22.9	61	22.2	61.6
10:45:12	23.7	60.1	21.4	57.3	22.9	60.8	22.2	61.4
10:45:42	23.7	60.1	21.4	57.2	22.8	61	22.3	61.6
10:46:12	23.7	60.1	21.3	57.4	22.8	61.1	22.2	60.7
10:46:42	23.7	60.2	21.3	57.4	22.9	61.2	22.2	60.8
10:47:12	23.7	60.2	21.4	57.6	22.9	61.2	22.2	60.7
10:47:42	23.7	60.3	21.4	57.5	22.9	61.1	22.1	60.4
10:48:12	23.7	60.3	21.4	57.5	22.8	61	22.1	60.9
10:48:42	23.7	60.3	21.3	56.8	22.8	61	22.2	61
10:49:12	23.7	60.3	21.4	57.4	22.8	61.2	22.1	60.7
10:49:42	23.7	60.3	21.4	57.4	22.8	61.3	22.2	60.5
10:50:12	23.7	60.2	21.4	57.5	22.8	61.2	22.2	60.5
10:50:42	23.7	60.2	21.4	57.1	22.8	61.5	22.2	60.1
10:51:12	23.7	60.2	21.4	57.2	22.9	61.4	22.2	60.3
10:51:42	23.7	60.2	21.4	57.2	22.9	61.4	22.2	60.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

10:52:12	23.7	60.2	21.4	57.1	22.9	61.2	22.1	59.9
10:52:42	23.7	60.2	21.3	57	23	61.2	22.1	60.1
10:53:12	23.7	60.2	21.4	57.4	23	61	22.1	60.1
10:53:42	23.7	60.1	21.4	57.3	22.9	60.9	22.1	60.2
10:54:12	23.7	60.1	21.4	56.9	22.9	60.8	22.1	60
10:54:42	23.6	60.2	21.3	57	23	60.8	22.1	59.6
10:55:12	23.7	60.4	21.3	57	23	60.7	22.1	60
10:55:42	23.7	60.5	21.3	57.2	22.9	60.7	22	59.7
10:56:12	23.7	60.7	21.3	57.3	22.9	60.6	22	59.6
10:56:42	23.7	60.8	21.3	57.1	22.9	60.7	22.1	60
10:57:12	23.7	60.9	21.3	57.3	22.9	60.8	22.1	59.5
10:57:42	23.7	61	21.3	57.2	22.9	60.7	22.1	59.5
10:58:12	23.7	61.2	21.3	56.8	22.9	60.6	22.1	59.6
10:58:42	23.7	61.3	21.2	57	23	60.6	22.1	59.5
10:59:12	23.7	61.4	21.2	57	23	60.7	22.1	59.3
10:59:42	23.7	61.5	21.2	57.2	23	60.6	22.1	59.1
11:00:12	23.7	61.6	21.2	57.3	23	60.5	22.1	59.3
11:00:42	23.7	61.7	21.2	57.2	23	60.5	22.1	59.5
11:01:12	23.7	61.9	21.2	57.2	22.9	60.4	22.1	58.6
11:01:42	23.7	61.9	21.3	57.2	22.9	60.5	22.1	58.9
11:02:12	23.7	61.9	21.3	57	22.9	60.6	22.1	59
11:02:42	23.7	61.9	21.2	56.7	22.8	60.5	22.1	58.9
11:03:12	23.7	62	21.2	56.7	22.8	60.6	22	58.4
11:03:42	23.7	62	21.2	56.9	22.7	60.7	22	58.4
11:04:12	23.7	62	21.2	57	22.7	60.8	22	58.6
11:04:42	23.8	61.9	21.1	56.7	22.7	61.1	22	58.6
11:05:12	23.8	61.9	21.2	57	22.7	61.2	21.9	58.6
11:05:42	23.8	61.9	21.2	57	22.7	61.3	21.9	58.6
11:06:12	23.8	61.8	21.1	56.9	22.7	61.3	21.9	58.4
11:06:42	23.8	61.8	21.1	57.1	22.7	61.2	21.9	58.6
11:07:12	23.8	61.8	21.2	57.1	22.6	61.1	21.9	58.5
11:07:42	23.8	61.8	21.2	57	22.6	61.3	21.9	58.3
11:08:12	23.8	61.8	21.3	57.1	22.7	61.4	21.9	58.3
11:08:42	23.8	61.8	21.2	56.7	22.7	61.4	21.9	58.3
11:09:12	23.8	61.7	21.2	56.9	22.7	61.4	21.9	58.3
11:09:42	23.8	61.7	21.2	57	22.7	61.1	21.9	58.2
11:10:12	23.9	61.7	21.2	57.2	22.7	61.2	21.9	58.1
11:10:42	23.9	61.6	21.3	56.9	22.7	61.1	21.9	58.1
11:11:12	23.9	61.6	21.3	56.7	22.7	61.2	21.9	58.2
11:11:42	23.9	61.6	21.3	56.5	22.8	61.3	21.9	57.9
11:12:12	23.9	61.5	21.3	56.3	22.8	61.1	21.9	57.9
11:12:42	23.9	61.5	21.3	56.4	22.8	60.9	21.9	57.8
11:13:12	23.9	61.5	21.2	56.6	22.8	61.1	21.9	57.7
11:13:42	23.9	61.5	21.2	56.5	22.8	61.2	21.9	57.7
11:14:12	23.9	61.5	21.2	56.7	22.8	60.9	21.9	57.8
11:14:42	23.9	61.4	21.1	56.8	22.8	61	21.9	57.9
11:15:12	23.9	61.4	21.2	56.8	22.8	60.8	21.8	57.7
11:15:42	24	61.3	21.1	56.7	22.8	61	21.7	57.4

เอกสารนี้ 11:15:42 24 61.3 ใช้งาน 21.1 21.1 56.7 22.8 61 1 21.7 57.4

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

11:16:12	24	61.3	21.1	56.8	22.9	61	21.7	57.7
11:16:42	23.9	61.2	21.1	56.6	22.9	60.9	21.8	57.9
11:17:12	23.9	61.3	21.1	56.8	22.9	60.8	21.8	57.8
11:17:42	23.9	61.3	21.1	57.2	22.9	60.7	21.8	58.1
11:18:12	24	61.3	21.1	57.2	22.8	60.6	21.8	57.4
11:18:42	24	61.3	21.1	56.6	22.8	60.7	21.8	57.3
11:19:12	24	61.3	21.1	56.7	22.8	60.9	21.8	57.7
11:19:42	24	61.2	21	56.8	22.8	60.9	21.8	57.5
11:20:12	24	61.2	21.1	57.1	22.8	61	21.8	57.4
11:20:42	24	61.3	21.1	57.3	22.8	60.9	21.8	57.5
11:21:12	24	61.4	21.1	57	22.8	60.8	21.7	57.1
11:21:42	24	61.5	21	56.9	22.8	60.8	21.7	57.7
11:22:12	24	61.6	21	57.1	22.8	60.9	21.8	57.4
11:22:42	24	61.6	21	57.2	22.7	60.9	21.8	57.6
11:23:12	24	61.7	21	57.2	22.7	60.9	21.8	57.2
11:23:42	24	61.8	21.1	57.2	22.7	60.9	21.8	57.3
11:24:12	24	61.9	21.1	57.1	22.7	61	21.8	57.2
11:24:42	24	61.9	21.2	57	22.7	61	21.8	57.3
11:25:12	24	61.9	21.2	56.6	22.6	60.9	21.8	57.2
11:25:42	24	62	21.1	56.5	22.6	61	21.8	57
11:26:12	24	62	21.1	56.4	22.6	61.3	21.8	56.9
11:26:42	24	62.1	21.1	56.7	22.6	61.3	21.8	57.1
11:27:12	24	62	21.1	56.7	22.5	61.2	21.8	57.2
11:27:42	24	62.1	21.1	56.8	22.5	61.4	21.8	57.1
11:28:12	24	62.1	21	56.5	22.4	61.6	21.8	56.9
11:28:42	24	62.1	21.1	56.9	22.4	61.7	21.8	56.9
11:29:12	24.1	62.1	21.1	56.8	22.5	61.9	21.8	56.8
11:29:42	24	62.1	21.1	56.7	22.4	61.8	21.8	57
11:30:12	24.1	62.1	21.1	56.8	22.4	61.9	21.8	56.9
11:30:42	24.1	62.1	21.1	56.7	22.5	61.9	21.8	57.1
11:31:12	24	62.1	21.2	56.8	22.5	62	21.8	57.2
11:31:42	24.1	62.2	21.2	56.6	22.5	61.9	21.8	57.2
11:32:12	24.1	62.3	21.2	56.3	22.6	61.9	21.8	57.3
11:32:42	24.1	62.3	21.2	56.4	22.6	61.8	21.8	56.8
11:33:12	24.1	62.3	21.3	56.4	22.6	61.6	21.7	57.1
11:33:42	24.1	62.3	21.3	56.4	22.6	61.6	21.7	56.9
11:34:12	24.1	62.3	21.4	56.3	22.6	61.5	21.6	56.8
11:34:42	24.1	62.3	21.4	56.3	22.6	61.6	21.6	56.9
11:35:12	24.1	62.3	21.4	56.5	22.6	61.7	21.6	57.2
11:35:42	24.1	62.3	21.5	56.2	22.6	61.6	21.6	57.3
11:36:12	24.1	62.4	21.5	56	22.6	61.7	21.7	57.2
11:36:42	24.1	62.4	21.4	56	22.6	61.8	21.7	57.1
11:37:12	24.1	62.4	21.4	56	22.6	61.8	21.8	57.2
11:37:42	24.1	62.4	21.3	55.9	22.6	61.7	21.7	56.9
11:38:12	24.1	62.3	21.3	55.9	22.6	61.6	21.7	56.7
11:38:42	24.1	62.4	21.4	56.2	22.6	61.6	21.7	56.5
11:39:12	24.1	62.4	21.5	56.3	22.6	61.6	21.6	56.8
11:39:42	24.1	62.3	21.4	56.1	22.5	61.6	21.6	57.1

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอื่นได้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

11:40:12	24.1	62.4	21.3	55.9	22.5	61.6	21.6	57
11:40:42	24.1	62.4	21.3	55.8	22.5	61.7	21.6	56.9
11:41:12	24.1	62.4	21.3	56.2	22.5	62.1	21.6	56.9
11:41:42	24.1	62.4	21.3	56	22.5	62.1	21.6	57.3
11:42:12	24.2	62.3	21.3	56.3	22.6	62	21.7	57.3
11:42:42	24.2	62.3	21.4	56.3	22.6	61.9	21.6	56.9
11:43:12	24.2	62.2	21.4	55.9	22.5	61.8	21.6	56.8
11:43:42	24.2	62.3	21.4	55.9	22.5	61.9	21.6	57.1
11:44:12	24.2	62.3	21.3	55.8	22.5	62	21.7	57.3
11:44:42	24.2	62.2	21.3	55.9	22.5	62	21.7	56.9
11:45:12	24.2	62.2	21.2	56	22.6	62	21.7	56.9
11:45:42	24.2	62.1	21.2	56.2	22.6	61.9	21.6	56.6
11:46:12	24.2	62.3	21.1	56.5	22.6	61.9	21.6	56.5
11:46:42	24.2	62.2	21	56.4	22.7	61.9	21.6	56.9
11:47:12	24.2	62.1	20.9	56.5	22.6	61.6	21.7	56.9
11:47:42	24.2	62.1	20.8	56.9	22.6	61.5	21.7	56.9
11:48:12	24.2	61.9	20.9	57.4	22.6	61.7	21.7	56.9
11:48:42	24.2	62	21	57.6	22.6	61.6	21.7	56.7
11:49:12	24.2	61.9	21	57.5	22.6	61.5	21.7	56.6
11:49:42	24.2	62	21	57.1	22.5	61.6	21.7	56.5
11:50:12	24.2	61.9	21.1	57.1	22.5	61.8	21.7	56.6
11:50:42	24.2	62	21.1	57	22.5	61.9	21.7	56.3
11:51:12	24.2	62	21.1	56.8	22.5	61.9	21.7	56.3
11:51:42	24.2	62	21.1	56.8	22.5	62	21.7	56.3
11:52:12	24.2	62	21.1	56.4	22.5	62	21.8	56.5
11:52:42	24.2	62	21.1	56.6	22.5	62	21.7	56.2
11:53:12	24.2	62	21.1	56.6	22.5	62	21.7	56.2
11:53:42	24.2	62.1	21.1	56.8	22.5	62	21.8	56.3
11:54:12	24.2	62	21.1	56.6	22.5	62	21.8	56.1
11:54:42	24.2	62.1	21.1	56.5	22.6	62	21.8	56.2
11:55:12	24.2	62	21	56.4	22.5	61.9	21.8	55.8
11:55:42	24.2	62.1	21	56.7	22.5	61.8	21.8	56.2
11:56:12	24.2	62.1	21.1	56.9	22.5	61.9	21.7	55.9
11:56:42	24.2	62.1	21.1	56.9	22.5	62	21.7	56
11:57:12	24.2	62.1	21.1	56.7	22.5	62	21.6	56
11:57:42	24.2	62	21.2	56.9	22.5	61.9	21.6	56.4
11:58:12	24.2	62	21.3	56.9	22.5	61.9	21.6	56.3
11:58:42	24.2	62	21.3	56.4	22.5	61.9	21.6	56.3
11:59:12	24.2	62	21.3	56.2	22.5	61.9	21.6	56.3
11:59:42	24.2	62	21.3	56.4	22.5	61.7	21.6	56.8
12:00:12	24.2	62	21.4	56.3	22.6	61.8	21.6	56.3
12:00:42	24.2	62	21.3	56	22.5	61.7	21.6	56.7
12:01:12	24.2	62.1	21.3	55.8	22.6	61.7	21.6	56.6
12:01:42	24.2	62.2	21.3	55.9	22.6	61.8	21.7	56.8
12:02:12	24.3	62.2	21.3	55.9	22.5	61.7	21.7	56.7
12:02:42	24.3	62.1	21.4	56.3	22.5	61.7	21.7	56.7
12:03:12	24.4	62	21.6	56.3	22.6	61.7	21.7	56.7
12:03:42	24.4	61.9	21.8	55.8	22.6	61.7	21.7	56.5

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นได้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

12:04:12	24.5	61.8	22	55.4	22.6	61.6	21.8	57.2
12:04:42	24.5	61.7	22.1	55.1	22.6	61.7	21.8	57
12:05:12	24.5	61.6	22.3	55	22.6	61.6	21.9	56.9
12:05:42	24.6	61.5	22.4	54.7	22.6	61.7	21.9	57.1
12:06:12	24.6	61.5	22.6	54.4	22.6	61.7	22	57.8
12:06:42	24.6	61.5	22.7	54.6	22.6	61.6	22.1	57
12:07:12	24.7	61.5	22.9	54.8	22.7	61.6	22.2	57.3
12:07:42	24.7	61.3	23	53.9	22.6	61.4	22.3	56.8
12:08:12	24.7	61.2	23.1	54.5	22.7	61.6	22.4	56.9
12:08:42	24.7	61.3	23.2	54.8	22.7	61.6	22.5	56.7
12:09:12	24.8	61.3	23.3	54.7	22.7	61.6	22.4	55.6
12:09:42	24.8	61.3	23.4	54.3	22.7	61.4	22.4	55.6
12:10:12	24.8	61.3	23.5	54.6	22.7	61.3	22.4	56
12:10:42	24.8	61.1	23.6	54.8	22.7	61.4	22.4	55.7
12:11:12	24.8	61.1	23.7	54.5	22.7	61.5	22.4	56
12:11:42	24.9	61.1	23.8	54.7	22.7	61.4	22.3	55.8
12:12:12	24.9	61	23.8	54.9	22.6	61.5	22.2	55.4
12:12:42	24.9	61.1	23.9	55	22.6	61.5	22.1	55.7
12:13:12	24.9	61.1	23.9	55.1	22.7	61.6	22.1	56
12:13:42	24.9	61.2	24	55.5	22.7	61.5	22	56.3
12:14:12	25	61.1	24	55.2	22.7	61.6	21.9	55.8
12:14:42	25	61.2	24.1	55.3	22.7	61.5	21.8	56.3
12:15:12	25	61.3	24.1	55.1	22.7	61.4	21.7	56.6
12:15:42	25.1	61.4	24.2	55.6	22.7	61.5	21.7	56.6
12:16:12	25.1	61.4	24.2	55.8	22.7	61.4	21.8	57.4
12:16:42	25.1	61.2	24.3	55.2	22.6	61.3	21.8	57.7
12:17:12	25.1	61.3	24.3	55.7	22.6	61.6	21.8	57.3
12:17:42	25.1	61.3	24.3	56	22.6	61.6	21.8	57.1
12:18:12	25.1	61.3	24.4	56.3	22.6	61.6	21.7	57.1
12:18:42	25.1	61.4	24.4	56.7	22.6	61.6	21.7	56.8
12:19:12	25.1	61.7	24.5	56.3	22.6	61.7	21.6	56.9
12:19:42	25.1	61.8	24.5	56.4	22.6	61.9	21.5	57.2
12:20:12	25.1	61.9	24.6	56	22.6	61.9	21.5	56.9
12:20:42	25.1	61.9	24.6	56.2	22.6	61.8	21.4	57.1
12:21:12	25.2	62	24.6	55.5	22.7	61.9	21.3	57.3
12:21:42	25.2	62	24.6	55.4	22.7	61.9	21.2	57.4
12:22:12	25.2	62	24.6	55.5	22.6	61.6	21.1	57.7
12:22:42	25.2	61.7	24.7	55.8	22.6	61.7	21.1	57.9
12:23:12	25.2	61.6	24.7	56	22.6	61.8	21.1	58.2
12:23:42	25.2	61.7	24.7	56.3	22.6	61.9	21.1	58.2
12:24:12	25.2	61.7	24.8	56.5	22.6	61.8	21.1	58.1
12:24:42	25.3	62	24.8	56.7	22.6	61.9	21.1	58.4
12:25:12	25.3	62	24.8	56.7	22.6	62	21.1	58
12:25:42	25.3	62	24.9	56.7	22.6	62	21.1	58.1
12:26:12	25.3	61.9	24.9	56.8	22.6	61.9	21.1	58.3
12:26:42	25.3	61.9	24.9	56.8	22.6	61.9	21.1	58
12:27:12	25.3	62	24.9	56.8	22.6	62	21.1	58.1
12:27:42	25.3	61.7	25	57.2	22.6	61.9	21.1	58

เอกสารนี้... 12:27:42... 25.3... 61.7... 25... 57.2... 22.6... 61.9... 21.1... 58

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

12:28:12	25.3	62	24.9	57	22.6	61.9	21.1	58.1
12:28:42	25.4	61.7	25	57.1	22.6	62	21.1	58
12:29:12	25.3	61.8	25	57.5	22.6	62	21.1	57.9
12:29:42	25.4	61.7	25	57.2	22.6	62.1	21.1	58
12:30:12	25.4	61.7	25	57.5	22.6	62.1	21.1	58.3
12:30:42	25.4	61.7	25.1	57.3	22.6	62.1	21.1	58.2
12:31:12	25.4	61.7	25.1	57.2	22.6	62.1	21	58
12:31:42	25.4	61.6	25.1	57.2	22.6	61.9	21	57.9
12:32:12	25.4	61.6	25.1	57.3	22.6	62	21	57.9
12:32:42	25.4	61.5	25.1	57.4	22.7	62.1	20.9	58.1
12:33:12	25.4	61.6	25.1	57.3	22.7	62.1	21	58
12:33:42	25.5	61.6	25.2	57.2	22.7	62.1	21	58.1
12:34:12	25.5	61.6	25.2	57	22.7	62	21	58
12:34:42	25.5	61.6	25.3	57.2	22.7	61.9	21	58
12:35:12	25.5	61.5	25.3	57.5	22.7	61.8	21	58
12:35:42	25.5	61.6	25.3	57.3	22.7	61.9	21	58
12:36:12	25.5	61.5	25.3	57.5	22.6	61.9	21	58.1
12:36:42	25.5	61.5	25.3	57.1	22.6	62	20.9	58.1
12:37:12	25.5	61.6	25.3	57.5	22.7	62.1	20.9	58.2
12:37:42	25.5	61.6	25.4	57.6	22.7	62.1	20.9	57.9
12:38:12	25.5	61.5	25.4	57.6	22.7	62	20.9	58.2
12:38:42	25.5	61.6	25.4	57.6	22.7	62	20.9	58.1
12:39:12	25.5	61.6	25.4	57.4	22.7	62	20.9	58.3
12:39:42	25.5	61.6	25.4	57.4	22.7	62	20.9	58.3
12:40:12	25.6	61.7	25.5	57.3	22.7	62	20.9	58.6
12:40:42	25.6	61.5	25.5	57.4	22.7	62	20.9	58.7
12:41:12	25.6	61.5	25.5	57.7	22.7	61.9	20.9	58.6
12:41:42	25.6	61.5	25.6	57.3	22.7	62	20.9	58.6
12:42:12	25.6	61.5	25.6	57	22.7	62.1	21	59
12:42:42	25.6	61.5	25.6	56.9	22.7	62.1	21.1	58.5
12:43:12	25.6	61.6	25.6	57.2	22.7	62.1	21.1	58
12:43:42	25.6	61.6	25.6	57.3	22.6	61.9	21.1	58.2
12:44:12	25.6	61.5	25.6	57.2	22.6	62.1	21	58.1
12:44:42	25.6	61.5	25.6	57.2	22.6	62.2	21	58.2
12:45:12	25.6	61.5	25.6	57.3	22.6	62.1	21	58.3
12:45:42	25.6	61.5	25.6	57.3	22.6	62.3	20.9	58.1
12:46:12	25.6	61.5	25.6	57.3	22.7	62.3	20.8	57.9
12:46:42	25.7	61.5	25.6	57.7	22.7	62.2	20.9	58.2
12:47:12	25.7	61.4	25.6	57.5	22.7	62.1	20.9	58.3
12:47:42	25.7	61.6	25.6	57.4	22.6	62.2	21	58.3
12:48:12	25.7	61.6	25.6	57.3	22.6	62.1	21	58.5
12:48:42	25.7	61.6	25.6	57.5	22.6	62.2	20.9	57.6
12:49:12	25.7	61.6	25.7	57.5	22.5	62.1	20.9	57.8
12:49:42	25.7	61.5	25.7	57.8	22.5	62.3	21	58.3
12:50:12	25.7	61.5	25.7	57.4	22.5	62.4	20.9	57.9
12:50:42	25.7	61.5	25.7	57.6	22.5	62.6	20.9	57.8
12:51:12	25.7	61.5	25.7	57.3	22.6	62.6	20.9	57.8
12:51:42	25.7	61.4	25.7	57.2	22.6	62.5	20.9	58

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กระทรวงศึกษาธิการ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

12:52:12	25.8	61.5	25.7	57.6	22.5	62.4	20.9	57.8
12:52:42	25.8	61.5	25.7	57.6	22.6	62.5	20.9	57.9
12:53:12	25.7	61.5	25.7	57.7	22.6	62.5	20.9	58
12:53:42	25.8	61.4	25.7	57.3	22.6	62.5	20.9	58
12:54:12	25.8	61.3	25.7	57.4	22.6	62.4	21	57.9
12:54:42	25.8	61.3	25.7	57.4	22.6	62.4	20.9	58
12:55:12	25.8	61.5	25.8	57.5	22.6	62.4	20.9	57.8
12:55:42	25.8	61.5	25.7	57.3	22.7	62.4	20.9	57.8
12:56:12	25.8	61.5	25.7	57.3	22.7	62.4	20.9	58.1
12:56:42	25.8	61.5	25.7	57.1	22.7	62.3	20.9	58
12:57:12	25.8	61.4	25.6	57.1	22.7	62.1	20.8	57.9
12:57:42	25.8	61.3	25.6	57.1	22.7	62.3	20.8	58
12:58:12	25.8	61.3	25.6	57.2	22.6	62.1	20.8	58.3
12:58:42	25.8	61.2	25.6	57.2	22.6	62.2	20.8	58.3
12:59:12	25.8	61.1	25.6	57.1	22.6	62.3	20.9	58.4
12:59:42	25.9	61.1	25.6	57.1	22.5	62.4	20.9	58.1
13:00:12	25.9	61.1	25.6	57.1	22.6	62.5	20.9	58.1
13:00:42	25.9	60.9	25.6	57.1	22.6	62.6	20.9	58.3
13:01:12	25.9	61.1	25.6	57.2	22.6	62.6	20.9	57.8
13:01:42	26	61.1	25.6	57.2	22.6	62.5	20.8	57.6
13:02:12	26	61.1	25.6	57.2	22.6	62.4	20.8	57.6
13:02:42	26	61	25.6	57.2	22.6	62.4	20.8	57.8
13:03:12	26.1	63.2	25.6	57.3	22.5	62.5	20.8	58.1
13:03:42	26.1	63.4	25.5	58.5	22.5	62.6	20.8	58
13:04:12	26.1	63.9	25.3	59.7	22.5	62.6	20.8	58.1
13:04:42	26.1	64	25.2	60.5	22.5	62.7	20.9	58.3
13:05:12	26	64.2	25	61.6	22.6	62.9	21	58.1
13:05:42	26	64.3	25	62.1	22.5	62.7	21	57.8
13:06:12	26	64.6	24.8	62.7	22.4	62.6	21.1	57.8
13:06:42	26	64.8	24.7	63.2	22.4	62.7	21.2	57.5
13:07:12	26	65	24.7	63.6	22.3	62.8	21.2	57
13:07:42	26	65.1	24.6	63.1	22.3	63.1	21.3	56.8
13:08:12	26	65.2	24.4	59.8	22.3	63.1	21.3	57.2
13:08:42	26	65.5	24.3	58.7	22.3	63.2	21.4	56.7
13:09:12	25.9	65.5	24.1	58.3	22.3	63.3	21.4	56.5
13:09:42	25.9	65.6	24	58	22.4	63.3	21.5	56.4
13:10:12	26	65.6	23.8	58.2	22.4	63.2	21.6	56.3
13:10:42	26	65.6	23.8	58.7	22.4	63.2	21.6	56
13:11:12	26	65.5	23.6	58.3	22.4	63	21.7	55.8
13:11:42	26	65.3	23.5	58.4	22.4	63	21.7	55.5
13:12:12	26	65.2	23.4	58.5	22.5	63	21.7	55
13:12:42	26	65.1	23.4	58.5	22.5	62.9	21.7	55
13:13:12	26.1	64.9	23.4	58.8	22.5	63	21.6	55.2
13:13:42	26.1	64.7	23.3	58.6	22.6	63.1	21.6	55.3
13:14:12	26.1	64.6	23.2	58.5	22.6	63.3	21.7	55.5
13:14:42	26.1	64.3	23.2	58.7	22.6	62.8	21.7	55.3
13:15:12	26.1	64.3	23.2	58.4	22.6	62.9	21.7	55.1
13:15:42	26.2	64.1	23.2	58.7	22.6	62.8	21.7	55.4

เอกสารนี้... (ส่วนนี้ถูกบดบังด้วยลายน้ำ)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

13:16:12	26.2	63.9	23.1	58.1	22.6	62.8	21.7	55.1
13:16:42	26.2	63.7	23	58.3	22.6	62.5	21.7	55.3
13:17:12	26.2	63.6	23	58.2	22.5	62.3	21.7	55.3
13:17:42	26.3	63.4	22.9	58.1	22.5	62.4	21.7	55.2
13:18:12	26.3	63.2	22.8	58.2	22.4	62.8	21.7	55.1
13:18:42	26.3	63.1	22.7	58.3	22.4	62.5	21.7	55.4
13:19:12	26.3	62.9	22.7	58.2	22.3	62.8	21.7	55.4
13:19:42	26.3	62.8	22.6	58.3	22.4	62.9	21.6	54.9
13:20:12	26.4	62.7	22.7	58.7	22.4	63	21.5	55.4
13:20:42	26.4	62.5	22.6	58.4	22.4	62.9	21.5	55.5
13:21:12	26.4	62.4	22.6	58.2	22.4	62.8	21.5	55.5
13:21:42	26.5	62.3	22.5	58.2	22.4	62.8	21.4	55.6
13:22:12	26.5	62.1	22.5	58	22.4	62.8	21.3	55.8
13:22:42	26.5	61.9	22.4	58	22.4	62.8	21.3	56
13:23:12	26.5	61.7	22.4	58.3	22.4	62.9	21.3	56.2
13:23:42	26.5	61.6	22.5	58.5	22.4	62.7	21.4	56.1
13:24:12	26.6	61.4	22.5	58.1	22.3	62.8	21.4	56.2
13:24:42	26.6	61.4	22.4	57.8	22.4	62.9	21.5	56.3
13:25:12	26.6	61.4	22.4	58	22.4	62.8	21.6	55.9
13:25:42	26.7	61.3	22.4	58	22.4	62.8	21.6	55.5
13:26:12	26.7	61.2	22.4	57.9	22.4	62.7	21.5	55.1
13:26:42	26.7	61	22.4	58.1	22.5	62.7	21.5	55.5
13:27:12	26.7	60.9	22.4	57.8	22.4	62.7	21.5	55.5
13:27:42	26.7	60.9	22.3	57.5	22.4	62.6	21.6	56
13:28:12	26.7	60.7	22.2	57.4	22.4	62.6	21.7	55.9
13:28:42	26.7	60.7	22.1	57.4	22.4	62.6	21.7	55.9
13:29:12	26.8	60.6	22	57.9	22.4	62.5	21.7	55.3
13:29:42	26.8	60.4	22	58.1	22.3	62.7	21.7	55.1
13:30:12	26.7	59.6	21.9	58.1	22.3	62.8	21.7	55.2
13:30:42	26.7	59.2	21.8	58	22.3	62.8	21.7	55
13:31:12	26.7	59.5	21.8	58.3	22.3	62.8	21.7	55
13:31:42	26.6	59.3	21.8	58.4	22.2	62.9	21.6	55.1
13:32:12	26.5	58.9	21.8	58.5	22.2	63.2	21.6	55.1
13:32:42	26.4	58.9	21.8	58.3	22.2	63.2	21.6	55.6
13:33:12	26.4	58.9	21.8	58.2	22.2	63.2	21.6	55.4
13:33:42	26.3	58.8	21.8	58.3	22.2	63.3	21.5	55.2
13:34:12	26.2	59.2	21.8	58.3	22.3	63.3	21.5	55.4
13:34:42	26.1	59.3	21.8	58.3	22.2	63.1	21.6	55.8
13:35:12	26.1	59.2	21.9	58	22.2	63.2	21.7	55.8
13:35:42	26	59.2	21.9	58	22.2	63.2	21.7	55.3
13:36:12	26	59.3	21.8	57.9	22.2	63.1	21.6	54.9
13:36:42	25.9	59.1	21.8	57.9	22.2	63.2	21.5	55.1
13:37:12	25.9	59.1	21.9	57.9	22.2	63.5	21.5	55.6
13:37:42	25.8	59.5	21.9	57.7	22.3	63.5	21.5	55.7
13:38:12	25.8	59.3	21.8	57.3	22.3	63.4	21.5	55.4
13:38:42	25.7	59.4	21.7	57.4	22.3	63.1	21.6	55.7
13:39:12	25.6	59.3	21.8	57.9	22.3	63.1	21.6	55.9
13:39:42	25.6	59.3	21.9	57.8	22.3	63.1	21.7	55.6

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กระทรวงศึกษาธิการ ไม่สามารถเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

13:40:12	25.6	59.4	21.8	57.5	22.3	63.2	21.7	55.3
13:40:42	25.5	59.4	21.9	57.4	22.3	63.3	21.7	55.2
13:41:12	25.5	59.4	21.9	57.6	22.4	63.1	21.7	55.1
13:41:42	25.5	59.3	21.8	57	22.4	63.1	21.7	55
13:42:12	25.5	59.3	21.8	57	22.4	62.9	21.7	55.2
13:42:42	25.4	59.2	21.8	57.1	22.4	62.8	21.6	55.1
13:43:12	25.4	59.3	21.7	57.1	22.4	62.8	21.5	55.3
13:43:42	25.3	59.3	21.8	57.4	22.4	62.6	21.6	55.9
13:44:12	25.3	59.3	21.8	57.2	22.4	62.7	21.6	55.6
13:44:42	25.3	59.3	21.8	56.9	22.4	62.6	21.5	55.6
13:45:12	25.2	59.2	21.8	57.1	22.4	62.6	21.5	55.7
13:45:42	25.1	59.3	21.8	57.2	22.4	62.5	21.5	55.6
13:46:12	25.1	59.3	21.8	57.1	22.3	62.5	21.5	55.9
13:46:42	25.1	59.4	21.8	57.1	22.3	62.5	21.5	55.6
13:47:12	25.1	59.4	21.8	57	22.3	62.7	21.5	55.9
13:47:42	25.1	59.4	21.7	56.7	22.3	62.9	21.5	55.8
13:48:12	25.1	59.3	21.8	57	22.3	62.9	21.5	55.8
13:48:42	25	59.3	21.8	57.1	22.4	62.8	21.6	56
13:49:12	25	59.3	21.8	56.7	22.4	62.9	21.6	55.9
13:49:42	25	59.2	21.7	56.7	22.4	62.6	21.6	55.6
13:50:12	25	59.2	21.8	57	22.4	62.5	21.5	55.6
13:50:42	24.9	59.2	21.8	57.1	22.4	62.7	21.5	55.8
13:51:12	24.9	59.4	21.8	56.8	22.3	62.6	21.4	56.1
13:51:42	24.9	59.4	21.7	56.6	22.3	62.8	21.4	56.2
13:52:12	24.9	59.3	21.7	56.8	22.3	62.8	21.4	56.4
13:52:42	24.9	59.2	21.7	57	22.3	63.1	21.5	56.1
13:53:12	24.9	59.2	21.7	57	22.3	62.8	21.5	56.1
13:53:42	24.9	59.2	21.7	56.9	22.4	62.8	21.5	56.2
13:54:12	24.8	59.2	21.7	57	22.4	62.8	21.5	55.8
13:54:42	24.8	59.1	21.7	56.9	22.4	62.8	21.5	55.9
13:55:12	24.8	59.2	21.8	56.9	22.4	62.7	21.6	56
13:55:42	24.8	59.2	21.7	56.5	22.4	62.8	21.7	56.2
13:56:12	24.8	59.2	21.6	56.8	22.4	62.8	21.7	55.8
13:56:42	24.8	59.1	21.6	57	22.4	62.7	21.6	55.2
13:57:12	24.7	59.2	21.6	57	22.4	62.7	21.6	55.3
13:57:42	24.7	59.1	21.7	57	22.4	62.7	21.6	55.5
13:58:12	24.7	59.2	21.6	56.9	22.5	62.6	21.5	55.4
13:58:42	24.7	59.3	21.6	56.9	22.5	62.7	21.5	55.5
13:59:12	24.7	59.3	21.5	56.9	22.6	62.5	21.5	55.6
13:59:42	24.6	59.3	21.5	57.1	22.6	62.4	21.5	55.5
14:00:12	24.6	59.5	21.5	57.1	22.6	62.3	21.5	55.8
14:00:42	24.6	59.5	21.5	57.3	22.6	62.3	21.5	55.9
14:01:12	24.6	59.4	21.5	57	22.7	62.3	21.5	55.8
14:01:42	24.6	59.5	21.5	57.1	22.7	62.2	21.5	55.9
14:02:12	24.6	59.6	21.4	57.1	22.6	62	21.5	55.8
14:02:42	24.6	59.7	21.4	57.3	22.6	62.1	21.6	56
14:03:12	24.6	59.7	21.5	57.6	22.6	62.4	21.7	56
14:03:42	24.6	59.3	21.5	57.5	22.6	62.7	21.8	55.6

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

14:04:12	24.6	59.3	21.5	57.2	22.6	62.9	21.9	55.6
14:04:42	24.5	59.3	21.6	57.1	22.6	63.1	21.9	55
14:05:12	24.5	59.3	21.6	57	22.6	63.3	21.8	54.9
14:05:42	24.5	59.4	21.6	57	22.6	63.5	21.8	54.8
14:06:12	24.5	59.5	21.6	56.8	22.6	63.5	21.9	55.2
14:06:42	24.5	59.4	21.6	56.9	22.7	63.7	21.8	54.9
14:07:12	24.5	59.5	21.6	57	22.7	63.8	21.7	54.7
14:07:42	24.5	59.5	21.6	56.8	22.8	63.8	21.6	55
14:08:12	24.5	59.6	21.6	56.9	22.8	63.7	21.5	55.2
14:08:42	24.5	59.6	21.6	56.9	22.9	63.6	21.5	55.5
14:09:12	24.5	59.7	21.7	56.8	22.8	63.6	21.4	55.6
14:09:42	24.5	59.7	21.6	56.7	22.8	63.6	21.4	55.6
14:10:12	24.5	59.7	21.6	56.6	22.7	63.9	21.4	56
14:10:42	24.5	59.7	21.5	56.5	22.7	64.1	21.3	55.9
14:11:12	24.5	59.6	21.5	56.8	22.7	64.3	21.3	56.1
14:11:42	24.5	59.5	21.5	57	22.7	64.4	21.3	56.3
14:12:12	24.4	59.5	21.5	56.9	22.8	64.3	21.4	56.3
14:12:42	24.4	59.5	21.4	57.1	22.8	64.3	21.4	56.3
14:13:12	24.4	59.5	21.4	56.9	22.8	64.1	21.5	56.1
14:13:42	24.4	59.4	21.3	56.9	22.8	64.1	21.5	55.8
14:14:12	24.4	59.5	21.3	57.1	22.8	64.1	21.5	56
14:14:42	24.4	59.5	21.3	56.9	22.8	64.1	21.5	55.8
14:15:12	24.4	59.4	21.2	57.3	22.8	64.1	21.5	55.9
14:15:42	24.4	59.4	21.3	57.4	22.8	64.2	21.4	55.8
14:16:12	24.4	59.5	21.3	57.5	22.8	64.2	21.4	56.1
14:16:42	24.4	59.5	21.3	57.4	22.8	64.1	21.3	56.2
14:17:12	24.4	59.5	21.3	57.6	22.8	64	21.3	56.4
14:17:42	24.3	59.5	21.3	57.5	22.8	64.1	21.4	56.6
14:18:12	24.3	59.4	21.3	57.5	22.8	64.1	21.5	56.4
14:18:42	24.3	59.5	21.4	57.5	22.9	64.1	21.6	56.3
14:19:12	24.3	59.5	21.4	57.2	22.8	64	21.6	55.9
14:19:42	24.3	59.4	21.4	57.1	22.8	63.9	21.6	55.5
14:20:12	24.3	59.4	21.4	56.9	22.8	64.1	21.6	55.3
14:20:42	24.3	59.6	21.4	56.8	22.8	64.2	21.6	55.5
14:21:12	24.3	59.6	21.4	57.1	22.8	64.2	21.6	55.5
14:21:42	24.3	59.5	21.5	57.4	22.8	64.3	21.8	55.4
14:22:12	24.3	59.5	21.5	57.1	22.7	64.2	21.8	55.7
14:22:42	24.3	59.5	21.5	56.8	22.7	64.2	21.8	54.9
14:23:12	24.3	59.5	21.5	56.8	22.8	64.6	21.8	54.8
14:23:42	24.3	59.5	21.4	56.8	22.8	64.6	21.7	54.7
14:24:12	24.3	59.5	21.5	56.9	22.9	64.5	21.6	55.1
14:24:42	24.3	59.6	21.5	57.2	22.9	64.3	21.6	55.4
14:25:12	24.3	59.6	21.5	56.9	22.9	64.2	21.5	55.5
14:25:42	24.2	59.6	21.5	56.9	22.9	64.3	21.6	56
14:26:12	24.2	59.7	21.5	56.8	23	64.3	21.7	55.6
14:26:42	24.2	59.6	21.5	57.1	23	64.2	21.7	55.4
14:27:12	24.2	59.7	21.5	56.8	23	63.9	21.7	55.2
14:27:42	24.2	59.7	21.5	56.9	23	64	21.6	55.1

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

14:28:12	24.2	59.7	21.5	56.9	23	63.8	21.6	55.4
14:28:42	24.2	59.6	21.5	56.9	22.9	63.7	21.5	55.1
14:29:12	24.2	59.7	21.5	57	22.9	63.7	21.5	55.6
14:29:42	24.2	59.7	21.4	57.1	22.9	64	21.5	55.5
14:30:12	24.2	59.7	21.5	57.3	22.9	63.9	21.5	55.8
14:30:42	24.2	59.5	21.5	57.3	22.9	63.9	21.6	55.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 การเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกรณี

ตารางสรุปค่าของ Digital Meterกรณีที่1

ลำดับที่	วันที่	เวลา	VL	IL	kW	PF	kWh	kVARh	VL1	VL2	VL3	IL1	IL2	IL3	PL1	PL2	PL3
173	2/11/2006	0:00	394	0.17	0.11		1 85,531.61	47,765.85	226	230	226	0.46	0	0.56	0.05	0	0.07
174	2/11/2006	0:10	392	0.26	0.15	-0.87	85,531.64	47,765.85	226	229	226	0.46	0	0.57	0.06	0	0.07
175	2/11/2006	0:20	394	0.18	0.12		1 85,531.66	47,765.85	226	230	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
176	2/11/2006	0:30	394	0.19	0.13		1 85,531.68	47,765.85	226	230	227	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
177	2/11/2006	0:40	393	0.17	0.11		1 85,531.70	47,765.85	225	229	226	0.46	0.45	0.53	0.05	0.04	0.07
178	2/11/2006	0:50	394	0.19	0.13		1 85,531.72	47,765.85	226	229	227	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
179	2/11/2006	1:00	391	0.27	0.16	-0.87	85,531.74	47,765.85	225	228	226	0.47	0	0.55	0.04	0	0.07
180	2/11/2006	1:10	394	0.18	0.12	0.99	85,531.77	47,765.85	226	229	227	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
181	2/11/2006	1:20	395	0.17	0.11	-0.99	85,531.79	47,765.85	228	230	228	0.45	0	0.54	0.05	0	0.07
182	2/11/2006	1:30	397	0.19	0.13	0.99	85,531.81	47,765.85	230	231	228	0.47	0.6	0.53	0.05	0.06	0.07
183	2/11/2006	1:40	397	0.17	0.12		1 85,531.83	47,765.85	228	230	229	0.46	0.44	0.53	0.05	0.04	0.07
184	2/11/2006	1:50	397	0.17	0.12		1 85,531.86	47,765.85	228	231	229	0.46	0.42	0.53	0.06	0.04	0.07
185	2/11/2006	2:10	398	0.18	0.12		1 85,531.91	47,765.85	228	232	229	0.47	0.56	0.53	0.05	0.04	0.07
186	2/11/2006	2:20	394	0.18	0.12		1 85,531.94	47,765.85	226	230	227	0.48	0	0.53	0.06	0	0.06
187	2/11/2006	2:30	395	0.18	0.12		1 85,531.96	47,765.85	226	229	227	0.46	0.35	0.53	0.06	0	0.07
188	2/11/2006	2:40	393	0.28	0.16	-0.84	85,531.99	47,765.85	226	229	227	0.46	0.41	0.53	0.05	0	0.07

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

189	2/11/2006	2:50	391	0.17	0.11	1 85,532.01	47,765.85	225	228	225	0.48	0	0.53	0.06	0.04	0.07
190	2/11/2006	3:00	391	0.17	0.11	1 85,532.03	47,765.85	225	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
191	2/11/2006	3:10	390	0.17	0.12	-0.99 85,532.05	47,765.85	224	227	224	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
192	2/11/2006	3:20	391	0.17	0.12	0.99 85,532.07	47,765.85	225	228	225	0.47	0	0.71	0.06	0	0.06
193	2/11/2006	3:30	391	0.18	0.12	1 85,532.09	47,765.85	224	227	224	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
194	2/11/2006	3:40	391	0.18	0.12	1 85,532.11	47,765.85	224	228	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
195	2/11/2006	3:50	392	0.28	0.16	-0.85 85,532.13	47,765.85	224	230	225	0.46	0	0.71	0.06	0.04	0.07
196	2/11/2006	4:00	391	0.18	0.12	1 85,532.16	47,765.85	225	227	225	0.46	0	0.54	0.06	0	0.06
197	2/11/2006	4:10	391	0.18	0.12	1 85,532.18	47,765.86	225	228	225	0.47	0	0.53	0.05	0.04	0.06
198	2/11/2006	4:20	392	0.18	0.12	1 85,532.20	47,765.86	225	228	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
199	2/11/2006	4:30	392	0.17	0.11	1 85,532.22	47,765.86	225	228	225	0.46	0	0.52	0.06	0	0.07
200	2/11/2006	4:40	391	0.25	0.14	-0.84 85,532.24	47,765.86	224	228	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
201	2/11/2006	4:50	389	0.25	0.14	-0.84 85,532.26	47,765.86	224	227	224	0.45	0.41	0.53	0.06	0.04	0.07
202	2/11/2006	5:00	392	0.27	0.15	-0.84 85,532.28	47,765.86	224	229	224	0.47	0	0.54	0.06	0	0.06
203	2/11/2006	5:10	392	0.27	0.16	-0.86 85,532.31	47,765.86	224	227	226	0.47	0.44	0.53	0.05	0.03	0.07
204	2/11/2006	5:20	389	0.17	0.12	1 85,532.33	47,765.86	224	226	224	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
205	2/11/2006	5:30	390	0.28	0.16	-0.84 85,532.36	47,765.86	223	227	225	0.45	0.39	0.53	0.06	0	0.06

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

206	2/11/2006	5:40	389	0.27	0.16	-0.86	85,532.38	47,765.86	223	226	224	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
207	2/11/2006	5:50	389	0.17	0.12	1	85,532.40	47,765.86	224	227	224	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
208	2/11/2006	6:00	391	0.25	0.15	0.88	85,532.42	47,765.86	224	228	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
209	2/11/2006	6:20	391	0.18	0.12	-0.99	85,532.46	47,765.86	225	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0.04	0.06
210	2/11/2006	6:30	392	0.19	0.13	-0.99	85,532.49	47,765.86	225	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
211	2/11/2006	6:40	392	0.17	0.11	-0.99	85,532.51	47,765.86	225	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0.05	0.07
212	2/11/2006	6:50	392	0.27	0.15	-0.84	85,532.53	47,765.86	225	228	226	0.45	0.45	0.53	0.05	0.04	0.07
213	2/11/2006	7:00	391	0.29	0.17	-0.84	85,532.55	47,765.86	225	228	225	0.46	0	0.53	0.06	0.03	0.07
214	2/11/2006	7:10	391	0.2	0.13	-0.99	85,532.57	47,765.86	225	227	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
215	2/11/2006	7:20	390	0.2	0.13	0.99	85,532.59	47,765.86	224	226	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
216	2/11/2006	7:30	390	6.81	3.78	0.82	85,533.20	47,766.29	225	226	225	6.71	6.92	6.66	1.18	1.26	1.23
217	2/11/2006	7:40	392	6.72	3.72	0.82	85,533.82	47,766.72	225	228	225	6.5	7.09	6.79	1.21	1.31	1.25
218	2/11/2006	7:50	389	6.65	3.68	0.82	85,534.44	47,767.16	224	226	224	6.54	6.72	6.67	1.21	1.24	1.24
219	2/11/2006	8:00	391	6.69	3.72	0.82	85,535.06	47,767.59	225	227	225	6.48	6.86	6.72	1.21	1.27	1.24
220	2/11/2006	8:10	389	43.1	25	0.86	85,538.34	47,769.59	223	226	224	40.8	44.7	43.9	7.9	8.86	8.27
221	2/11/2006	8:20	388	12.7	7.02	0.83	85,540.22	47,770.76	223	225	223	12.4	13.1	12.5	2.33	2.41	2.27
222	2/11/2006	8:30	387	12.7	7.03	0.83	85,541.39	47,771.56	222	224	223	12.4	13.1	12.6	2.33	2.42	2.29
223	2/11/2006	8:40	387	12.8	7.14	0.83	85,542.58	47,772.35	223	225	223	12.5	13	12.9	2.33	2.4	2.4

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

224	2/11/2006	8:50	387	13	7.27	0.84	85,543.78	47,773.15	222	224	223	12.5	13.1	13.5	2.33	2.41	2.54
225	2/11/2006	9:00	386	12.9	7.24	0.84	85,544.99	47,773.94	222	224	223	12.4	13	13.4	2.32	2.4	2.53
226	2/11/2006	9:10	387	12.9	7.22	0.84	85,546.20	47,774.73	223	225	223	12.4	13	13.4	2.31	2.4	2.54
227	2/11/2006	9:20	388	57.9	33	0.85	85,548.86	47,776.49	223	225	224	58.5	55	60.5	10.7	10.5	11.8
228	2/11/2006	9:30	387	74.6	43.1	0.86	85,556.76	47,781.25	222	224	223	76.5	70.7	77	14.3	13.6	15.3
229	2/11/2006	9:40	392	0.96	0.48	-0.73	85,561.75	47,784.16	225	228	226	0	0	3.22	0	0	0.49
230	2/11/2006	9:50	391	18.6	10.1	0.8	85,562.18	47,784.45	225	227	225	17.4	18.3	19.2	3.29	3.24	3.53
231	2/11/2006	10:00	388	18.4	9.95	0.8	85,563.86	47,785.69	223	226	224	17.5	19	19.2	3.34	3.2	3.5
232	2/11/2006	10:10	387	18.3	9.87	0.81	85,565.51	47,786.89	223	225	223	17.6	18.4	19	3.18	3.28	3.47
233	2/11/2006	10:30	386	18.2	9.87	0.81	85,568.66	47,789.19	223	224	223	17.5	18.3	18.9	3.17	3.23	3.46
234	2/11/2006	10:40	387	18.2	9.85	0.81	85,570.30	47,790.38	223	224	223	17.6	18.2	18.8	3.15	3.22	3.46
235	2/11/2006	10:50	387	18.1	9.77	0.81	85,571.95	47,791.58	223	224	223	17.6	18.1	18.6	3.14	3.22	3.42
236	2/11/2006	11:00	388	18.2	9.84	0.81	85,573.59	47,792.79	223	225	223	17.5	18.2	18.9	3.15	3.24	3.46
237	2/11/2006	11:10	388	18.2	9.86	0.8	85,575.23	47,794.00	224	226	224	17.5	18.3	19	3.15	3.24	3.48
238	2/11/2006	11:20	388	18.2	9.85	0.81	85,576.87	47,795.22	223	225	223	17.4	18.3	18.8	3.13	3.26	3.46
239	2/11/2006	11:30	383	18.2	9.82	0.81	85,578.34	47,796.28	220	222	220	17.4	18.2	18.9	3.1	3.23	3.44

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

240	2/11/2006	11:40	384	18.2	9.82	0.81	85,579.98	47,797.45	221	223	222	17.3	18.3	19	3.11	3.25	3.46
241	2/11/2006	11:50	391	18.2	9.86	0.8	85,581.62	47,798.65	225	227	225	17.3	18.3	19	3.13	3.27	3.46
242	2/11/2006	12:00	388	0.91	0.49	-0.8	85,582.31	47,799.13	223	225	224	0.45	0.46	3.13	0.02	0.05	0.42
243	2/11/2006	12:10	388	0.91	0.5	0.81	85,582.39	47,799.13	223	225	224	0.46	0.45	3.11	0.01	0.05	0.41
244	2/11/2006	12:20	387	0.92	0.49	0.8	85,582.49	47,799.13	226	225	223	0.47	0.46	3.12	0.02	0.06	0.41
245	2/11/2006	12:30	385	0.92	0.49	-0.79	85,582.61	47,799.13	222	224	223	0.46	0.43	3.13	0.02	0.05	0.41
246	2/11/2006	12:40	388	0.91	0.5	-0.81	85,582.69	47,799.13	224	225	224	0.48	0.58	3.1	0.02	0.06	0.41
247	2/11/2006	12:50	385	0.91	0.48	-0.79	85,582.77	47,799.13	221	223	222	0.47	0.66	3.13	0.02	0.07	0.41
248	2/11/2006	13:00	386	18.4	9.85	0.8	85,583.29	47,799.48	222	224	222	17.5	18.6	19	7.96	7.53	9.17
249	2/11/2006	13:10	381	77	44.4	0.87	85,590.55	47,803.65	219	222	220	78.7	73.1	79.5	14.7	14	15.7
250	2/11/2006	13:20	379	77.2	44.4	0.88	85,597.96	47,807.76	218	220	218	78.9	73.1	79.9	14.7	14	15.7
251	2/11/2006	13:40	385	76.3	44.2	0.87	85,611.76	47,815.57	222	224	222	78.2	72.6	78.5	14.7	13.9	15.6
252	2/11/2006	13:50	386	76.4	44.4	0.87	85,619.13	47,819.78	222	224	222	78.1	72.4	79	14.7	14	15.6
253	2/11/2006	14:00	386	76.2	44.3	0.87	85,626.50	47,824.02	222	224	223	78.1	72.1	78.7	14.7	14	15.6
254	2/11/2006	14:10	387	76	44	0.87	85,633.84	47,828.26	222	225	223	77.8	72	78.2	14.5	13.9	15.6
255	2/11/2006	14:20	387	75.9	44	0.86	85,641.17	47,832.52	223	225	224	77.8	72	78.2	14.7	13.8	15.5
256	2/11/2006	14:30	388	75.8	44	0.86	85,648.50	47,836.81	223	226	224	77.8	72.1	77.7	14.6	13.9	15.5

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

257	2/11/2006	14:40	390	59.8	34.4	0.85	85,655.96	47,841.32	223	226	224	60.2	57	62.2	11.2	11	12.2
258	2/11/2006	14:50	391	59.4	34.2	0.85	85,661.68	47,844.84	224	226	225	60.3	57.4	62	11.2	11	12.2
259	2/11/2006	15:00	384	60.1	34.5	0.86	85,667.40	47,848.30	221	224	222	60.2	57	62.5	11.1	11	12.2
260	2/11/2006	15:10	381	60.2	34.4	0.87	85,673.15	47,851.67	220	222	221	60.6	57.5	62.9	11.2	11	12.3
261	2/11/2006	15:20	382	60.1	34.4	0.86	85,678.96	47,855.03	220	222	220	60.3	57.1	62.8	11.1	11	12.2
262	2/11/2006	15:30	383	59.9	34.2	0.86	85,684.68	47,858.39	220	222	221	60.3	57.2	62.9	11.1	11	12.3
263	2/11/2006	15:40	383	59.6	34	0.86	85,690.00	47,861.53	220	223	221	60	56.8	62.3	11	10.9	12.2
264	2/11/2006	15:50	386	59.8	34.4	0.86	85,695.73	47,864.94	221	225	223	59.8	57.4	62.4	11.1	11.1	12.2
265	2/11/2006	16:00	386	59.6	34.2	0.86	85,701.47	47,868.37	221	224	222	59.7	57	62.2	11	11	12.1
266	2/11/2006	16:10	391	59.5	34.3	0.85	85,707.20	47,871.84	224	227	225	60	56.9	62	11.1	11	12.2
267	2/11/2006	16:20	393	59.5	34.2	0.85	85,712.91	47,875.41	225	228	226	59.8	56.8	61.8	11.1	11	12.2
268	2/11/2006	16:30	394	7.23	4.12	0.84	85,715.68	47,877.17	226	229	227	6.41	6.81	8.27	1.18	1.26	1.61
269	2/11/2006	16:40	390	7.21	4.07	0.84	85,716.13	47,877.47	224	227	225	6.55	6.79	8.25	1.18	1.25	1.68
270	2/11/2006	16:50	391	6.98	3.94	0.83	85,716.94	47,878.01	225	228	226	6.44	6.83	7.77	1.2	1.27	1.51
271	2/11/2006	17:00	392	6.96	3.93	0.83	85,717.60	47,878.44	225	228	226	6.5	6.88	7.57	1.21	1.27	1.45
272	2/11/2006	17:10	390	6.93	3.91	0.83	85,718.25	47,878.88	224	227	225	6.48	6.79	7.55	1.2	1.26	1.46
273	2/11/2006	17:20	388	6.93	3.9	0.84	85,718.91	47,879.31	224	226	224	6.6	6.87	7.55	1.24	1.26	1.45

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

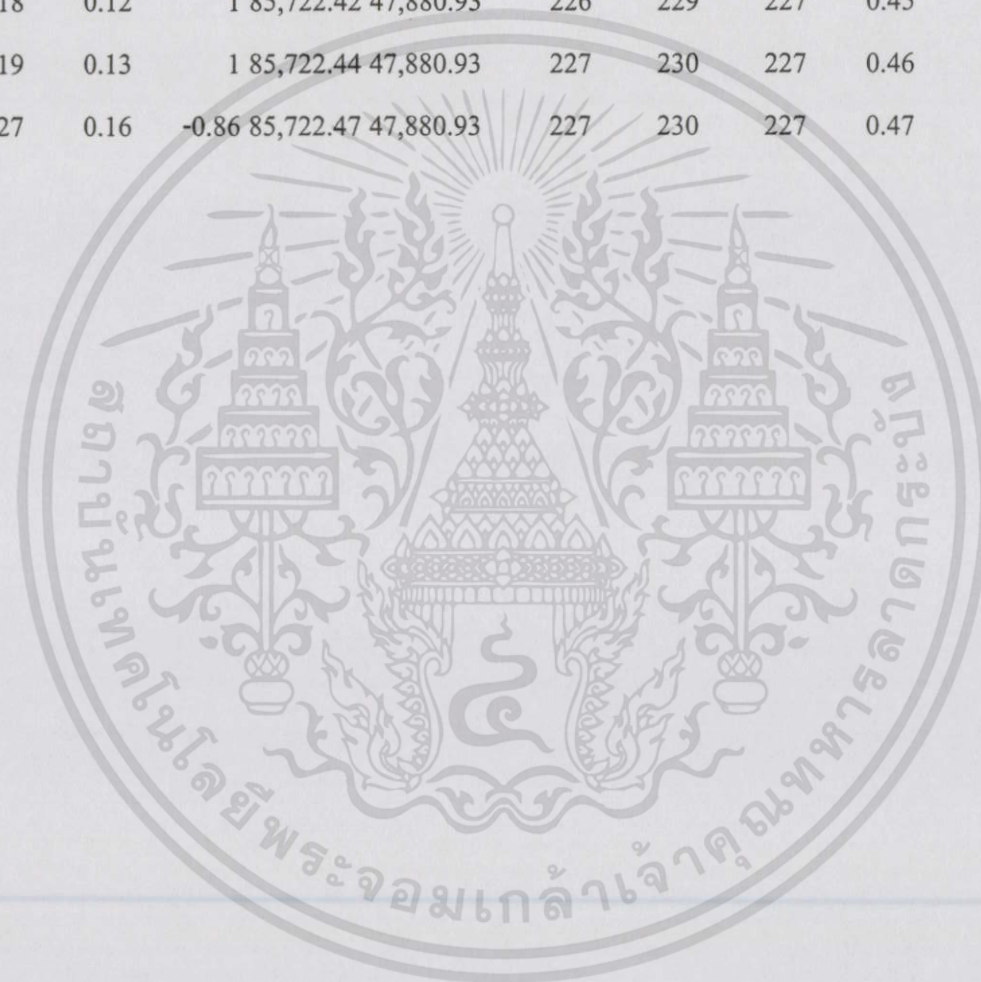
274	2/11/2006	17:30	395	7.01	3.97	0.83	85,719.56	47,879.74	227	230	228	6.49	6.95	7.52	1.21	1.28	1.45
275	2/11/2006	17:50	389	7.23	4.13	0.85	85,720.77	47,880.56	223	226	223	6.49	6.89	8.15	1.21	1.26	1.61
276	2/11/2006	18:00	391	0.4	0.27	-0.99	85,721.32	47,880.91	224	228	225	0.46	0	1.31	0.03	0	0.19
277	2/11/2006	18:10	390	0.42	0.28	-0.99	85,721.36	47,880.91	224	227	225	0.45	0	1.29	0.04	0	0.19
278	2/11/2006	18:20	390	0.41	0.27	-0.99	85,721.41	47,880.91	223	227	224	0.45	0.46	1.3	0.03	0.05	0.19
279	2/11/2006	18:30	391	0.51	0.27	-0.78	85,721.45	47,880.91	225	228	225	0.46	0.49	1.31	0.04	0.04	0.19
280	2/11/2006	18:40	392	0.4	0.27	-0.99	85,721.50	47,880.91	225	229	225	0.46	0.46	1.31	0.04	0.05	0.19
281	2/11/2006	18:50	397	0.41	0.28	-0.99	85,721.55	47,880.91	228	232	228	0.47	0.38	1.31	0.04	0	0.2
282	2/11/2006	19:00	392	1.02	0.59	-0.85	85,721.60	47,880.91	225	228	225	0.48	0.49	2.96	0	0.06	0.47
283	2/11/2006	19:10	391	0.41	0.27	-0.99	85,721.65	47,880.91	224	228	225	0.48	0.45	1.3	0.04	0.04	0.19
284	2/11/2006	19:20	393	0.75	0.5	-0.99	85,721.70	47,880.91	226	229	225	0.46	0.44	2.8	0.02	0.08	0.54
285	2/11/2006	19:30	392	0.52	0.28	-0.79	85,721.75	47,880.91	225	229	225	0.45	0.46	1.31	0.03	0.06	0.19
286	2/11/2006	19:40	394	0.52	0.28	-0.77	85,721.79	47,880.91	226	230	226	0.46	0.42	1.29	0.04	0.04	0.19
287	2/11/2006	19:50	397	0.43	0.29	0.99	85,721.84	47,880.91	228	231	228	0.46	0.46	1.3	0.04	0.04	0.19
288	2/11/2006	20:00	392	0.42	0.28	-0.99	85,721.88	47,880.91	225	229	225	0.46	0.45	1.31	0.04	0.05	0.19
289	2/11/2006	20:10	393	0.29	0.16	-0.83	85,721.93	47,880.91	226	229	226	0.46	0	0.54	0.06	0	0.07
290	2/11/2006	20:20	394	0.18	0.12	1	85,721.95	47,880.92	226	230	226	0.47	0.47	0.53	0.06	0.03	0.06

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

291	2/11/2006	20:30	397	0.29	0.16	-0.81	85,721.98	47,880.92	227	232	228	0.46	0.42	0.53	0.06	0.04	0.07
292	2/11/2006	20:40	392	0.28	0.16	0.87	85,722.00	47,880.92	225	229	226	0.47	0.47	0.53	0.06	0.04	0.06
293	2/11/2006	21:00	391	0.17	0.12	1	85,722.05	47,880.92	225	229	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
294	2/11/2006	21:10	393	0.18	0.12	1	85,722.07	47,880.92	225	229	225	0.46	0.45	0.53	0.05	0.04	0.07
295	2/11/2006	21:20	392	0.18	0.12	-0.99	85,722.10	47,880.92	225	229	225	0.46	0	0.52	0.05	0.04	0.07
296	2/11/2006	21:30	393	0.27	0.15	-0.82	85,722.12	47,880.92	225	229	226	0.47	0.38	0.53	0.05	0	0.07
297	2/11/2006	21:40	393	0.29	0.17	-0.83	85,722.14	47,880.92	225	228	226	0.45	0.32	0.53	0.06	0	0.07
298	2/11/2006	21:50	394	0.19	0.13	1	85,722.17	47,880.93	225	229	226	0.49	0	0.53	0.06	0	0.07
299	2/11/2006	22:00	392	0.26	0.15	-0.85	85,722.19	47,880.93	225	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0.04	0.07
300	2/11/2006	22:10	392	0.18	0.13	0.99	85,722.22	47,880.93	225	229	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
301	2/11/2006	22:20	393	0.18	0.12	1	85,722.24	47,880.93	225	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
302	2/11/2006	22:30	396	0.18	0.12	1	85,722.26	47,880.93	227	231	228	0.47	0.47	0.53	0.05	0.04	0.07
303	2/11/2006	22:40	393	0.18	0.12	1	85,722.29	47,880.93	224	228	225	0.47	0.44	0.53	0.06	0.04	0.07
304	2/11/2006	22:50	393	0.19	0.13	0.99	85,722.31	47,880.93	225	229	226	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
305	2/11/2006	23:00	394	0.27	0.15	0.82	85,722.34	47,880.93	226	232	227	0.47	0.43	0.53	0.05	0.04	0.1
306	2/11/2006	23:10	394	0.27	0.16	-0.86	85,722.37	47,880.93	227	229	227	0.47	0	0.71	0.06	0	0.07
307	2/11/2006	23:20	398	0.19	0.13	0.99	85,722.39	47,880.93	228	232	229	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

308	2/11/2006	23:30	394	0.18	0.12	1 85,722.42	47,880.93	226	229	227	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07	
309	2/11/2006	23:40	395	0.19	0.13	1 85,722.44	47,880.93	227	230	227	0.46	0	0.53	0.06	0.04	0.07	
310	2/11/2006	23:50	395	0.27	0.16	-0.86	85,722.47	47,880.93	227	230	227	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06



ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

ตารางสรุปค่าของ Digital กรณีที่ 2

Meter

ลำดับที่	วันที่	เวลา	VL	IL	kW	PF	kWh	kVARh	VL1	VL2	VL3	IL1	IL2	IL3	PL1	PL2	PL3
23	1/11/2006	0:00	392	0.28	0.16	-0.86	85,292.60	47,618.52	225	229	226	0.47	0.35	0.55	0.06	0	0.06
24	1/11/2006	0:10	391	0.17	0.11	1	85,292.63	47,618.52	225	228	225	0.45	0	0.53	0.06	0	0.06
25	1/11/2006	0:20	393	0.18	0.12	1	85,292.65	47,618.52	225	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
26	1/11/2006	0:30	392	0.18	0.12	1	85,292.67	47,618.52	225	228	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
27	1/11/2006	0:40	392	0.18	0.12	1	85,292.69	47,618.52	226	229	226	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
28	1/11/2006	0:50	393	0.17	0.12	1	85,292.72	47,618.52	226	229	227	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
29	1/11/2006	1:00	393	0.18	0.12	0.99	85,292.74	47,618.52	226	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.06
30	1/11/2006	1:10	393	0.28	0.16	-0.84	85,292.76	47,618.52	225	228	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
31	1/11/2006	1:20	393	0.28	0.16	-0.82	85,292.79	47,618.52	225	229	226	0.47	0	0.53	0.06	0	0.06
32	1/11/2006	1:30	395	0.19	0.13	1	85,292.81	47,618.52	226	230	227	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
33	1/11/2006	1:40	395	0.23	0.15	-0.97	85,292.83	47,618.52	227	230	228	0.46	0.47	0.53	0.05	0.04	0.07
34	1/11/2006	1:50	396	0.18	0.12	1	85,292.85	47,618.52	227	230	227	0.46	0.42	0.54	0.06	0.04	0.07
35	1/11/2006	2:00	395	0.18	0.13	0.99	85,292.87	47,618.52	227	230	228	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
36	1/11/2006	2:10	396	0.17	0.12	1	85,292.90	47,618.52	228	231	228	0.45	0	0.53	0.05	0.04	0.07
37	1/11/2006	2:20	398	0.17	0.12	1	85,292.92	47,618.52	227	231	229	0.48	0	0.53	0.06	0	0.07
38	1/11/2006	2:30	397	0.29	0.17	-0.85	85,292.94	47,618.52	228	231	228	0.46	0.45	0.53	0.06	0.03	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

39	1/11/2006	2:40	395	0.29	0.17	0.83	85,292.97	47,618.52	227	230	227	0.46	0.43	0.53	0.06	0.04	0.07
40	1/11/2006	2:50	395	0.2	0.13	0.99	85,292.99	47,618.52	227	230	229	0.46	0.47	0.53	0.05	0.04	0.07
41	1/11/2006	3:10	393	0.35	0.2	-0.84	85,293.04	47,618.52	226	230	226	0.46	0.4	0.53	0.06	0	0.07
42	1/11/2006	3:20	394	0.19	0.13	1	85,293.06	47,618.52	226	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
43	1/11/2006	3:30	393	0.18	0.12	1	85,293.08	47,618.52	226	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
44	1/11/2006	3:40	393	0.19	0.13	1	85,293.10	47,618.52	225	229	229	0.45	0	0.53	0.06	0.04	0.07
45	1/11/2006	3:50	394	0.19	0.13	0.99	85,293.13	47,618.52	226	229	227	0.47	0	0.53	0.07	0	0.07
46	1/11/2006	4:00	395	0.33	0.18	-0.82	85,293.15	47,618.52	227	229	227	0.47	0.44	0.53	0.06	0.06	0.06
47	1/11/2006	4:10	395	0.2	0.13	1	85,293.18	47,618.53	227	230	227	0.45	0	0.7	0.06	0	0.06
48	1/11/2006	4:20	395	0.28	0.16	-0.86	85,293.20	47,618.53	226	230	227	0.48	0	0.53	0.06	0	0.07
49	1/11/2006	4:30	394	0.29	0.16	-0.81	85,293.23	47,618.53	227	229	227	0.47	0.44	0.53	0.06	0.04	0.07
50	1/11/2006	4:40	393	0.2	0.14	-0.99	85,293.25	47,618.53	226	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0.04	0.07
51	1/11/2006	4:50	395	0.18	0.12	1	85,293.27	47,618.53	228	230	228	0.46	0.45	0.53	0.05	0.03	0.07
52	1/11/2006	5:00	394	0.3	0.17	-0.83	85,293.29	47,618.53	226	232	226	0.46	0.37	0.53	0.06	0	0.07
53	1/11/2006	5:10	392	0.17	0.11	1	85,293.31	47,618.53	225	229	226	0.46	0.42	0.53	0.06	0.03	0.06
54	1/11/2006	5:20	391	0.29	0.16	-0.83	85,293.33	47,618.53	225	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
55	1/11/2006	5:30	392	0.34	0.2	-0.86	85,293.36	47,618.53	225	229	226	0.46	0.4	0.53	0.06	0	0.07
56	1/11/2006	5:40	393	0.19	0.13	-0.99	85,293.38	47,618.53	225	229	226	0.44	0	0.53	0.06	0	0.07
57	1/11/2006	5:50	393	0.19	0.13	-0.99	85,293.40	47,618.53	226	229	226	0.46	0.46	0.53	0.05	0.04	0.06

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

58	1/11/2006	6:00	393	0.19	0.13	1	85,293.42	47,618.53	225	229	226	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
59	1/11/2006	6:10	393	0.18	0.12	0.99	85,293.43	47,618.53	226	229	226	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
60	1/11/2006	6:20	394	0.27	0.16	-0.85	85,293.46	47,618.53	226	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
61	1/11/2006	6:30	395	0.19	0.13	1	85,293.48	47,618.53	226	230	228	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
62	1/11/2006	6:40	396	0.19	0.13	-0.99	85,293.51	47,618.53	228	230	228	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
63	1/11/2006	6:50	396	0.17	0.12	0.99	85,293.53	47,618.53	227	230	228	0.46	0.35	0.53	0.05	0	0.07
64	1/11/2006	7:00	396	0.17	0.12	1	85,293.55	47,618.53	228	230	228	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
65	1/11/2006	7:20	392	6.74	3.75	0.82	85,294.92	47,619.51	226	228	226	6.6	6.88	6.68	1.23	1.26	1.25
66	1/11/2006	7:30	393	6.65	3.69	0.82	85,295.54	47,619.95	226	228	226	6.48	6.82	6.68	1.2	1.27	1.24
67	1/11/2006	7:40	391	6.65	3.69	0.82	85,296.16	47,620.39	225	227	226	6.55	6.81	6.55	1.21	1.25	1.22
68	1/11/2006	7:50	390	6.66	3.7	0.82	85,296.78	47,620.82	224	226	225	6.53	6.87	6.6	1.22	1.26	1.22
69	1/11/2006	8:00	388	12.7	7.04	0.82	85,297.58	47,621.36	223	225	224	12.4	13.1	12.6	2.32	2.42	2.29
70	1/11/2006	8:10	389	12.7	7.04	0.82	85,298.76	47,622.17	223	226	224	12.4	13	12.5	2.31	2.4	2.31
71	1/11/2006	8:20	390	12.7	7.06	0.82	85,299.83	47,622.91	224	227	225	12.5	13	12.5	2.33	2.41	2.3
72	1/11/2006	8:30	386	12.8	7.13	0.83	85,301.01	47,623.71	222	224	223	12.4	13.1	12.9	2.31	2.4	2.4
73	1/11/2006	8:40	385	13	7.28	0.84	85,302.20	47,624.50	221	224	222	12.5	13	13.5	2.32	2.4	2.57
74	1/11/2006	8:50	387	12.9	7.23	0.84	85,303.41	47,625.28	223	225	224	12.4	13	13.4	2.32	2.41	2.54
75	1/11/2006	9:00	387	58.3	33.3	0.85	85,306.16	47,627.10	222	225	223	58.9	55.4	60.6	10.8	10.6	11.8
76	1/11/2006	9:10	388	59.6	34.2	0.85	85,311.82	47,630.60	223	225	224	60.3	56.8	61.8	11.1	10.9	12.1

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

77	1/11/2006	9:20	387	59.7	34.3	0.86	85,316.54	47,633.48	223	225	224	60.3	57	61.9	11.1	11	12.2
78	1/11/2006	9:30	387	59.8	34.3	0.86	85,322.24	47,636.95	222	224	223	60.3	56.9	62	11.1	10.9	12.1
79	1/11/2006	9:40	386	59.6	34.1	0.86	85,327.95	47,640.39	222	224	223	60	56.9	61.6	11.1	10.9	12
80	1/11/2006	9:50	386	59.4	34	0.86	85,333.64	47,643.82	222	224	222	59.9	56.6	61.9	11.1	10.9	12.1
81	1/11/2006	10:00	392	59.1	34	0.85	85,339.32	47,647.29	225	228	226	59.7	56.6	61.2	11.1	10.9	12
82	1/11/2006	10:10	392	59.4	34.1	0.85	85,345.00	47,650.87	225	228	226	60.3	56.7	61.2	11.2	10.8	12.1
83	1/11/2006	10:20	390	59.4	34.1	0.85	85,350.97	47,654.63	224	227	225	60	56.8	61.5	11.1	10.9	12
84	1/11/2006	10:20	390	59.4	34.1	0.85	85,350.97	47,654.63	224	227	225	60	56.8	61.5	11.1	10.9	12
85	1/11/2006	10:30	390	59	33.9	0.85	85,357.70	47,658.82	224	226	225	59.7	56.4	61.1	11.1	10.9	12
86	1/11/2006	10:40	391	59.4	34.2	0.85	85,363.36	47,662.33	224	226	225	59.9	56.9	61.5	11.1	11	12.1
87	1/11/2006	10:50	390	59.3	34	0.85	85,369.11	47,665.90	224	227	225	59.9	56.8	61.2	11.1	10.9	12
88	1/11/2006	11:00	390	59.3	34	0.85	85,374.78	47,669.44	224	226	225	59.9	56.7	61.4	11.1	10.9	12
89	1/11/2006	11:10	391	59.3	34.1	0.85	85,380.45	47,672.97	225	227	225	60.1	56.8	61.2	11.1	11	12
90	1/11/2006	11:20	392	59.5	34.2	0.85	85,386.13	47,676.55	225	228	226	59.9	57	61.7	11.1	11	12.1
91	1/11/2006	11:30	392	59.4	34.1	0.85	85,391.28	47,679.80	225	228	226	60	56.9	61.3	11.1	10.9	12.1
92	1/11/2006	11:40	390	59.3	34	0.85	85,396.96	47,683.39	224	227	225	59.8	56.9	61.3	11.1	10.9	12
93	1/11/2006	11:50	386	59.4	34.1	0.86	85,402.64	47,686.96	222	224	223	60	56.9	61.5	11.1	10.9	12
94	1/11/2006	12:00	388	0.6	0.35	0.88	85,404.40	47,688.01	223	226	224	0.47	0	2.11	0.03	0.04	0.29
95	1/11/2006	12:10	393	0.59	0.36	0.89	85,404.46	47,688.01	226	228	226	0.47	0.45	2.08	0.02	0.04	0.28

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

96	1/11/2006	12:20	393	0.78	0.37	-0.69	85,404.52	47,688.01	225	228	226	0.46	0.46	2.12	0.03	0.05	0.29
97	1/11/2006	12:30	391	0.77	0.37	-0.72	85,404.57	47,688.01	225	227	225	0.45	0.46	2.08	0.03	0.09	0.29
98	1/11/2006	12:40	394	0.62	0.32	0.75	85,404.65	47,688.01	226	229	227	0.46	0.47	2.11	0.03	0.04	0.28
99	1/11/2006	12:50	392	0.6	0.36	0.87	85,404.71	47,688.01	225	228	226	0.47	0	2.09	0.03	0	0.29
100	1/11/2006	13:00	387	61	35	0.86	85,405.89	47,688.78	223	225	223	61.4	58	63	11.3	11.2	12.3
101	1/11/2006	13:10	385	62.2	35.9	0.87	85,411.79	47,692.27	221	224	222	60.9	58.4	67.5	11.3	11.2	13.4
102	1/11/2006	13:20	388	60.5	34.8	0.86	85,417.66	47,695.73	223	225	224	60.8	58	62.7	11.3	11.2	12.3
103	1/11/2006	13:30	387	61.6	35.7	0.86	85,421.56	47,698.05	222	225	223	60.7	57.8	66.8	11.3	11.2	13.3
104	1/11/2006	13:40	388	59.9	34.4	0.86	85,428.85	47,702.42	224	225	223	60.4	57.7	62	11.3	11.1	12.1
105	1/11/2006	13:50	386	59.9	34.4	0.86	85,434.60	47,705.88	222	225	222	60.5	57.5	61.9	11.3	11	12.1
106	1/11/2006	14:00	390	59.8	34.4	0.85	85,440.34	47,709.37	224	227	225	60	57.7	61.9	11.2	11.2	12.1
107	1/11/2006	14:10	391	59.9	34.5	0.85	85,446.10	47,712.91	225	227	225	60.5	57.4	61.9	11.3	11	12.2
108	1/11/2006	14:20	392	59.5	34.2	0.85	85,451.81	47,716.48	225	228	226	60.2	57.1	61.3	11.2	11	12.1
109	1/11/2006	14:40	391	59.3	34.1	0.85	85,464.55	47,724.32	224	227	225	59.6	57.1	61.3	11.1	11	12
110	1/11/2006	14:50	389	60.7	35.2	0.86	85,470.23	47,727.86	223	226	224	59.6	57	65.8	11	10.9	13.2
111	1/11/2006	15:00	390	59.2	34	0.85	85,475.90	47,731.36	224	227	225	59.3	57.3	61	11.1	11	11.9
112	1/11/2006	15:10	387	60.9	35.2	0.86	85,481.59	47,734.84	223	225	223	59.6	57	66	11.1	10.9	13.2
113	1/11/2006	15:20	387	59.4	34.1	0.86	85,487.29	47,738.29	222	225	223	60.1	57.1	61.3	11.1	11	11.9
114	1/11/2006	15:30	388	59.2	33.9	0.85	85,492.94	47,741.74	223	225	224	59.4	57	61.1	11	10.9	11.9

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

115	1/11/2006	15:40	388	58.8	33.7	0.85	85,497.67	47,744.65	223	226	224	59.3	56.5	60.6	11	10.8	11.8
116	1/11/2006	15:50	391	58.8	33.7	0.85	85,503.32	47,748.15	225	227	226	59.4	56.4	60.7	11	10.8	11.9
117	1/11/2006	16:00	391	58.8	33.7	0.85	85,508.94	47,751.69	225	227	225	59.5	56.5	60.8	11	10.9	11.9
118	1/11/2006	16:10	393	64.7	36.9	0.84	85,514.58	47,755.26	225	229	226	65.1	62.6	66.5	12	12	12.9
119	1/11/2006	16:20	390	6.97	3.93	0.84	85,520.03	47,758.74	224	226	225	6.45	6.86	7.63	1.21	1.27	1.47
120	1/11/2006	16:30	392	6.98	3.94	0.83	85,520.69	47,759.18	225	228	226	6.48	6.81	7.59	1.2	1.26	1.46
121	1/11/2006	16:40	387	6.97	3.92	0.84	85,521.47	47,759.70	222	225	223	6.51	6.83	7.56	1.21	1.25	1.45
122	1/11/2006	16:50	390	6.78	3.8	0.83	85,522.10	47,760.12	224	227	225	6.48	6.81	7.03	1.2	1.25	1.33
123	1/11/2006	17:00	390	6.79	3.8	0.83	85,522.74	47,760.55	224	227	225	6.46	6.82	7.06	1.2	1.26	1.33
124	1/11/2006	17:10	390	6.81	3.83	0.83	85,523.37	47,760.97	224	227	225	6.44	6.83	6.83	1.21	1.26	1.29
125	1/11/2006	17:20	388	6.69	3.73	0.83	85,524.00	47,761.40	223	226	223	6.35	6.81	7.06	1.18	1.27	1.34
126	1/11/2006	17:30	388	6.76	3.78	0.83	85,524.64	47,761.81	223	225	224	6.41	6.86	7.03	1.25	1.27	1.33
127	1/11/2006	17:40	386	6.88	3.85	0.84	85,525.22	47,762.19	222	224	222	6.49	6.7	7.47	1.2	1.22	1.43
128	1/11/2006	17:50	383	6.97	3.9	0.84	85,525.88	47,762.61	220	224	220	6.45	6.88	7.55	1.19	1.27	1.44
129	1/11/2006	18:00	383	7.03	3.94	0.84	85,526.53	47,763.02	219	224	220	6.34	6.9	7.51	1.17	1.26	1.43
130	1/11/2006	18:10	384	6.95	3.89	0.84	85,527.18	47,763.44	220	224	221	6.45	7.15	7.45	1.21	1.26	1.41
131	1/11/2006	18:20	383	6.79	3.79	0.84	85,527.83	47,763.85	220	224	220	6.45	6.97	6.97	1.19	1.28	1.31
132	1/11/2006	18:30	384	6.77	3.77	0.84	85,528.46	47,764.25	220	224	221	6.41	7.01	6.93	1.21	1.29	1.29
133	1/11/2006	18:50	389	6.79	3.82	0.83	85,529.66	47,765.04	223	227	224	6.46	6.94	6.89	1.21	1.28	1.31

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

134	1/11/2006	19:00	389	6.79	3.81	0.83	85,530.30	47,765.46	223	227	224	6.47	6.93	6.97	1.21	1.28	1.32
135	1/11/2006	19:10	389	0.36	0.22	-0.88	85,530.86	47,765.83	223	227	223	0.46	0	1.22	0.02	0	0.18
136	1/11/2006	19:20	390	0.5	0.26	-0.78	85,530.90	47,765.83	223	227	224	0.47	0.39	1.21	0.03	0.05	0.18
137	1/11/2006	19:30	392	0.39	0.26	1	85,530.94	47,765.83	224	228	225	0.47	0.43	1.26	0.04	0.05	0.19
138	1/11/2006	19:40	392	0.47	0.26	-0.8	85,530.98	47,765.83	225	229	225	0.47	0.45	1.21	0.05	0.04	0.18
139	1/11/2006	19:50	392	0.51	0.27	-0.77	85,531.03	47,765.83	224	229	225	0.47	0.46	1.25	0.04	0	0.18
140	1/11/2006	20:00	391	0.49	0.26	-0.8	85,531.07	47,765.83	225	229	225	0.46	0.45	1.24	0.04	0.04	0.18
141	1/11/2006	20:10	393	0.34	0.21	-0.89	85,531.12	47,765.83	226	230	226	0.47	0.41	1.19	0.04	0.05	0.17
142	1/11/2006	20:20	396	0.18	0.12	1	85,531.14	47,765.83	227	231	227	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
143	1/11/2006	20:30	397	0.18	0.12	1	85,531.17	47,765.83	228	232	228	0.46	0	0.53	0.04	0	0.07
144	1/11/2006	20:40	385	0.3	0.15	-0.74	85,531.18	47,765.83	221	225	222	0.48	0	0.53	0.05	0	0.07
145	1/11/2006	20:50	382	0.18	0.12	-0.99	85,531.20	47,765.84	221	226	223	0.47	0	0.53	0.07	0	0.06
146	1/11/2006	21:00	387	0.3	0.16	-0.76	85,531.22	47,765.84	222	225	223	0.46	0.39	0.53	0.05	0.05	0.07
147	1/11/2006	21:10	387	0.22	0.14	-0.98	85,531.23	47,765.84	222	226	223	0.46	0	0.53	0.06	0.05	0.06
148	1/11/2006	21:20	388	0.18	0.12	1	85,531.27	47,765.84	223	226	224	0.46	0.78	0.53	0.04	0	0.06
149	1/11/2006	21:30	388	0.42	0.16	-0.55	85,531.28	47,765.84	223	226	223	0.45	0.33	0.53	0.04	0	0.06
150	1/11/2006	21:40	388	0.23	0.15	-0.97	85,531.31	47,765.84	224	225	224	0.47	0.66	0.53	0.06	0.02	0.07
151	1/11/2006	21:50	389	0.17	0.12	1	85,531.32	47,765.84	223	226	224	0.47	0	0.54	0.06	0.06	0.07
152	1/11/2006	22:00	389	0.43	0.17	-0.59	85,531.35	47,765.84	224	227	224	0.47	0	0.54	0.05	0	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

153	1/11/2006	22:10	388	0.26	0.14	-0.8	85,531.37	47,765.85	224	226	224	0.45	0	0.52	0.05	0	0.07
154	1/11/2006	22:20	390	0.25	0.14	-0.86	85,531.39	47,765.85	224	227	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
155	1/11/2006	22:30	390	0.17	0.11	1	85,531.42	47,765.85	227	228	225	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
156	1/11/2006	22:40	392	0.17	0.11	1	85,531.44	47,765.85	225	228	225	0.46	0.43	0.53	0.05	0.03	0.06
157	1/11/2006	23:00	389	0.18	0.12	0.99	85,531.48	47,765.85	223	227	224	0.46	0	0.61	0.05	0	0.06
158	1/11/2006	23:10	395	0.17	0.12	1	85,531.50	47,765.85	227	230	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.1
159	1/11/2006	23:20	398	0.18	0.12	1	85,531.53	47,765.85	228	232	228	0.48	0	0.54	0.06	0.04	0.06
160	1/11/2006	23:30	396	0.17	0.11	1	85,531.55	47,765.85	227	231	228	0.47	0.41	0.54	0.06	0.04	0.07
161	1/11/2006	23:40	397	0.28	0.16	-0.82	85,531.57	47,765.85	228	231	229	0.45	0.46	0.53	0.06	0.04	0.06
162	1/11/2006	23:50	392	0.28	0.16	-0.83	85,531.59	47,765.85	226	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

ตารางสรุปค่าของ Digital กรณีสี่

Meter

ลำดับที่	วันที่	เวลา	VL	IL	kW	PF	kWh	kVARh	VL1	VL2	VL3	IL1	IL2	IL3	PL1	PL2	PL3
89	30/10/2006	0:00	395	0.18	0.13	-0.99	84,721.65	47,275.02	226	230	227	0.48	0	0.54	0.07	0	0.07
90	30/10/2006	0:10	397	0.17	0.12	0.99	84,721.67	47,275.02	227	231	228	0.45	0	0.54	0.06	0	0.07
91	30/10/2006	0:20	394	0.16	0.11	1	84,721.69	47,275.02	226	230	227	0.46	0.57	0.53	0.06	0.04	0.1
92	30/10/2006	0:30	394	0.17	0.12	-0.99	84,721.71	47,275.02	226	229	227	0.47	0	0.54	0.05	0	0.1
93	30/10/2006	0:40	395	0.17	0.12	0.99	84,721.73	47,275.02	226	230	227	0.47	0	0.54	0.05	0	0.07
94	30/10/2006	0:50	395	0.19	0.13	0.99	84,721.75	47,275.02	227	230	227	0.46	0	0.55	0.05	0	0.07
95	30/10/2006	1:00	396	0.18	0.13	1	84,721.77	47,275.02	227	231	228	0.46	0	0.55	0.05	0	0.06
96	30/10/2006	1:10	396	0.18	0.13	-0.99	84,721.79	47,275.02	228	230	228	0.47	0	0.56	0.06	0	0.06
97	30/10/2006	1:20	397	0.19	0.13	-0.99	84,721.81	47,275.02	228	232	229	0.46	0	0.57	0.06	0	0.07
98	30/10/2006	1:30	398	0.17	0.12	1	84,721.84	47,275.02	228	232	229	0.46	0.33	0.54	0.05	0	0.07
99	30/10/2006	1:40	399	0.4	0.22	-0.8	84,721.86	47,275.02	229	232	229	0.47	0	0.54	0.06	0	0.07
100	30/10/2006	1:50	400	0.19	0.13	-0.99	84,721.87	47,275.02	229	233	230	0.46	0	0.54	0.05	0	0.07
101	30/10/2006	1:50	400	0.19	0.13	-0.99	84,721.87	47,275.02	229	233	230	0.46	0	0.54	0.05	0	0.07
102	30/10/2006	2:00	400	0.19	0.13	0.99	84,721.90	47,275.02	230	233	230	0.47	0.42	0.54	0.06	0.04	0.07
103	30/10/2006	2:10	400	0.17	0.12	-0.99	84,721.92	47,275.02	230	233	231	0.47	0	0.54	0.05	0	0.07
104	30/10/2006	2:20	400	0.19	0.13	-0.99	84,721.95	47,275.02	229	233	230	0.47	0	0.55	0.06	0	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

105	30/10/2006	2:30	399	0.18	0.13	0.99	84,721.97	47,275.02	229	233	230	0.48	0	0.71	0.06	0	0.07
106	30/10/2006	2:40	399	0.18	0.13	1	84,721.99	47,275.02	232	232	229	0.49	0.45	0.72	0.06	0.07	0.07
107	30/10/2006	3:00	400	0.28	0.17	0.87	84,722.05	47,275.02	230	233	230	0.47	0	0.56	0.06	0	0.07
108	30/10/2006	3:10	400	0.2	0.14	0.99	84,722.07	47,275.02	230	233	230	0.47	0	0.57	0.06	0	0.07
109	30/10/2006	3:20	400	0.18	0.13	0.99	84,722.09	47,275.02	229	233	230	0.46	0	0.54	0.06	0	0.07
110	30/10/2006	3:30	395	0.19	0.13	-0.99	84,722.12	47,275.02	227	230	227	0.46	0.45	0.53	0.05	0.04	0.07
111	30/10/2006	3:40	396	0.2	0.14	-0.99	84,722.14	47,275.02	227	230	227	0.47	0	0.54	0.05	0	0.06
112	30/10/2006	3:50	396	0.19	0.13	0.99	84,722.16	47,275.02	228	231	228	0.46	0	0.58	0.05	0	0.07
113	30/10/2006	4:00	396	0.19	0.13	-0.99	84,722.18	47,275.02	227	231	228	0.46	0	0.55	0.05	0	0.07
114	30/10/2006	4:10	396	0.2	0.14	-0.99	84,722.21	47,275.02	227	231	228	0.47	0	0.56	0.05	0	0.07
115	30/10/2006	4:20	396	0.19	0.13	0.99	84,722.23	47,275.02	227	230	231	0.47	0.59	0.54	0.06	0.03	0.07
116	30/10/2006	4:30	395	0.18	0.12	-0.99	84,722.25	47,275.02	227	230	227	0.46	0	0.58	0.06	0	0.07
117	30/10/2006	4:40	394	0.17	0.12	-0.99	84,722.27	47,275.02	226	229	227	0.45	0	0.54	0.06	0	0.06
118	30/10/2006	4:50	393	0.2	0.13	-0.99	84,722.29	47,275.02	226	229	226	0.47	0	0.56	0.06	0	0.07
119	30/10/2006	5:00	393	0.2	0.13	-0.98	84,722.31	47,275.02	225	229	225	0.46	0	0.56	0.05	0	0.11
120	30/10/2006	5:10	392	0.18	0.12	-0.99	84,722.33	47,275.02	225	228	226	0.46	0	0.54	0.06	0	0.07
121	30/10/2006	5:20	393	0.18	0.12	1	84,722.36	47,275.02	226	229	226	0.47	0	0.54	0.05	0	0.06
122	30/10/2006	5:30	393	0.19	0.13	-0.98	84,722.38	47,275.02	226	229	226	0.46	0	0.56	0.05	0	0.07
123	30/10/2006	5:40	391	0.18	0.12	-0.99	84,722.40	47,275.02	224	228	225	0.47	0	0.55	0.05	0	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

124	30/10/2006	5:50	396	0.17	0.11	-0.99	84,722.42	47,275.02	227	231	228	0.47	0	0.55	0.05	0	0.07
125	30/10/2006	6:10	397	0.18	0.12	1	84,722.46	47,275.02	228	232	228	0.47	0	0.54	0.07	0	0.06
126	30/10/2006	6:20	397	0.24	0.16	-0.96	84,722.49	47,275.02	228	231	229	0.46	0	0.54	0.05	0	0.07
127	30/10/2006	6:30	391	0.17	0.11	-0.99	84,722.51	47,275.02	225	228	226	0.47	0	0.73	0.06	0	0.07
128	30/10/2006	6:40	392	0.19	0.13	0.99	84,722.53	47,275.02	225	228	225	0.46	0	0.54	0.05	0	0.07
129	30/10/2006	6:50	391	0.2	0.13	-0.99	84,722.55	47,275.02	225	228	225	0.46	0	0.56	0.04	0	0.06
130	30/10/2006	7:00	390	0.23	0.15	-0.97	84,722.57	47,275.02	224	227	225	0.46	0	0.54	0.06	0	0.07
131	30/10/2006	7:10	391	0.17	0.12	1	84,722.59	47,275.02	224	228	225	0.47	0	0.54	0.05	0	0.06
132	30/10/2006	7:20	388	0.17	0.12	1	84,722.61	47,275.02	223	225	224	0.45	0	0.55	0.05	0	0.07
133	30/10/2006	7:30	386	6.69	3.66	0.82	84,722.70	47,275.07	222	224	222	6.5	6.88	6.75	1.19	1.25	1.24
134	30/10/2006	7:40	386	37	21.7	0.88	84,725.48	47,276.66	222	224	223	39.6	35.3	36.4	7.63	6.71	7.41
135	30/10/2006	7:50	393	36.8	21.8	0.87	84,729.13	47,278.66	225	229	227	39.5	35.3	36.1	7.69	6.76	7.41
136	30/10/2006	8:00	390	28.2	16.4	0.86	84,732.67	47,280.63	224	226	225	29.2	27.8	28	5.61	5.31	5.55
137	30/10/2006	8:10	389	28.5	16.6	0.86	84,735.11	47,282.06	223	226	224	29.4	28	28	5.65	5.35	5.55
138	30/10/2006	8:20	386	28.4	16.5	0.87	84,737.86	47,283.63	221	224	222	29.3	27.9	28	5.63	5.32	5.55
139	30/10/2006	8:30	387	28.5	16.6	0.87	84,740.60	47,285.20	222	225	224	29.5	27.8	28.6	5.67	5.32	5.7
140	30/10/2006	8:40	389	28.6	16.7	0.87	84,743.37	47,286.77	223	226	224	29.3	27.7	28.8	5.65	5.31	5.78
141	30/10/2006	8:50	388	53.5	30.8	0.85	84,746.54	47,288.66	223	226	224	54.8	51.5	54.9	10.2	9.81	10.8
142	30/10/2006	9:00	390	55.6	32.2	0.86	84,751.86	47,291.81	224	227	225	56.5	53.4	56.8	10.6	10.3	11.3

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

143	30/10/2006	9:10	391	55.7	32.4	0.86	84,758.64	47,295.88	225	227	226	56.7	53.4	56.9	10.7	10.3	11.3
144	30/10/2006	9:20	390	55.8	32.4	0.86	84,764.05	47,299.11	224	226	225	56.8	53.8	57.1	10.8	10.4	11.3
145	30/10/2006	9:30	389	56	32.6	0.86	84,769.48	47,302.31	223	226	224	57	54.2	56.9	10.8	10.4	11.3
146	30/10/2006	9:40	388	56.3	32.8	0.87	84,774.94	47,305.47	223	225	224	57.9	54	57.4	10.9	10.4	11.4
147	30/10/2006	9:50	391	55.8	32.4	0.86	84,780.38	47,308.66	225	227	226	56.7	53.7	56.8	10.7	10.4	11.3
148	30/10/2006	10:00	391	55.9	32.5	0.86	84,785.80	47,311.91	225	227	226	57	53.9	56.9	10.8	10.4	11.3
149	30/10/2006	10:20	387	56	32.5	0.87	84,795.93	47,317.80	222	225	224	56.8	54	57.3	10.7	10.4	11.4
150	30/10/2006	10:30	387	56	32.4	0.86	84,801.35	47,320.94	222	225	223	57.1	53.9	57	10.8	10.4	11.3
151	30/10/2006	10:40	387	56	32.5	0.87	84,806.78	47,324.08	222	225	223	56.9	54.1	57.2	10.7	10.4	11.3
152	30/10/2006	10:50	387	56.6	32.9	0.87	84,812.21	47,327.22	222	225	223	57.5	54.5	57.9	10.9	10.5	11.5
153	30/10/2006	11:00	387	56.5	32.8	0.87	84,817.67	47,330.36	222	224	223	57.3	54.5	57.8	10.8	10.5	11.4
154	30/10/2006	11:10	390	56.5	32.9	0.86	84,823.12	47,333.54	224	226	225	57.5	54.3	57.7	10.9	10.5	11.4
155	30/10/2006	11:20	391	56.2	32.7	0.86	84,828.28	47,336.54	224	227	225	57.5	54.3	57.3	10.9	10.5	11.4
156	30/10/2006	11:30	393	56.4	32.9	0.86	84,833.75	47,339.81	225	228	226	57.7	54.4	57.3	11	10.5	11.4
157	30/10/2006	11:40	385	56.6	32.9	0.87	84,839.21	47,342.98	221	224	223	57.5	54.5	57.8	10.9	10.5	11.4
158	30/10/2006	11:50	392	56.4	32.9	0.86	84,844.68	47,346.17	225	228	226	57.4	54.5	57.6	10.9	10.6	11.5
159	30/10/2006	12:00	388	56.1	32.6	0.87	84,850.14	47,349.39	223	225	224	57	54.2	57.2	10.8	10.5	11.4
160	30/10/2006	12:10	392	56.1	32.7	0.86	84,855.60	47,352.58	225	228	226	56.9	54.3	57.1	10.8	10.5	11.3
161	30/10/2006	12:20	391	56	32.6	0.86	84,862.04	47,356.43	225	227	226	57	54.3	57	10.8	10.4	11.3

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

162	30/10/2006	12:30	390	56.1	32.6	0.86	84,867.50	47,359.67	224	227	225	57.1	54.1	57.1	10.8	10.5	11.3
163	30/10/2006	12:40	391	56.3	32.8	0.86	84,872.96	47,362.88	225	227	225	57.4	54.5	57.2	10.9	10.5	11.4
164	30/10/2006	12:50	387	56.5	32.8	0.87	84,878.42	47,366.12	222	224	223	57.6	54.4	57.5	10.8	10.5	11.4
165	30/10/2006	13:00	396	56.1	32.8	0.85	84,883.89	47,369.36	227	230	228	57.4	54	56.9	10.9	10.4	11.4
166	30/10/2006	13:10	393	56.4	32.9	0.86	84,889.37	47,372.68	225	229	226	57.7	54.2	57.3	10.9	10.5	11.4
167	30/10/2006	13:20	393	56.4	32.9	0.86	84,893.03	47,374.88	225	228	227	57.7	54.3	57.4	10.9	10.5	11.4
168	30/10/2006	13:20	393	56.4	32.9	0.86	84,893.03	47,374.88	225	228	227	57.7	54.3	57.4	10.9	10.5	11.4
169	30/10/2006	13:30	392	56.5	33	0.86	84,899.74	47,378.90	225	228	226	57.3	54.5	57.8	10.9	10.6	11.5
170	30/10/2006	13:40	392	56.5	33	0.86	84,905.24	47,382.17	225	228	226	57.6	54.5	57.6	11	10.5	11.5
171	30/10/2006	13:50	393	57.1	33.4	0.86	84,910.76	47,385.45	226	228	226	58.1	55.1	58.2	11.1	10.7	11.6
172	30/10/2006	14:00	392	40.6	23.3	0.85	84,915.05	47,388.10	226	228	226	40.2	39.7	41.9	7.56	7.63	8.16
173	30/10/2006	14:10	393	40.9	23.6	0.85	84,918.97	47,390.56	226	228	227	40.4	39.6	42.4	7.57	7.66	8.31
174	30/10/2006	14:30	393	40.7	23.4	0.85	84,926.47	47,395.29	226	228	227	40.5	39.5	42.1	7.57	7.61	8.22
175	30/10/2006	14:40	393	40.8	23.5	0.85	84,930.37	47,397.75	226	228	227	40.5	39.6	42	7.56	7.64	8.23
176	30/10/2006	14:50	392	40.6	23.4	0.85	84,934.27	47,400.23	225	227	226	40.2	39.8	42	7.52	7.67	8.18
177	30/10/2006	15:00	388	40.9	23.5	0.85	84,938.19	47,402.65	223	225	224	40.6	39.9	42.3	7.63	7.69	8.2
178	30/10/2006	15:10	388	41	23.6	0.86	84,942.10	47,405.03	223	225	224	40.8	39.8	42.6	7.63	7.66	8.3
179	30/10/2006	15:20	386	40.9	23.5	0.86	84,946.03	47,407.40	222	224	223	40.7	39.7	42.4	7.58	7.64	8.22
180	30/10/2006	15:30	388	41	23.6	0.86	84,950.82	47,410.28	223	225	224	40.8	39.9	42.5	7.65	7.7	8.26

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

181	30/10/2006	15:40	388	40.8	23.4	0.85	84,954.75	47,412.67	223	225	224	40.7	39.6	42.4	7.6	7.64	8.26
182	30/10/2006	15:50	389	40.8	23.4	0.85	84,958.65	47,415.06	224	226	225	40.6	39.5	42.2	7.57	7.62	8.22
183	30/10/2006	16:00	392	40.7	23.4	0.85	84,962.55	47,417.48	225	228	226	40.6	39.6	41.9	7.61	7.68	8.16
184	30/10/2006	16:10	393	40.3	23.1	0.84	84,966.43	47,419.93	226	229	227	40.1	39.6	41.3	7.49	7.64	8
185	30/10/2006	16:20	391	40.4	23.2	0.85	84,970.29	47,422.37	225	228	226	40.5	39.6	41.4	7.59	7.63	8.07
186	30/10/2006	16:30	392	34.6	20	0.85	84,973.25	47,424.21	225	227	226	34.8	33.4	36	6.5	6.47	7.1
187	30/10/2006	16:40	389	34.3	19.8	0.86	84,976.58	47,426.25	223	226	225	34.3	33	35.6	6.4	6.36	6.97
188	30/10/2006	16:50	393	34.5	20	0.85	84,979.90	47,428.27	225	229	226	34.6	33.2	35.7	6.46	6.47	7.04
189	30/10/2006	17:00	390	34.3	19.8	0.85	84,983.21	47,430.32	224	227	226	34.2	33.1	35.6	6.4	6.43	6.96
190	30/10/2006	17:10	390	34.4	19.8	0.85	84,986.52	47,432.35	224	227	225	34.4	33.3	35.6	6.41	6.46	6.98
191	30/10/2006	17:20	389	34.4	19.8	0.86	84,989.82	47,434.36	223	226	225	34.3	33.2	35.7	6.4	6.43	6.95
192	30/10/2006	17:40	385	6.85	3.84	0.84	84,993.11	47,436.38	221	224	222	6.55	6.86	7.12	1.21	1.27	1.35
193	30/10/2006	17:50	383	6.78	3.78	0.84	84,993.74	47,436.80	220	223	220	6.46	6.82	7.03	1.18	1.26	1.32
194	30/10/2006	18:00	384	6.83	3.82	0.84	84,994.38	47,437.21	220	224	221	6.34	6.94	7.04	1.17	1.28	1.31
195	30/10/2006	18:10	388	6.53	3.6	0.82	84,995.00	47,437.62	223	226	223	6.4	7.03	6.58	1.19	1.3	1.21
196	30/10/2006	18:20	388	0.16	0.11	1	84,995.39	47,437.89	222	226	224	0.45	0	0.54	0.06	0	0.06
197	30/10/2006	18:30	388	0.18	0.12	1	84,995.41	47,437.89	223	226	224	0.46	0	0.53	0.04	0	0.06
198	30/10/2006	18:40	388	0.18	0.12	1	84,995.44	47,437.89	223	227	224	0.46	0	0.53	0.04	0	0.06
199	30/10/2006	18:50	390	0.18	0.12	1	84,995.46	47,437.89	223	227	224	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

200	30/10/2006	19:00	388	0.17	0.12	-0.99	84,995.48	47,437.89	223	226	223	0.47	0	0.54	0.05	0	0.07
201	30/10/2006	19:10	389	0.17	0.12	1	84,995.50	47,437.89	224	227	224	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
202	30/10/2006	19:20	390	0.16	0.11	1	84,995.51	47,437.89	224	227	224	0.46	0	0.53	0.06	0	0.06
203	30/10/2006	19:30	392	0.19	0.13	0.99	84,995.53	47,437.89	225	228	225	0.47	0	0.54	0.05	0	0.07
204	30/10/2006	19:40	392	0.18	0.13	1	84,995.55	47,437.89	225	229	226	0.44	0	0.53	0.05	0	0.07
205	30/10/2006	19:50	394	0.17	0.12	1	84,995.57	47,437.89	225	230	229	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
206	30/10/2006	20:00	389	0.18	0.12	1	84,995.59	47,437.89	223	227	224	0.45	0	0.53	0.06	0	0.07
207	30/10/2006	20:10	391	0.17	0.12	1	84,995.61	47,437.89	224	228	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
208	30/10/2006	20:20	390	0.17	0.11	1	84,995.63	47,437.89	224	228	225	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
209	30/10/2006	20:30	390	0.18	0.12	-0.99	84,995.65	47,437.89	224	227	224	0.47	0	0.52	0.05	0	0.1
210	30/10/2006	20:40	391	0.18	0.12	-0.99	84,995.67	47,437.89	224	228	225	0.57	0	0.54	0.05	0	0.07
211	30/10/2006	20:50	393	0.19	0.13	-0.99	84,995.69	47,437.89	225	229	226	0.46	0	0.54	0.04	0	0.06
212	30/10/2006	21:00	393	0.17	0.12	1	84,995.71	47,437.89	225	230	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
213	30/10/2006	21:10	394	0.18	0.12	-0.99	84,995.74	47,437.89	225	230	226	0.47	0	0.7	0.04	0	0.07
214	30/10/2006	21:20	394	0.17	0.12	1	84,995.76	47,437.89	226	230	227	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
215	30/10/2006	21:30	396	0.18	0.12	1	84,995.78	47,437.89	227	231	228	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
216	30/10/2006	21:50	398	0.18	0.12	-0.99	84,995.82	47,437.89	228	232	229	0.46	0	0.53	0.05	0	0.1
217	30/10/2006	22:00	393	0.17	0.12	-0.99	84,995.85	47,437.89	225	230	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
218	30/10/2006	22:10	392	0.19	0.13	-0.99	84,995.87	47,437.89	224	229	225	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

219	30/10/2006	22:20	395	0.18	0.12	1 84,995.89	47,437.89	227	230	227	0.46	0	0.53	0.06	0	0.06
220	30/10/2006	22:30	396	0.17	0.12	1 84,995.91	47,437.89	227	231	230	0.45	0	0.53	0.05	0.04	0.07
221	30/10/2006	22:40	398	0.27	0.15	-0.83 84,995.93	47,437.89	227	231	227	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
222	30/10/2006	22:50	395	0.17	0.12	1 84,995.95	47,437.90	228	232	229	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
223	30/10/2006	23:00	396	0.18	0.12	-0.99 84,995.97	47,437.90	227	231	228	0.45	0	0.53	0.05	0	0.07
224	30/10/2006	23:10	392	0.17	0.12	1 84,996.00	47,437.90	225	229	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
225	30/10/2006	23:20	393	0.19	0.13	-0.99 84,996.02	47,437.90	226	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
226	30/10/2006	23:30	395	0.18	0.12	-0.99 84,996.04	47,437.90	227	230	228	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
227	30/10/2006	23:40	396	0.24	0.14	-0.87 84,996.06	47,437.90	227	231	228	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
228	30/10/2006	23:50	397	0.18	0.13	-0.99 84,996.08	47,437.90	227	231	230	0.46	0	0.54	0.05	0	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

ตารางสรุปค่าของ Digital Meter

กรณีที่ 4

ลำดับที่	วันที่	เวลา	VL	IL	kW	PF	kWh	kVARh	VL1	VL2	VL3	IL1	IL2	IL3	PL1	PL2	PL3
229	31/10/2006	0:00	397	0.27	0.16	-0.84	84,996.10	47,437.90	228	232	228	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
230	31/10/2006	0:10	395	0.18	0.12	0.99	84,996.12	47,437.90	227	230	228	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
231	31/10/2006	0:20	397	0.22	0.15	-0.98	84,996.14	47,437.90	228	231	228	0.46	0.39	0.7	0.07	0	0.06
232	31/10/2006	0:30	396	0.16	0.11	1	84,996.17	47,437.90	228	231	229	0.45	0	0.53	0.06	0	0.07
233	31/10/2006	0:40	396	0.16	0.11	0.99	84,996.19	47,437.90	227	231	228	0.46	0	0.71	0.05	0.05	0.07
234	31/10/2006	1:00	393	0.34	0.19	-0.84	84,996.23	47,437.90	226	229	226	0.46	0.46	0.53	0.06	0.03	0.07
235	31/10/2006	1:10	394	0.18	0.12	1	84,996.26	47,437.90	226	230	227	0.47	0.41	0.53	0.05	0.03	0.07
236	31/10/2006	1:20	394	0.27	0.16	-0.87	84,996.28	47,437.90	226	230	227	0.47	0.46	0.53	0.05	0.04	0.07
237	31/10/2006	1:30	393	0.17	0.12	-0.99	84,996.30	47,437.90	225	229	226	0.46	0	0.53	0.06	0	0.06
238	31/10/2006	1:40	394	0.27	0.16	-0.83	84,996.32	47,437.90	227	229	227	0.47	0.44	0.53	0.05	0.03	0.07
239	31/10/2006	1:50	395	0.28	0.17	-0.85	84,996.35	47,437.90	227	232	227	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
240	31/10/2006	2:00	394	0.17	0.12	1	84,996.37	47,437.90	226	230	227	0.47	0	0.53	0.04	0.08	0.06
241	31/10/2006	2:10	395	0.17	0.12	0.99	84,996.40	47,437.90	226	230	227	0.45	0.43	0.53	0.06	0.04	0.07
242	31/10/2006	2:20	397	0.18	0.13	1	84,996.42	47,437.90	228	231	228	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06
243	31/10/2006	2:30	396	0.18	0.12	0.99	84,996.44	47,437.91	228	231	228	0.47	0	0.53	0.06	0.04	0.07
244	31/10/2006	2:40	392	0.25	0.15	0.89	84,996.47	47,437.91	225	228	226	0.47	0.39	0.53	0.06	0.04	0.07
245	31/10/2006	2:50	393	0.19	0.13	0.99	84,996.49	47,437.91	226	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.06

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

246	31/10/2006	3:00	392	0.2	0.13	-0.99	84,996.51	47,437.91	225	228	226	0.44	0	0.53	0.05	0	0.07
247	31/10/2006	3:10	393	0.28	0.16	-0.82	84,996.53	47,437.91	226	229	226	0.48	0	0.53	0.05	0.03	0.07
248	31/10/2006	3:20	393	0.19	0.13	0.99	84,996.55	47,437.91	226	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
249	31/10/2006	3:30	392	0.17	0.11	0.99	84,996.57	47,437.91	225	228	226	0.46	0	0.52	0.06	0.04	0.07
250	31/10/2006	3:40	392	0.26	0.15	-0.88	84,996.60	47,437.91	225	228	225	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
251	31/10/2006	3:50	394	0.28	0.16	-0.83	84,996.62	47,437.91	226	229	227	0.46	0.32	0.53	0.05	0	0.07
252	31/10/2006	4:00	394	0.28	0.16	-0.85	84,996.63	47,437.91	226	229	227	0.47	0.42	0.53	0.06	0.04	0.07
253	31/10/2006	4:10	395	0.18	0.12	1	84,996.66	47,437.91	226	229	227	0.47	0	0.53	0.06	0	0.07
254	31/10/2006	4:20	394	0.18	0.12	1	84,996.68	47,437.91	226	229	227	0.47	0.41	0.53	0.06	0.03	0.07
255	31/10/2006	4:30	394	0.29	0.17	-0.86	84,996.71	47,437.91	226	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
256	31/10/2006	4:40	393	0.19	0.13	1	84,996.73	47,437.91	226	229	226	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
257	31/10/2006	4:50	393	0.17	0.11	0.99	84,996.75	47,437.91	226	229	226	0.46	0.46	0.53	0.05	0.03	0.06
258	31/10/2006	5:10	391	0.17	0.12	-0.99	84,996.80	47,437.91	225	228	224	0.47	0	0.53	0.05	0	0.07
259	31/10/2006	5:20	391	0.28	0.16	-0.83	84,996.82	47,437.91	224	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.06
260	31/10/2006	5:30	390	0.18	0.12	1	84,996.84	47,437.91	224	227	224	0.45	0	0.53	0.05	0	0.06
261	31/10/2006	5:40	390	0.27	0.15	-0.84	84,996.86	47,437.91	224	227	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
262	31/10/2006	5:50	394	0.19	0.13	-0.99	84,996.88	47,437.91	226	230	227	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
263	31/10/2006	6:00	396	0.16	0.11	1	84,996.91	47,437.91	227	230	228	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
264	31/10/2006	6:10	397	0.18	0.12	0.99	84,996.92	47,437.91	228	234	229	0.46	0.45	0.53	0.05	0.04	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

265	31/10/2006	6:20	393	0.16	0.11	1	84,996.95	47,437.91	226	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
266	31/10/2006	6:30	393	0.17	0.12	1	84,996.97	47,437.91	226	229	226	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
267	31/10/2006	6:40	393	0.28	0.16	-0.85	84,996.99	47,437.91	225	229	226	0.46	0.45	0.53	0.06	0.04	0.07
268	31/10/2006	6:50	393	0.18	0.12	1	84,997.01	47,437.91	226	229	227	0.47	0.44	0.55	0.05	0.05	0.07
269	31/10/2006	7:00	392	6.88	3.79	0.81	84,997.11	47,437.97	225	228	226	6.58	7.15	6.89	1.21	1.32	1.26
270	31/10/2006	7:10	391	6.8	3.76	0.82	84,997.68	47,438.37	224	227	225	6.64	7.05	6.66	1.23	1.29	1.22
271	31/10/2006	7:20	390	6.66	3.67	0.82	84,998.30	47,438.81	224	226	225	6.48	7.07	6.68	1.21	1.31	1.23
272	31/10/2006	7:30	390	6.66	3.68	0.82	84,998.92	47,439.23	224	226	225	6.45	6.9	6.88	1.19	1.28	1.28
273	31/10/2006	7:40	388	6.69	3.72	0.83	84,999.54	47,439.66	223	225	224	6.49	6.88	6.72	1.21	1.28	1.24
274	31/10/2006	7:50	388	6.74	3.77	0.83	85,000.15	47,440.08	222	224	223	6.5	6.7	6.63	1.2	1.23	1.23
275	31/10/2006	8:00	389	12.7	7.06	0.82	85,000.88	47,440.57	223	226	224	12.5	13.1	12.6	2.32	2.42	2.31
276	31/10/2006	8:20	387	12.7	7.04	0.83	85,003.52	47,442.39	222	224	223	12.4	13	12.6	2.31	2.43	2.3
277	31/10/2006	8:30	394	12.9	7.21	0.82	85,004.70	47,443.16	226	228	228	12.4	13	13.1	2.32	2.42	2.45
278	31/10/2006	8:40	389	75.7	43.8	0.86	85,008.72	47,445.78	224	226	224	76.7	74.4	76.1	14.6	14.3	14.9
279	31/10/2006	8:50	389	78.1	45.5	0.87	85,016.23	47,450.18	223	225	224	78.8	77.1	78.6	15.2	14.9	15.4
280	31/10/2006	9:00	387	78.1	45.5	0.87	85,023.83	47,454.56	223	225	224	78.8	77.2	78.4	15.1	14.9	15.4
281	31/10/2006	9:10	390	62	35.9	0.86	85,030.32	47,458.41	225	227	225	61.6	62.3	62.6	11.8	12	12.1
282	31/10/2006	9:20	391	61.9	35.8	0.86	85,035.86	47,461.79	224	228	226	61.4	62.1	62.3	11.8	12	12.1
283	31/10/2006	9:30	390	61.9	35.8	0.86	85,041.85	47,465.42	224	226	225	61.4	62.1	62.3	11.8	12	12.1

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

284	31/10/2006	9:40	390	62.1	35.9	0.86	85,047.83	47,469.04	224	226	225	61.5	62.3	62.5	11.8	12.1	12.1
285	31/10/2006	9:50	390	45.8	26	0.84	85,053.30	47,472.36	224	227	225	45.5	44.8	47.1	8.43	8.55	9.1
286	31/10/2006	10:00	389	45.9	26.1	0.84	85,057.66	47,475.16	223	226	224	45.6	45.1	47.1	8.47	8.56	9.05
287	31/10/2006	10:10	383	46.3	26.2	0.85	85,062.02	47,477.86	220	223	221	46	45.1	47.5	8.45	8.57	9.13
288	31/10/2006	10:20	383	46.2	26.1	0.85	85,065.58	47,480.05	220	222	221	45.9	45.1	47.7	8.49	8.51	9.14
289	31/10/2006	10:30	382	65.6	37.2	0.86	85,071.61	47,483.69	219	222	220	65.7	62.9	67.7	12	12	13.1
290	31/10/2006	10:40	384	65.7	37.5	0.86	85,077.85	47,487.44	220	223	221	66	63.2	67.8	12.1	12.1	13.2
291	31/10/2006	10:50	384	65.6	37.4	0.86	85,084.11	47,491.22	220	223	221	66.1	63	67.6	12.2	12	13.1
292	31/10/2006	11:00	384	65.3	37.2	0.86	85,090.32	47,494.97	220	224	221	65.5	63.2	67.3	12.1	12.1	13
293	31/10/2006	11:10	385	65	37	0.85	85,096.52	47,498.73	221	224	222	65.3	62.8	66.9	12.1	12	13
294	31/10/2006	11:20	387	65.3	37.3	0.85	85,104.21	47,503.42	223	225	223	65.7	62.7	67.5	12.2	12	13.1
295	31/10/2006	11:30	387	65	37.1	0.85	85,110.41	47,507.23	223	225	223	65.2	62.4	67.3	12	12	13.1
296	31/10/2006	11:40	390	65.5	37.5	0.85	85,116.64	47,511.07	224	226	225	66	63.2	67.5	12.2	12.1	13.1
297	31/10/2006	11:50	390	65.2	37.3	0.85	85,122.86	47,515.00	224	227	225	65.5	63.1	67.1	12.2	12.1	13
298	31/10/2006	12:00	391	59.6	34.2	0.85	85,129.08	47,518.91	225	227	226	59.7	57.2	61.8	11.1	11.1	12.1
299	31/10/2006	12:10	392	59.3	34.1	0.85	85,134.78	47,522.47	225	228	226	59.5	57	61.5	11	11	12
300	31/10/2006	12:30	390	59.6	34.2	0.85	85,145.70	47,529.30	224	226	225	59.8	57.3	61.7	11.2	11	12.1
301	31/10/2006	12:40	387	59.7	34.3	0.86	85,151.41	47,532.80	223	225	223	59.7	57.4	62.1	11.1	11.1	12.1
302	31/10/2006	12:50	385	59.6	34.1	0.86	85,157.12	47,536.26	221	224	222	59.7	57.1	62.1	11	11	12.1

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

303	31/10/2006	13:00	387	59.6	34.2	0.86	85,162.82	47,539.69	223	225	223	60	57	61.9	11.1	11	12.1
304	31/10/2006	13:10	386	60	34.4	0.86	85,168.54	47,543.11	221	224	222	60.2	57.2	62.6	11.1	11	12.2
305	31/10/2006	13:20	386	59.6	34.2	0.86	85,174.28	47,546.55	222	224	222	60.2	57	62.1	11.1	11	12.2
306	31/10/2006	13:30	386	59.9	34.4	0.86	85,180.03	47,549.99	221	224	223	60.1	57.3	62.5	11.1	11.1	12.2
307	31/10/2006	13:40	386	60.1	34.5	0.86	85,185.81	47,553.44	222	224	223	60.6	57.5	62.6	11.2	11.1	12.3
308	31/10/2006	13:50	386	60.6	34.8	0.86	85,191.58	47,556.88	221	224	222	60.8	58	63	11.3	11.2	12.3
309	31/10/2006	14:00	390	59.9	34.5	0.85	85,197.37	47,560.35	224	226	225	59.9	57.3	62.3	11.1	11.1	12.2
310	31/10/2006	14:10	390	60.1	34.6	0.85	85,203.15	47,563.89	224	226	225	60.2	57.7	62.5	11.2	11.2	12.3
311	31/10/2006	14:20	391	60	34.5	0.85	85,208.93	47,567.43	225	227	226	60.2	57.4	62.2	11.2	11.1	12.2
312	31/10/2006	14:30	392	59.8	34.4	0.85	85,213.58	47,570.33	225	227	226	60.4	57.1	62.1	11.2	11.1	12.2
313	31/10/2006	14:40	392	59.3	34.1	0.85	85,219.30	47,573.90	225	227	226	59.7	56.8	61.6	11	11	12.1
314	31/10/2006	14:50	389	59.7	34.3	0.85	85,225.04	47,577.49	223	226	224	59.7	57	62.2	11	11	12.2
315	31/10/2006	15:00	389	59.8	34.4	0.85	85,230.75	47,581.02	223	226	225	60	57.4	62.2	11.1	11.1	12.2
316	31/10/2006	15:10	384	59.8	34.2	0.86	85,236.48	47,584.45	221	223	222	59.9	57.5	62.5	11.1	11.1	12.1
317	31/10/2006	15:20	385	60.1	34.5	0.86	85,242.21	47,587.84	220	223	222	60.1	57.7	62.8	11.1	11.1	12.2
318	31/10/2006	15:30	386	59.6	34.1	0.86	85,246.02	47,590.10	221	224	223	59.8	56.9	62.3	10.9	11	12.2
319	31/10/2006	15:30	386	59.9	34.4	0.86	85,249.35	47,592.09	222	224	223	60.2	57.4	62.4	11.1	11.1	12.2
320	31/10/2006	15:40	389	61.3	35.5	0.86	85,255.09	47,595.54	224	226	225	60.1	57.2	67.2	11.1	11.1	13.4
321	31/10/2006	15:50	391	59.6	34.3	0.85	85,260.82	47,599.08	224	227	225	60	56.9	61.9	11.1	11	12.2

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

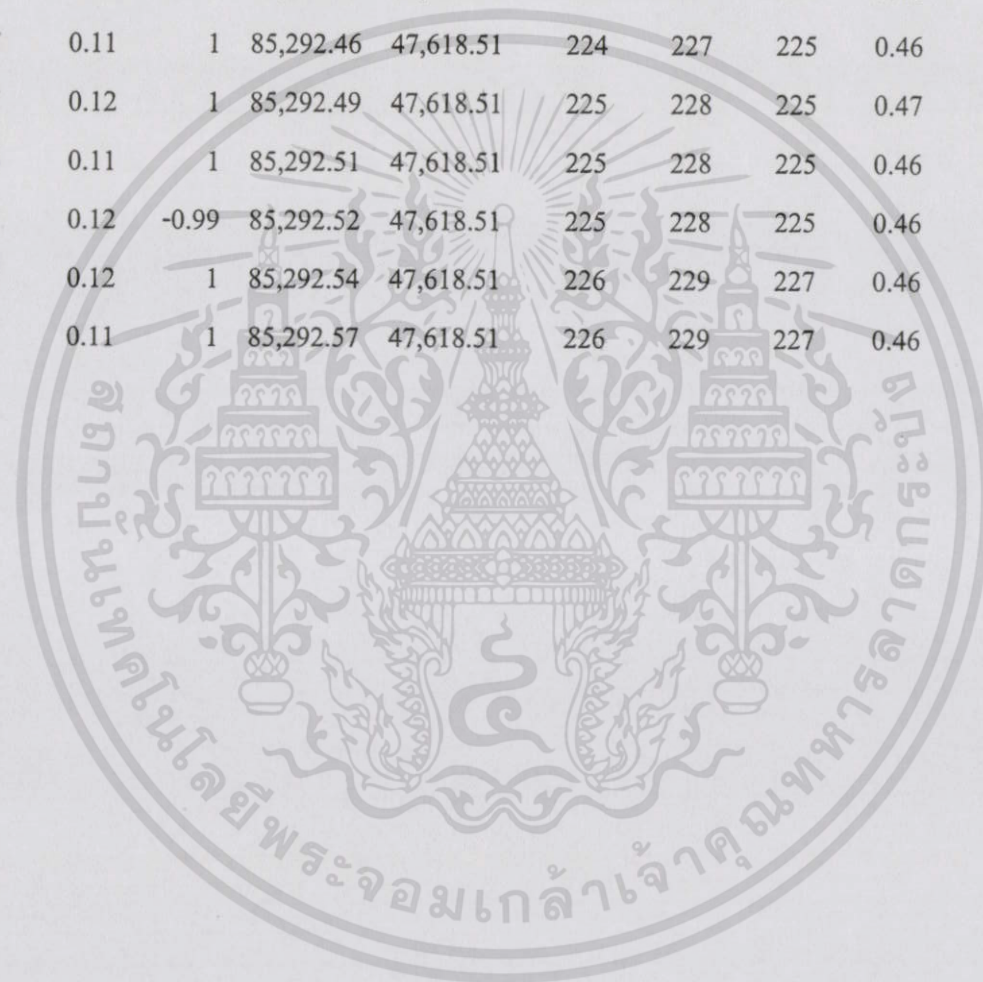
322	31/10/2006	16:00	389	59.9	34.4	0.85	85,266.53	47,602.62	223	226	224	60.3	57.2	62.1	11.2	11.1	12.2
323	31/10/2006	16:10	390	59.2	34	0.85	85,272.22	47,606.12	224	226	225	59.7	56.5	61.6	11	10.9	12
324	31/10/2006	16:20	393	59.1	34	0.85	85,277.89	47,609.68	225	228	226	59.6	56.7	61.2	11	10.9	12
325	31/10/2006	16:40	391	6.95	3.92	0.83	85,284.16	47,613.57	225	227	225	6.43	6.82	7.61	1.19	1.27	1.45
326	31/10/2006	16:50	392	6.78	3.8	0.83	85,284.80	47,614.00	225	228	226	6.44	6.78	7.06	1.19	1.26	1.34
327	31/10/2006	17:00	391	6.74	3.77	0.83	85,285.43	47,614.43	224	227	225	6.45	6.76	7.06	1.19	1.25	1.34
328	31/10/2006	17:10	392	6.74	3.77	0.82	85,286.06	47,614.86	225	228	226	6.45	6.75	7	1.19	1.25	1.33
329	31/10/2006	17:20	390	6.77	3.78	0.83	85,286.70	47,615.29	224	226	225	6.46	6.85	7.02	1.2	1.26	1.33
330	31/10/2006	17:30	391	6.82	3.83	0.83	85,287.33	47,615.71	224	227	225	6.46	6.74	6.98	1.2	1.24	1.32
331	31/10/2006	17:40	392	6.82	3.83	0.83	85,287.87	47,616.07	225	228	226	6.64	6.73	6.92	1.19	1.24	1.3
332	31/10/2006	17:50	392	6.79	3.83	0.83	85,288.50	47,616.50	225	228	225	6.5	6.75	6.8	1.22	1.24	1.27
333	31/10/2006	18:00	390	6.72	3.76	0.83	85,289.12	47,616.93	224	227	224	6.44	6.95	6.79	1.21	1.28	1.26
334	31/10/2006	18:10	392	6.92	3.89	0.83	85,289.75	47,617.36	225	229	226	6.47	6.98	7.04	1.22	1.29	1.27
335	31/10/2006	18:20	392	6.85	3.87	0.83	85,290.38	47,617.79	225	229	225	6.31	6.99	7.11	1.25	1.29	1.35
336	31/10/2006	18:30	393	6.76	3.81	0.83	85,291.02	47,618.22	225	229	225	6.4	6.95	6.96	1.2	1.3	1.31
337	31/10/2006	18:40	393	0.36	0.22	0.89	85,291.47	47,618.51	225	230	226	0.47	0.44	1.18	0.04	0.03	0.18
338	31/10/2006	18:50	390	0.38	0.26	0.99	85,291.51	47,618.51	224	228	225	0.44	0	1.2	0.03	0	0.18
339	31/10/2006	19:00	391	0.52	0.28	-0.81	85,291.55	47,618.51	224	228	225	0.47	0.46	1.18	0.04	0.05	0.17
340	31/10/2006	19:10	391	0.45	0.3	-0.99	85,291.60	47,618.51	224	228	225	0.47	0.44	1.18	0.03	0.05	0.17

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

341	31/10/2006	19:20	391	0.39	0.26	1	85,291.64	47,618.51	224	228	225	0.45	0.47	1.22	0.04	0.06	0.18
342	31/10/2006	19:30	391	0.37	0.25	1	85,291.68	47,618.51	224	228	225	0.47	0.47	1.18	0.03	0.05	0.17
343	31/10/2006	19:50	394	0.46	0.32	1	85,291.76	47,618.51	225	229	226	0.48	0	1.19	0.04	0	0.17
344	31/10/2006	20:00	392	0.32	0.19	0.88	85,291.81	47,618.51	224	228	225	0.46	0.37	1.19	0.03	0	0.18
345	31/10/2006	20:10	391	0.35	0.21	0.88	85,291.85	47,618.51	224	228	225	0.45	0	1.24	0.03	0	0.18
346	31/10/2006	20:20	392	0.48	0.26	-0.79	85,291.89	47,618.51	225	228	225	0.45	0.49	1.17	0.04	0.04	0.17
347	31/10/2006	20:30	393	0.47	0.26	0.81	85,291.93	47,618.51	226	230	226	0.47	0.43	1.19	0.03	0.04	0.17
348	31/10/2006	20:40	394	0.49	0.27	-0.81	85,291.97	47,618.51	226	230	226	0.48	0.42	1.19	0.05	0.04	0.17
349	31/10/2006	20:50	394	0.35	0.21	0.89	85,292.01	47,618.51	226	230	226	0.48	0	1.22	0.04	0.05	0.17
350	31/10/2006	21:00	395	0.48	0.26	0.77	85,292.05	47,618.51	227	231	227	0.47	0	1.35	0.04	0.05	0.17
351	31/10/2006	21:10	392	0.42	0.28	-0.99	85,292.10	47,618.51	223	227	224	0.45	0.42	1.23	0.04	0.04	0.18
352	31/10/2006	21:20	389	0.5	0.26	-0.79	85,292.14	47,618.51	223	226	223	0.46	0.39	1.26	0.05	0	0.18
353	31/10/2006	21:30	389	0.49	0.26	-0.8	85,292.18	47,618.51	223	226	224	0.47	0	1.26	0.04	0.04	0.18
354	31/10/2006	21:40	391	0.37	0.22	-0.88	85,292.22	47,618.51	223	227	224	0.46	0.35	1.23	0.04	0	0.18
355	31/10/2006	21:50	390	0.35	0.21	-0.87	85,292.27	47,618.51	224	227	224	0.48	0	1.25	0.04	0.04	0.18
356	31/10/2006	22:00	394	0.5	0.27	-0.78	85,292.31	47,618.51	226	230	227	0.46	0	1.23	0.04	0	0.18
357	31/10/2006	22:10	393	0.38	0.22	-0.87	85,292.35	47,618.51	225	229	227	0.48	0	1.23	0.05	0.05	0.17
358	31/10/2006	22:20	391	0.38	0.25	-0.98	85,292.39	47,618.51	224	228	225	0.47	0	1.28	0.03	0	0.18
359	31/10/2006	22:30	392	0.17	0.12	1	85,292.43	47,618.51	225	229	226	0.45	0	0.52	0.05	0	0.07

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

360	31/10/2006	22:40	390	0.18	0.12	1	85,292.45	47,618.51	223	227	224	0.46	0	0.54	0.06	0	0.07
361	31/10/2006	22:50	390	0.17	0.11	1	85,292.46	47,618.51	224	227	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
362	31/10/2006	23:00	391	0.17	0.12	1	85,292.49	47,618.51	225	228	225	0.47	0	0.53	0.04	0	0.07
363	31/10/2006	23:10	391	0.16	0.11	1	85,292.51	47,618.51	225	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
364	31/10/2006	23:20	392	0.17	0.12	-0.99	85,292.52	47,618.51	225	228	225	0.46	0	0.53	0.05	0	0.07
365	31/10/2006	23:30	394	0.18	0.12	1	85,292.54	47,618.51	226	229	227	0.46	0	0.53	0.06	0	0.07
366	31/10/2006	23:40	394	0.17	0.11	1	85,292.57	47,618.51	226	229	227	0.46	0	0.7	0.06	0	0.06



ตารางที่ ก.5 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	หมายเลขเครื่อง	สถานที่ทำงาน	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	ลักษณะติดตั้ง	ชื่อผู้ผลิต	พิกัดไฟฟ้า	รุ่น	อายุ (ปี)	ขนาด (Btu/hr)	หมายเหตุ
ชั้น 1										
1	FCU1-01	ห้อง 102	Split Type	แขวน	Trane	220V/17.1 A/2.97 kW	TTK 030	3-5	30,000	
	FCU1-02	รับรอง								
2	FCU1-03	ห้อง 112 ห้องซ่อมบำรุง	Split Type	แขวน	Uni Air	220 V/13.4 A	ACL-30	3-5	30,000	
3	FCU1-04	ห้อง ชุมสาย	Split Type	แขวน	Trane	220 V/ 6.4 A	TTK 030	3-5	12,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 1									102,000	
ชั้น 2										
1	FCU2-01	ห้องเก็บเอกสาร	Split Type	แขวน	Trane	220 V/14.3 A	TTK 024	3-5	24,000	
	FCU2-02									
2	FCU2-03	ห้อง ข้อสอบ	Split Type	แขวน	Trane	220V/17.1 A/2.97 kW	TTK 030	3-5	30,000	
	FCU2-04									
	FCU2-05									
	FCU2-06									
3	FCU2-07	ห้อง ประชุม	Split Type	แขวน	Trane	220V/17.1 A/2.97 kW	TTK 048	3-5	48,000	
	FCU2-08									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2										243,000
ชั้น 3										
1	FCU3-01	กองคลัง	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM-36	3-5	36,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3										36,000
ชั้น 4										
1	FCU4-01	กองกิจการนักศึกษา	Split Type	แขวน	Trane	220 V/ 7.4 A	TTK 015	3-5	15,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4										15,000
ชั้น 5										
1	FCU5-01	ห้อง 501 กองการ	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
	FCU5-02	เจ้าหน้าที่	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
	FCU5-03		Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
ลำดับ	หมายเลขเครื่อง	สถานที่ทำงาน	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	ลักษณะติดตั้ง	ชื่อผู้ผลิต	พิกัดไฟฟ้า	รุ่น	อายุ (ปี)	ขนาด (Btu/hr)	หมายเหตุ
2	FCU5-04	กองอาคาร	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
	FCU5-05	สถานที่	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
	FCU5-06		Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
										210,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ชั้น 6										
1	FCU6-01	ห้อง อธิการบดี	Split	แขวน	Daiki	220V/7.6	R 18	<3	17,000	
	Type			n	A/1.66 kW	GV				
	FCU6-02		Split	แขวน	Trane	220V/19.3	TTK	<3	36,000	
	Type				A/3.38 kW	030				
	FCU6-03		Split		Trane	220V/19.3	TTK	<3	36,000	
	Type					A/3.38 kW	030			
2	FCU6-04	ห้อง รับรอง	Split	แขวน	Trane	220V/19.3	TTK	<3	36,000	
	Type				A/3.38 kW	030				
	FCU6-05		Split	แขวน	Trane	220V/19.3	TTK	<3	36,000	
	Type				A/3.38 kW	030				
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น6									161,000	
ชั้น 7										
1	FCU7-01	ห้อง 702	Split	แขวน	York	220 V/ 13.4 A	YCM	<3	30,000	
	Type	ห้อง					30			
	FCU7-02	ประชุม ชงโค	Split	แขวน	York	220 V/ 13.4 A	YCM	<3	30,000	
	Type						30			
2	FCU7-03	ห้อง 703	Split	แขวน	York	220 V/ 13.4 A	YCM	<3	30,000	
	Type	ห้อง					30			
	FCU7-04	ประชุม พิบูล	Split	แขวน	York	220 V/ 13.4 A	YCM	<3	30,000	
	Type						30			
3	FCU7-05	ห้อง 704	Split	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM	<3	36,000	
	Type	ห้อง					36			
	FCU7-06	ประชุม ราช พฤกษ์	Split	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM	<3	36,000	
	Type						36			
4	FCU7-07	ห้อง 704	Split	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM	<3	36,000	
	Type	ห้อง					36			
	FCU7-08	ประชุม แก้วเจ้า จอม	Split	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM	<3	36,000	
	Type						36			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

5	FCU7-09	ห้อง 704 ห้อง	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
	FCU7-10	ประชุม บัวหลวง	Split Type	แขวน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
6	FCU7-11	ห้อง 707 ห้องธุรการ	Split Type	แขวน	York	220 V/ 6.5 A	YCM 12	<3	12,000	
7	FCU7-12	ห้อง 708 ห้องรับรอง	Split Type	แขวน	York	220 V/ 6.5 A	YCM 12	<3	12,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 7									360,000	
ชั้น 8										
1	FCU8-01	ห้อง 801	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
	FCU8-02		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-03		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
2	FCU8-04	ห้อง 802	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-05		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
3	FCU8-06	ห้อง 803	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-07		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-08		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
4	FCU8-09	ห้อง 804	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-10		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
5	FCU8-11	ห้อง 805	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-12		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

6	FCU8-13	ห้อง 806	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-14		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
7	FCU8-15	ห้อง 806	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-16		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-17		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
8	FCU8-18	ห้อง 806	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-19		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-20		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
9	FCU8-21	ห้อง 806	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-22		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
10	FCU8-18	ห้อง 806	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-19		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
	FCU8-20		Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 8									990,000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ชั้น 9										
1	FCU9-01	ห้อง 901	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
2	FCU9-02	ห้อง 902	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
3	FCU9-03	ห้อง 903	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
4	FCU9-04	ห้อง 904	Split Type	แชน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
5	FCU9-05	ห้อง 905	Split Type	แชน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
6	FCU9-06	ห้อง 906	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
7	FCU9-07	ห้อง 907	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
8	FCU9-08	ห้อง 908	Split Type	แชน	York	220 V/ 17 A	YCM 36	<3	36,000	
9	FCU9-09	ห้อง 909	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
10	FCU9-10	ห้อง 910	Split Type	แชน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 9									354,000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

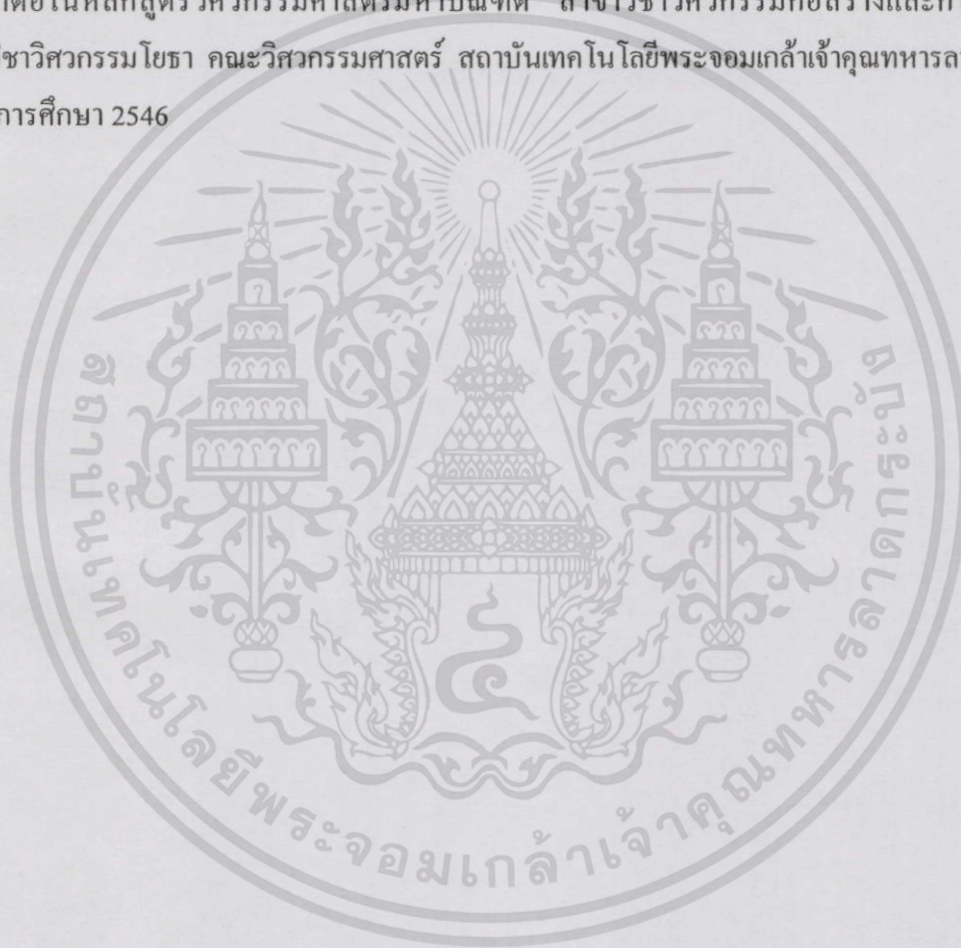
ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

ชั้น 10										
1	FCU10-01	ห้อง 1001	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
2	FCU10-02	ห้อง 1002	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
3	FCU10-03	ห้อง 1003	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
4	FCU10-04	ห้อง 1004	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
5	FCU10-05	ห้อง 1005	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
6	FCU10-06	ห้อง 1006	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
7	FCU10-07	ห้อง 1007	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
8	FCU10-08	ห้อง 1008	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
9	FCU10-09	ห้อง 1009	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
10	FCU10-10	ห้อง 1010	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
11	FCU10-11	ห้อง 1011	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	30,000	
12	FCU10-12	ห้อง 1012	Split Type	แขวน	Trane	220V/19.3 A/3.38 kW	TTK 030	<3	36,000	
รวมเครื่องปรับอากาศ ชั้น 10									384,000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายโสภณ ผลสุขการ เกิดเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2507 ที่จังหวัดชุมพร ที่อยู่ปัจจุบัน 2248 หมู่บ้านริมสวนพระนคร ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในปีการศึกษา 2534 หลังจากนั้นเข้ารับราชการประจำในตำแหน่ง วิศวกรโยธา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนถึงปัจจุบัน และได้เข้า ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้