



การจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

โดย

นายจิตติพัฒน์ สงวนสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)  
ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

โดย

นายจิตติพัฒน์ สงวนสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)  
ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



Management to Optimize the Use of Electrical Energy Utilization  
Efficiency in the Faculty of Science and Technology,  
Thammasat University Rangsit Campus

BY

MR. JITTIPAT SANGUANSIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF SCIENCE (TECHNOLOGY FOR RURAL DEVELOPMENT)

DEPARTMENT OF RURAL TECHNOLOGY  
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายจิตติพัฒน์ สงวนสิน

เรื่อง

การจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)

เมื่อวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศาสตราจารย์อึ้ง เปรมปรีดี)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณ ลาวัฒน์ประเสริฐ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิระจกรกุล)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนรัตน์ กรอิสรานุกุล)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ชื่อผู้เขียน	นายจิตติพัฒน์ สงวนสิน
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณ ลาวัณย์ประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย
ปีการศึกษา	2558

### บทคัดย่อ

สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้าในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นทั้งเพื่อการส่องสว่างและการทำความเย็น คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 12 ล้านบาท แต่ได้จัดสรรงบประมาณจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพียง 9 ล้านบาท ดังนั้น ทำให้ต้องมีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเรียน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยการสำรวจ ตรวจสอบวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนอาคารบรรยายรวม 3 ซึ่งเป็นอาคารกรณีศึกษา รวมทั้งการประเมินสภาวะน่าสบายพบว่า ปัจจัยหลักของสภาวะน่าสบายของห้องเรียน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่างมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพ การออกแบบและสภาพแวดล้อมอาคารและมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน การวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนยังแสดงให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารโดยเฉพาะการมีแหล่งน้ำ และร่มเงาต้นไม้ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในอาคารมากกว่าทิศทางการวางตัวของอาคาร การตรวจวัดอุณหภูมิรายชั่วโมงภายในห้องเรียนขณะเปิดเครื่องปรับอากาศพบว่า อุณหภูมิภายในห้องเรียนสูงกว่าอุณหภูมิกำหนดของเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียสในทุกช่วงเวลา การศึกษาการใช้พลังงานในห้องเรียน พบว่า การใช้พลังงานหลักของห้องเรียน คือ ระบบ

ปรับอากาศเฉลี่ยคิดเป็น 38.9 หน่วยต่อวัน ระบบการส่องสว่าง 3.5 หน่วยต่อวัน คิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศสูงถึง 90.9 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด การศึกษาเปรียบเทียบกรณีการใช้เครื่องปรับอากาศระหว่างการเปิดต่อเนื่องและปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้ห้องเรียน พบว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียนลงได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์ การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแตกต่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่ระบุไว้มากถึง 18.9 เปอร์เซ็นต์ แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในอาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญประกอบด้วย การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การจัดการให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศที่สอดคล้องกับชั่วโมงการใช้งานจริง และการให้ความรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานแก่บุคลากรและนักศึกษา

**คำสำคัญ:** การจัดการพลังงานไฟฟ้า การอนุรักษ์พลังงาน การประหยัดไฟฟ้าในอาคาร

Thesis Title	Management to Optimize the Use of Electrical Energy Utilization Efficiency in Faculty Of Science and Technology, Thammasat University Rangsit Campus
Author	Mr. Jittipat Sanguansin
Degree	Master of Science
Department/Faculty/University	Department of Technology for Rural Development Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assist. Professor Dr.Aroon Lawanprasert
Thesis Co-Advisor (If any)	Assoc. Prof.Dr.Bundit Limmeechokchai
Academic Years	2015

### ABSTRACT

The steady increase in demand of electricity is a topic of large concern for most higher education institutions in Thailand. Reducing the energy consumption and lower their costs becomes the main aim of energy management in higher education institutions. This paper aims to investigate the demand and use pattern of electricity in lighting and cooling system in classrooms in Borrer-3 Building, Thammasat University. The main factors of the ambient environment relating to thermal comfort including temperature, humidity and light both in classrooms and outside were also measured and evaluated. The annual electricity bill of the Faculty of Science and Technology to 12 million baht per year but the Faculty is receiving a budget of only 9 million baht, Therefore it is essential to reduce the electricity bill for the budget. The management plan to reduce the electricity usage in the classroom of the case study was later proposed.

Based on the result, it was found that thermal comfort in the classroom and electricity usage were mainly influenced by the physical characteristics of the building and its surrounding environment particularly water and green landscape. The result shown that air-conditioning system was the main source of electricity consumption in the classroom with average of 38.9 units per day. Indeed, the cooling system consumes around 91 percent of all electricity used in the classroom each day. It also found that the cost of electricity consumption can be reduced up to 23 percent by turn off air conditioner for one hour during lunch break. The assessment of air-conditioners' performance shown that their energy usage increased up to 18.9 percent compare with the new one. The management plan for reducing classroom electricity usage proposed in this study included of; 1) replacing all old air conditioners 2) managing the use of air conditioner and lighting corresponding to actual hours used and 3) promoting energy saving behaviors among employees and students.

**Keyword:** Energy Management, Energy Conservation, Building Energy Management



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีข้าพเจ้า จึงขอกราบขอบพระคุณผู้มีส่วนทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณ ลาวัณย์ประเสริฐ รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์อึ้ง ประมปรีดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนรัตน์ กรอิสรานุกูล และรองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิระจรกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนวคิดต่าง ๆ ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัยและในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งบุคลากรของภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี ทั้งได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และ เพื่อน พี่ และน้อง ๆ ที่ช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และที่ไม่สามารถที่จะขาดได้เลยคือบิดามารดาและอาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้ความสามารถและศาสตร์ด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้ทำการศึกษา จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นายจิตติพัฒน์ สงวนสิน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญรูป	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการเบื้องต้นการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร	5
2.2 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร	6
2.3 ระบบส่องสว่าง	8
2.4 ระบบปรับอากาศ	12
2.4.1 ภาวะมาตรฐานของระบบ	14
2.4.2 ประสิทธิภาพ	15

	หน้า
2.5 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร	16
2.5.1 การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร	16
2.5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	18
2.5.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด	19
2.5.4 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	21
2.5.5 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์	22
2.5.6 การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา	22
2.6 มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร	23
2.6.1 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ	24
2.6.2 ระดับความส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ	25
2.6.3 มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร	25
2.6.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศสำหรับประเทศไทย	28
2.7 ทฤษฎีการบริหารจัดการแบบ Deming	28
2.7.1 หลักการทำงานตามวงจรเดมมิง (The Deming Cycle: PDCA)	28
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	31
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	31
3.1.1 กรณีศึกษา	31
3.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ	31
3.1.2.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมอาคารศึกษา	32
3.1.2.2 การสำรวจลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ของห้อง	33
3.1.2.3 ข้อมูลภาวะน่าสบายในห้องเรียน	33
3.1.2.4 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	37
3.1.3 ข้อมูลทุติยภูมิ	37
3.2 การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล	38

	หน้า
3.2.1 อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมโดยรอบ	38
3.2.2 การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายในอาคาร	38
3.2.3 การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า	38
3.2.3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียน	38
3.2.3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟให้แสงสว่างภายในห้องเรียน	39
3.3 การวิเคราะห์แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน	39
บทที่ 4 ผลการศึกษา	31
4.1 การสภาพแวดล้อมทั่วไปอาคารและห้องเรียนกรณีศึกษา	41
4.1.1 สภาพแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา	41
4.1.2 ห้องเรียนกรณีศึกษา	43
4.2 ความเหมาะสมของสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียน	46
4.2.1 อุณหภูมิภายในห้องเรียนและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	46
4.2.1.1 อุณหภูมิภายในของห้องเรียน	46
4.2.1.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเรียนที่มีทิศทางการวางตัวต่างกัน	54
4.2.2 ความสว่างในห้องเรียน	64
4.2.2.1 แสงสว่างในห้องเรียนด้านทิศใต้	64
4.2.2.2 แสงสว่างในห้องเรียนด้านทิศเหนือ	66
4.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนกรณีศึกษา	69
4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและไฟส่องสว่าง	70
4.3.1 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	70
4.3.1.2 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการปิดการใช้งานในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง	72
4.3.2 การใช้ไฟฟ้าของไฟส่องสว่างภายในห้องเรียน	74

	หน้า
4.4 การคาดประมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟส่องสว่างของห้องเรียนในอาคารบรรยายรวม 3	75
4.4.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	75
4.4.1.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามประสิทธิภาพสูงสุด	75
4.4.1.2 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามการใช้งานจริง	76
4.4.2 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของไฟให้แสงสว่าง	80
4.5 แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารบรรยายรวม 3	82
4.5.1 มาตรการประหยัดพลังงานโดยการปิดเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้า	82
4.5.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ	86
4.5.3 มาตรการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานให้แก่บุคลากรและนักศึกษา	86
4.5.4 การปรับภูมิทัศน์เพื่อใช้ธรรมชาติในการสร้างสภาวะน่าสบาย	86
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	87
5.1 สรุปผลการศึกษา	87
5.2 อภิปรายผลการศึกษา	89
5.3 แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการจัดการเครื่องปรับอากาศ	90
5.4 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา	92
รายการอ้างอิง	93
ประวัติผู้เขียน	95

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	9
2.2	10
2.3	11
2.4	15
2.5	24
2.6	25
2.7	26
2.8	27
2.9	28
4.1	55
4.2	55
4.3	56
4.4	57
4.5	58
4.6	59
4.7	60
4.8	60

ตารางที่	หน้า
4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากห้อง 4 ห้องและ ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) ที่ได้จาก ANOVA	62
4.10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากห้อง 4 ห้อง โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test	63
4.11 อุณหภูมิห้องและการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เปิดต่อเนื่อง	71
4.12 อุณหภูมิห้องและการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ปิดการใช้งาน ในช่วงพักเที่ยง	73
4.13 แสดงความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณตามทฤษฎีและผลที่ได้จากการวัด การไฟฟ้าจริง	79
4.14 แสดงความแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของไฟส่องสว่างในห้องเรียนที่มีชั่วโมง การใช้งานแตกต่างกัน 1 ชั่วโมง	81



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบในระบบปรับอากาศ	13
2.2 วงจรเดมิ่ง (The Deming Cycle)	30
3.1 แผนผังแสดงห้องที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ของอาคารบรรยายรวม 3	32
3.2 ลักษณะห้องเรียนอาคารบรรยายรวม 3	33
3.3 สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร	33
3.4 เทอร์โมมิเตอร์	34
3.5 ตำแหน่งการเก็บค่าอุณหภูมิในห้องทดลอง	35
3.6 ลิคซ์มิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	35
3.7 ตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่าง	36
3.8 เครื่องวัดหลายพารามิเตอร์	36
3.9 มิเตอร์ไฟฟ้า	37
3.10 การวิเคราะห์แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	40
4.1 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารบรรยายรวม 3	41
4.2 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารบรรยายรวม 3	42
4.3 โครงสร้างและวัสดุผนังอาคาร	43
4.4 ตำแหน่งที่ตั้งห้องเรียนกรณีศึกษา	44
4.5 แปลนพื้นห้องเรียนกรณีศึกษา	44
4.6 ลักษณะห้องเรียนและสภาพแวดล้อม	45
4.7 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง	46
4.8 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 105	47
4.9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 107	48
4.10 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105	49
4.11 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 107	50
4.12 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 106	51
4.13 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 108	51



รูปที่	หน้า
4.14 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิกายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมง ห้อง 106	53
4.15 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิกายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 108	53
4.16 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้องเรียน 4 ห้อง	61
4.17 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลความสว่างภายในห้องเรียน 105 และห้อง 107	64
4.18 ความสว่างภายในห้อง 105 (ห้องทางด้านทิศใต้)	65
4.19 ความสว่างภายในห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้)	66
4.20 ตำแหน่งการวัดค่าความสว่างภายในห้อง 106 และ 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)	66
4.21 ความสว่างภายในห้อง 106 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)	67
4.22 ความสว่างภายในห้อง 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)	68
4.23 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทางด้านทิศใต้	69
4.24 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทางด้านทิศเหนือ	70
4.25 แสดงตำแหน่งโคมไฟในห้องเรียนกรณีศึกษา	74
4.26 การจัดการเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนแผนระยะสั้น	83
4.27 การบริหารจัดการไฟฟ้าส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศแผนระยะสั้น	84
4.28 การบริหารจัดการไฟฟ้าส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศแผนระยะกลาง	85

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง อันเป็นภาระแก่ประเทศในการลงทุนเพื่อจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว และปัจจุบันการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการก่อให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศนั้น ยังไม่สามารถเร่งรัดดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายได้ ด้วยเหตุนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ยกร่างกฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมา เพื่อกำหนดมาตรการในการกำกับ ดูแล ส่งเสริม และช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้พลังงาน โดยมีกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน วิธีปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน การกำหนดระดับการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ การจัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้การอุดหนุน ช่วยเหลือในการอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน ตลอดจนการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงาน และกำหนดมาตรการเพื่อส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์ หรือผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ในท้ายที่สุด "พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535" ก็ได้ผ่านการพิจารณาจากสภานิติบัญญัติแห่งชาติ และได้มีพระบรมราชโองการฯ ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ.2535 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ.2535 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะไฟฟ้านับได้ว่าเป็นพลังงานที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อยกระดับความเป็นอยู่ของชีวิตให้ดีขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานมากจนถึงปัจจุบันนี้ อาจกล่าวได้ว่ามนุษย์แทบจะดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้หากขาดไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่บริโภคกันอยู่ในประเทศไทยผลิตจากเชื้อเพลิงถ่านหินลิกไนต์ แก๊สธรรมชาติ และถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งต้องมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศในปริมาณที่สูงขึ้นทุกปี ลักษณะเช่นนี้หากประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไม่ดี ย่อมทำให้ค่าใช้จ่ายและสัดส่วนพลังงานนำเข้ามีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบร้ายแรงต่อเศรษฐกิจของประเทศได้ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

เพื่อที่จะจัดการกับปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพ รัฐบาลได้กำหนดนโยบายและมาตรการหลายประการออกมา เพื่อป้องกันความไม่มีประสิทธิภาพ ในการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ที่สำคัญ ๆ คือการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า การออกกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน การจัดตั้งกองทุนอนุรักษ์พลังงาน การส่งเสริมไฟฟ้าเอกชน การปรับปรุงอัตราค่าไฟฟ้าและระเบียบหลักเกณฑ์และการลดอัตราการนำเข้าเครื่องอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน เป็นต้น ซึ่งเหมาะสม (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559)

การประหยัดพลังงานในอาคารเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยการอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อมีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งได้กำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยให้เจ้าของอาคารขนาดใหญ่ที่ถูกจัดให้เป็นอาคารควบคุม ต้องอนุรักษ์พลังงาน ตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารของตนให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนด ซึ่งแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่ พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้บัญญัติไว้ได้แก่ การดำเนินอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

- (1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
  - (2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
  - (3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ
  - (4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
  - (5) การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
  - (6) การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
  - (7) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์
  - (8) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่น ตามที่กำหนดในกฎกระทรวง
- ทั้งนี้ ได้มีการกำหนดประเภท ขนาด และปริมาณการใช้พลังงานของอาคารควบคุม ในพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และประกาศในราชกิจจานุเบกษาในวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2538 โดยมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2538 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ ประมาณ 118 อาคาร เป็นอาคารเรียน โรงพยาบาล ศูนย์กีฬา และอาคารพักอาศัย พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 768,357 ตารางเมตร โดยแบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศประมาณ 277,261 ตารางเมตร และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ ประมาณ 491,096 ตารางเมตร โดยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก จัดเป็นอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นส่วนหนึ่งของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ประกอบด้วยอาคารเรียน 4 อาคาร เพื่อใช้เป็นห้องเรียนห้องทำงานบุคลากร และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากสำหรับการส่องสว่างและระบบปรับอากาศ รวมทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ มีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558 รวมทั้งสิ้นประมาณ 3,024,920 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินประมาณ 12,039,181.60 บาท และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นไปอีกในอนาคต จึงมีการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร และหามาตรการต่าง ๆ ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพก็สามารถช่วยส่งเสริมเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต และสอดคล้องกับความต้องการในการอนุรักษ์พลังงานของประเทศอีกด้วย

โครงการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับนี้ จะช่วยส่งเสริมหลักสูตรในการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ ความสามารถ และเข้าใจในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้โครงการศึกษาฉบับนี้ยังเป็นแบบอย่างอันดีในการเป็นตัวอย่างในการอนุรักษ์พลังงานอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.2.2 เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.2.3 เพื่อจัดการด้านการบริหารและจัดการ
- 1.2.4 เพื่อเสนอแนะแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

สถานที่ที่ทำการศึกษาคือ อาคารบรรยายรวม 3 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยจะทำการศึกษาในเรื่องของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศ และสภาพการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารจากแสงอาทิตย์

### 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.4.1 สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้
- 1.4.2 ได้ทราบลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.4.3 ได้แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## บทที่ 2

### วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จตุพร บุญชิต (2529) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมสยามอินเตอร์คอนติเนนตัล และความร้อนเข้าสู่อาคาร ผลจากการศึกษาที่ใช้ความรู้พื้นฐานการถ่ายเทความร้อนและการวิเคราะห์ถดถอยช่วยในการคำนวณ พบว่า ปริมาณพลังค์ความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ และอิทธิพลของอุณหภูมิแวดล้อมภายนอกมีค่าประมาณ 30 เพอร์เซ็นต์ของพลังงานรังสีอาทิตย์ตกกระทบอาคาร และมีค่าเทียบเท่า 440 เมกะจูลต่อชั่วโมง โดยพลังค์ความร้อนดังกล่าวสามารถถ่ายเทผ่านพื้นที่กระจกเป็น 2 เท่าของที่ถ่ายเทผ่านพื้นที่ผนัง

เจียรนัย มาสมาน (2529) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงพยาบาลและอุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้า ทำการวิจัยการใช้ไฟฟ้าในโรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ และสร้างอุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้าชนิดคล้องสาย ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณ 348,000 บาทต่อเดือน จำนวนหน่วยที่ใช้ประมาณ 222,320 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน เพอร์เซ็นต์การใช้กำลังงานไฟฟ้ารวมมีค่า 39.4 วัตต์ต่อตารางเมตรหรือ 37.8 กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อวัน ต่อเตียงคนไข้ โรงพยาบาลมีค่าตัวประกอบกำลัง 0.65 ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 450 กิโลวัตต์

จากการวิจัยดังกล่าวนี้ ได้นำเอาวิธีการคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ต่อวัน เพื่อบอกถึงค่าดัชนีของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ส่วนในการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ได้นำเอาวิธีการทางสถิติค่าความเชื่อมั่น เพื่อบอกถึงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

#### 2.1 หลักการเบื้องต้นการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ แต่เนื่องจากปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดดังนั้น กิจกรรมการผลิตและบริโภคต่างๆ จะต้องมีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ จึงเป็นแนวทางของการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีแนวความคิดในการปฏิบัติและข้อบังคับต่างๆ เกิดขึ้นอย่างมากมาย เพื่อช่วยให้การอนุรักษ์และประหยัดพลังงานประสบความสำเร็จ ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศและประชาชนในชาติอย่างดี

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีการใช้อย่างแพร่หลายทั้งในด้านการผลิตและบริโภค เนื่องจากสามารถแปลงเป็นพลังงานในรูปอื่นเพื่อนำมาใช้งานได้สะดวก รวดเร็วและประสิทธิภาพ แต่การผลิตกระแสไฟฟ้าในปัจจุบันของประเทศไทยต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมาก การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน แหล่งที่มีการนำไฟฟ้ามาใช้ในการปริมาณมากคือ โรงงานอุตสาหกรรม และอาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารธุรกิจต่างๆ ซึ่งได้มีเกณฑ์ในการจัดให้เป็นสถานที่ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ดังนั้น การหาแนวทางในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในแหล่งทั้งสองนี้จึงช่วยทำให้ประเทศสามารถอนุรักษ์พลังงานได้เป็นจำนวนมากอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของอาคารขนาดใหญ่ที่จัดเป็นอาคารจะมีแนวทางในการปฏิบัติดังนี้

- (1) การประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกี่ยวกับระบบรวม ซึ่งประกอบไปด้วย
  - การควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด
  - การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์
- (2) การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย
  - ระบบปรับอากาศ
  - ระบบส่องสว่าง
  - หม้อแปลงไฟฟ้า
  - มอเตอร์ไฟฟ้า

โดยข้อมูลที่จะต้องใช้ในการวางแผนการดำเนินงานการประหยัดพลังงานดังกล่าว คือ ปริมาณและค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารควบคุมนั้น สามารถหามาได้โดยการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารนั้น

## 2.2 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

ตามกฎกระทรวงในพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการที่ใช้ประกอบการตรวจวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารไว้ โดยแบ่งส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคารไว้ดังนี้ คือ

- 1) ระบบส่องสว่าง
- 2) ระบบปรับอากาศ
- 3) การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

#### 4) การใช้พลังงานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะกิจ

การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV)

การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ขั้นตอนในการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร สามารถกำหนดได้ดังนี้

(1) สํารวจการใช้พลังงานเบื้องต้นโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า รายละเอียดระบบไฟฟ้า รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้า รายละเอียดของพื้นที่ใช้งาน และรายละเอียดโครงสร้างอาคาร เป็นต้น

(2) ทำความคุ้นเคยกับระบบของอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

(3) จัดระบบสํารวจภาคปฏิบัติ เช่น จัดให้มีการจัดทำตารางการทำงาน

รายละเอียดการบันทึกผลต่างๆ เป็นต้น

(4) สํารวจภาคปฏิบัติ

(5) วิเคราะห์ผลการศึกษา

(6) หาแนวทางในการประหยัดพลังงาน

ขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกัน จึงควรศึกษาถึงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนรวมถึงการนำมาเชื่อมโยงกัน เพื่อให้เกิดแนวความคิดในการหาแนวทางในการประหยัดพลังงานในอาคารควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดด้วย



## 2.3 ระบบส่องสว่าง

ระบบส่องสว่าง ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ให้ความสว่างจากพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะให้แสงสว่างแก่บริเวณที่ใช้งานได้ตามความเหมาะสม ได้แก่ หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วม ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบส่องสว่างเพื่อนำไปสู่การประหยัดพลังงานนั้นมีสิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในการวิเคราะห์ด้วยกัน 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

### 1) การศึกษาพื้นที่ใช้งานและความต้องการแสงสว่าง

การศึกษาระบบส่องสว่างนั้นจะต้องทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของห้องหรือของพื้นที่ใช้งานระบบส่องสว่าง เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของค่าความส่องสว่างต่อพื้นที่ที่ใช้ในห้องนั้นๆ ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อปริมาณของการใช้พลังงานที่แน่นอน ในการศึกษาเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ใช้รับแสงนั้น ข้อมูลที่มีความจำเป็นในการเก็บรวบรวม คือ

- ขนาดและความสูงของห้อง เพราะขนาดของห้องมีผลต่อการใช้พลังงานในระบบส่องสว่าง เช่น ถ้าห้องมีขนาดใหญ่ย่อมมีความต้องการแสงสว่างและใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าห้องที่มีขนาดเล็กกว่า

- สภาพแวดล้อมของห้อง เช่น สีอ่อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของการสะท้อนแสง ตัวอย่างเช่น ห้องที่มีขนาดปานกลางและมีฝ้าห้องสว่าง เมื่อเทียบกับขนาดเดียวกันแต่ฝ้าห้องมืด สีของห้องที่สว่างจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 20% เป็นต้น

- ที่ตั้งของห้อง, ทิศทางการเข้าของแสงจากดวงอาทิตย์

- ลักษณะการใช้งานของแต่ละห้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ในเรื่องของความเหมาะสมของความสว่างที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน

### 2) ชนิดของอุปกรณ์ให้แสงสว่างและอุปกรณ์ร่วม

หลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมที่ใช้ในระบบส่องสว่างนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานเพื่อให้สามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานหลอดไฟและอุปกรณ์ร่วมต่างๆ นั้น สามารถแบ่งเป็นชนิดที่น่าสนใจได้ดังนี้

2.1) หลอดไฟ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการให้แสงสว่างมาก ได้มีการพัฒนารูปแบบของหลอดไฟอย่างมากมาย เพื่อให้เกิดประโยชน์และความเหมาะสมในการใช้งาน โดยสิ่งที่เราควรพิจารณาในการเลือกใช้หลอดไฟ คือ

2.1.1) ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficiency) หมายถึง ความสามารถในการแปลงพลังงานของหลอดไฟได้ไม่เท่ากัน เช่น หลอดไส้จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด และหลอดโซเดียมความดันต่ำจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของหลอดไฟแสงสว่างชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหลอด	อายุการใช้งาน (ชม.)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)
1.หลอดไส้	750-1,000	8-20
2.หลอดไอปรอทความดันต่ำ	24,000	35-50
3.หลอดฟลูออเรสเซนต์	6,000-20,000	45-65
4. หลอดเมทัลฮาไลด์	7,500-20,000	45-70
5.หลอดโซเดียมความดันสูง	24,000	60-110
6.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	18,000	70-155

ที่มา : <http://www.tieathai.org/know/lamp/ch%202.htm>

2.1.2) อายุการใช้งานของหลอดไฟแสงสว่าง ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะหากหลอดไฟมีราคาถูกแต่มีอายุใช้งานไม่นานนัก ทำให้ต้องเปลี่ยนบ่อยครั้งและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการที่ต้องซื้อหลอดไฟฟ้าที่มีราคาแพงแต่มีอายุการใช้งานนานกว่าจะประหยัดได้ทั้งเงินและพลังงาน

2.1.3) สีของแสง มีส่วนสำคัญในการเลือกซื้อหลอดไฟฟ้าเช่นกัน เพราะสเปกตรัมที่อยู่ในหลอดไฟแต่ละชนิดอาจทำให้สีของวัตถุผิดไปจากเป็นจริงได้ ดังนั้นจึงควรเลือกสีของแสงจากหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการทำงาน

2.1.4) ชนิดของหลอดไฟ ในปัจจุบันมีหลอดไฟให้เลือกใช้อยู่หลายชนิดและหลายขนาดเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ชนิดของหลอดไฟที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีดังนี้

ก. หลอดไส้ (Incandescent Lamp) มีแหล่งกำเนิดแสงจากความร้อนจากขดลวด โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 20-100 วัตต์ มีราคาถูกกว่าหลอดไฟชนิดอื่น แต่มีอายุการใช้งานและประสิทธิภาพแสงต่ำมาก

ข. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) มีขนาดตั้งแต่ 4- 215 วัตต์ มีขนาดยาวตั้งแต่ 6-96 นิ้ว โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพประมาณ 72 ลูเมนต์/วัตต์ ปัจจุบันได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งให้กำลังการส่องสว่างเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา แต่กินไฟน้อยกว่า ซึ่งรู้จักในนาม “หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง” (Energy Efficient Fluorescent Lamp) หรือที่เรียกกันว่าหลอดคอม

ค. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ทดแทนหลอดไส้ คือมีอายุการใช้งานนานกว่าถึง 8 เท่า และใช้พลังงานน้อยกว่าถึง 14 เท่า แต่ราคาค่อนข้างสูงมาก

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา กับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	ชนิด	ขนาด (วัตต์)		เส้นผ่าศูนย์กลาง (cm.)	ความยาว	อายุการใช้งาน (ชม.)	กำลังส่องแสง (lm)	ประสิทธิภาพแสง (lm/w)
		หลอดไฟ	รวมบัลลาสต์					
1	ธรรมดา	21	30	3.8	60	7,500	1,030	34.33
2	ประสิทธิภาพสูง	18	28	2.6	60	7,500	1,030	36.78
3	ธรรมดาชนิดวงกลม	32	42	3.2	-	7,500	1,750	41.67
4	ธรรมดา	40	50	3.8	120	7,500	2,600	52.00
5	ประสิทธิภาพสูง	36	36	2.6	120	7,500	2,600	56.52

ที่มา: Energy Saving วันที่ 10 พฤษภาคม 2555

2.2) ดวงโคม (Luminaries) หมายถึง ตัวหลอดไฟ (Lamp) โคมไฟ (Fixtures) และตัวบัลลาสต์ (Ballast) ซึ่งจะมีหน้าที่หลักในการควบคุมลำแสงให้กระจายไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการได้ ดวงโคมแบ่งได้หลายชนิดตามเกณฑ์ที่เลือกใช้ตามลักษณะของกระจายแสงเพื่อความเหมาะสมของพื้นที่การใช้งาน

2.3) บัลลาสต์ (Ballast) จัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมในระบบส่องสว่างที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง เพราะบัลลาสต์มีหน้าที่ขั้วดันกระแสไฟฟ้าทำให้หลอดไฟสามารถส่องสว่างได้อีกทั้งตัวบัลลาสต์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานด้วย ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าบัลลาสต์จึงเป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่ควรพิจารณา ปัจจุบันบัลลาสต์ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดเป็นบัลลาสต์ธรรมดาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 วัตต์ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานของหลอดไฟทุกชนิดที่เปิดใช้งาน

ปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตบัลลาสต์ ชนิดที่มีการลดการใช้ไฟฟ้า เพื่อการประหยัดพลังงาน เช่น บัลลาสต์ Low Loss เป็นต้น และบัลลาสต์เพื่อการผลิตพลังงานชนิดใหม่ที่สุดคือ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้พลังงานเพียง 4 วัตต์เท่านั้น ดังได้สรุปเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบบัลลาสต์ธรรมดา กับ Low Loss และอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์

หลอดไฟที่ใช้	ธรรมดา (ฟลูออเรสเซนต์ 36 W)	Low Loss (ฟลูออเรสเซนต์ 36 W)	อิเล็กทรอนิกส์ (ฟลูออเรสเซนต์ 36 W)
Lamp Consumption	36 W	36 W	32 W
Ballast Loss	10 W	6 W	4 W
System Consumption	46 W	42 W	36 W
Consumption Index	100%	91%	78%

ที่มา: Energy Saving วันที่ 10 พฤษภาคม 2555

## 2) การหาดัชนีการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง

การหาดัชนีของการใช้พลังงานนั้นเพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานต่อผลผลิตว่าอยู่ในระดับใด มีความเหมาะสมแค่ไหนและในอนาคตจะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร โดยทั่วไปการหาดัชนีการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างทำได้จากการสำรวจและทำการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดตามสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง} &= (\text{ขนาดหลอดไฟฟ้า (w)} \times \text{จำนวนหลอดไฟฟ้า}) \\ &+ \text{บัลลาสต์รวม (w)} \end{aligned} \quad (2-1)$$

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด} = \frac{\text{ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง(w)}}{\text{พื้นที่ใช้งาน (m}^2\text{)}} \quad (2-2)$$

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่คำนวณได้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างของอาคาร

นอกจากนี้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างยังต้องคำนึงถึงการออกแบบการติดตั้งระบบส่องสว่าง เพราะการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างมีผลต่อแสงสว่างที่ใช้ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ หากการออกแบบขาดประสิทธิภาพไม่สามารถใช้ประโยชน์จากหลอดไฟฟ้าได้อย่างเต็มที่ จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นได้ การออกแบบการติดตั้งหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมประกอบด้วย

- 1) การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่
- 2) การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่
- 3) การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง

และถ้าหากมีการออกแบบการติดตั้งหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมจะสามารถควบคุมความส่องสว่างของแสงในพื้นที่ใช้งานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.4 ระบบปรับอากาศ

ในพื้นที่หนึ่ง ๆ สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน เพื่อการปรับสภาพอากาศในอาคาร ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบทรอปิคเหนือได้รับอิทธิพลจากรังสีแสงอาทิตย์ในทิศใต้ได้มากกว่าทิศเหนือ ภูมิอากาศร้อนชื้นโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยความเร็วลมค่อนข้างต่ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศดังนั้นจึงนิยมใช้ระบบปรับอากาศ

วัตถุประสงค์ของการปรับอากาศและการระบายอากาศในอาคารก็เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศให้มีค่าต้องการตลอดเวลาและรวมไปถึงการควบคุมคุณภาพและความสะอาดของอากาศ โดยการกำจัดฝุ่นละอองและควันต่าง ๆ ด้วย

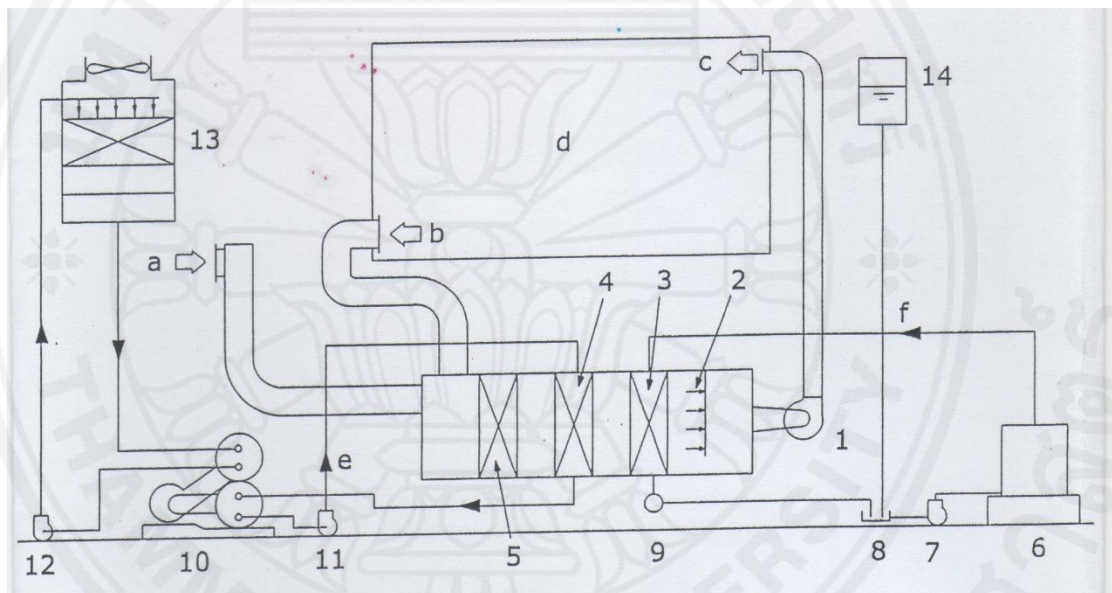
ระบบปรับอากาศแบบพื้นฐานเป็นระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง และที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- 1) ระบบผลิตความเย็น/ร้อน (Cold/Heat Generating System) ซึ่งจะมีเครื่องทำความเย็น (Refrigerator Machine) ท่อผิ่่งน้ำ (Cooling System) และหม้อน้ำ (Boiler)
- 2) ระบบท่อ (Piping System) จะมีท่อน้ำ ท่อไอน้ำ ท่อสารทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำ

3) เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) ภายในประกอบด้วยเครื่องกรองอากาศ ขดท่อทำให้อากาศเย็น (Cooling coil) ขดลวดทำให้อากาศร้อน (Heating Coil) และเครื่องทำให้อากาศชื้น

4) ระบบท่อลม (Air Duct System) จะเป็นส่วนของระบบปรับอากาศที่ประกอบด้วยพัดลม ท่อลมและหัวจ่ายลม

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบในระบบปรับอากาศ



- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| a. อากาศภายนอก              | 5. เครื่องกรองอากาศ             |
| b. ลมกลับ                   | 6. หม้อน้ำ                      |
| c. ลมจ่าย                   | 7. ป้อนน้ำเลี้ยง                |
| d. ห้อง                     | 8. ถังน้ำที่ควบแน่น             |
| e. น้ำเย็น                  | 9. อุปกรณ์ดักไอน้ำ (steam trap) |
| f. น้ำร้อน                  | 10. เครื่องทำน้ำเย็น            |
| 1. พัดลม                    | 11. ป้อนหมุนเวียนน้ำเย็น        |
| 2. เครื่องทำให้อากาศชื้น    | 12. ป้อนหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น    |
| 3. ขดท่อทำให้อากาศร้อน      | 13. หอทำน้ำให้เย็น              |
| 4. ขดท่อทำให้อากาศเย็น/แห้ง | 14. ถังน้ำขยายตัว               |

รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของอุปกรณ์ปรับอากาศแบบส่วนกลาง โดยมี น้ำและอากาศภายนอกเข้ามาชดเชย อากาศภายนอกห้องที่ระบายออกไป การทำงานของระบบ สามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

พัดลม (1) จะดูดอากาศภายนอก (a) และอากาศภายใน (b) เข้ามาผสมกันแล้วจ่าย ผ่านเครื่องกรองอากาศ (5) ภายในเครื่องปรับอากาศเพื่อกรองเอาฝุ่นในอากาศออกไป ในบางระบบ เครื่องกรองอากาศจะเป็นแบบใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal Filters) สำหรับกรองเอากลิ่น และพิษออกไปด้วย อากาศที่สะอาดจากเครื่องกรองอากาศจะถูกทำให้เย็นและแห้งลง หรือร้อนขึ้น ตามอุณหภูมิที่ต้องการ โดยการไหลผ่านขดท่อทำให้เย็นและแห้ง (4) หรือขดท่อทำให้อากาศร้อน (3) ภายในเครื่องปรับอากาศที่สะอาดและมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ สามารถเพิ่มความชื้นโดยเครื่องช่วยเพิ่มความชื้น (2) ภายในเครื่องปรับอากาศจากนั้นอากาศสะอาดที่มีอุณหภูมิและความชื้นตามค่าที่ต้องการจะถูกส่งโดยพัดลม (1) ผ่านท่อลมไปในห้องที่ต้องการปรับสภาพอากาศ

สำหรับการทำความเย็น ในเครื่องทำให้อากาศ (10) จะมีน้ำเย็นไหลวนผ่านขดท่อทำให้อากาศเย็น (4) โดยใช้เครื่องสูบน้ำ (11) น้ำเย็นที่ไหลผ่านขดท่อทำให้อากาศเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น

จากการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ไหลผ่านเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นจำเป็น จะต้องมีการหล่อเย็นด้วยเครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งโดยมากเป็นหอผึ่งน้ำ (13) ที่ทำให้น้ำใน เครื่องทำให้อากาศเย็นลงใหม่ สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

สำหรับการทำความร้อน ขดท่อทำให้อากาศร้อน (3) รับไอน้ำหรือน้ำร้อนจากหม้อ น้ำ (6) มาทำให้อากาศร้อน ระบบปรับอากาศอาจทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องทำความเย็นและลมนร้อน แต่ สำหรับประเทศไทยการปรับอากาศภายในอาคารจะเป็นการทำความเย็นเท่านั้น

#### 2.4.1 ภาวะมาตรฐานของระบบ

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคาร พ.ศ. 2538 ได้กำหนดมาตรฐานขีดความสามารถ ของอุปกรณ์ปรับอากาศดังแสดงในตารางในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ภาวะมาตรฐานในการกำหนดขีดความสามารถของอุปกรณ์ ฯ (°ซ)

	เครื่องทำน้ำเย็นระบาย ความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled water chillers)	เครื่องทำน้ำเย็นระบาย ความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled water chillers)	แบบเป็นชุดระบาย ความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled package)
น้ำเย็นออก (Leaving chilled)	6.7	6.7	-
น้ำเย็นเข้า (Entering chilled)	12.2	12.2	-
น้ำออกจากเครื่อง ควบแน่น (Leaving condenser)	37.8	-	37.8
อากาศเข้าเครื่องควบแน่น (Condenser air inter)	-	35.0	-
อากาศเข้าอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator air inlet)	-	-	27.0 (กระเปาะแห้ง) 19.5 (กระเปาะเปียก)

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ข้อที่ 1-6

#### 2.4.2 ประสิทธิภาพ

การปรับสภาพอากาศภายในอาคารโดยระบบปรับอากาศเป็นการใช้พลังงานเพื่อทำให้อากาศภายในอาคารมีความเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ เกิดความรู้สึกที่สบายระบบปรับอากาศที่ดีจะต้องมีการออกแบบหาขนาดของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ระบบปรับอากาศที่มีขนาดเหมาะสมกับภาระความเย็นที่ต้องการ โดยเฉพาะการจ่ายลมเย็นที่สะอาดในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศจะต้องอยู่ณภาวะที่เหมาะสมเพื่อชดเชยกับความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ที่ประเมินไว้ ดังนั้น ในการเลือกระบบปรับอากาศเพื่อให้ประหยัดพลังงานจะต้องเลือกระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นสูง ซึ่งสามารถคำนวณหาได้โดย



ก) การหาสัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of Performance, COP) เป็น

$$\text{ค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรในการทำงาน COP} = \frac{\text{พลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็น}}{\text{พลังงานที่เครื่องต้องการใช้ความเย็น}} \quad (2-3)$$

หรือ ข) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) ซึ่งกำหนดให้พลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง (BTU/hr.) และพลังงานที่เครื่องทำความเย็นต้องใช้มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

$$\text{EER (BTU/hr.)} = \frac{\text{ขนาดทำความเย็น (BTU/hr.)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (Watt)}} \quad (2-4)$$

และการพิจารณาเลือกเครื่องทำความเย็นจะต้องเลือกเครื่องที่มีค่า COP หรือ EER สูง

## 2.5 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

ดังได้กล่าวแล้วว่าประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบทรอปิคเหนือได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือ ภูมิอากาศร้อนชื้นทั่วไป ค่าเฉลี่ยความเร็วลมค่อนข้างต่ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ

อาคารต่างๆ จึงนิยมใช้ระบบปรับอากาศเชิงกลเพื่อให้พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารมีสภาพอาคารที่ให้ความสบายแก่ผู้ที่ใช้งานภายในอาคารนั้น

ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารจะมีผลต่อการใช้พลังงานเพื่อการปรับสภาพอากาศของอาคารอย่างมาก

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 หมวด 4 จึงมีการกำหนดการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารควบคุมไว้ดังนี้

### 2.5.1 การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อนซึ่งเกิดจากอิทธิพลของบรรยากาศภายนอก และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร หลักการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมนี้อาศัยทฤษฎีพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งพิจารณาว่าความร้อนที่ผ่านกรอบของอาคารเข้าสู่บริเวณภายในนั้นประกอบด้วยความร้อน 3 ส่วน คือ

- ก. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ
- ข. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกระจก
- ค. ความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

ความร้อนทั้ง 3 ส่วนนี้จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTVi) ที่หันสู่ทิศทางต่างกันตามสมการ (2-5)

$$OTTVi = \frac{(A_w)(U_w)(T_{Deq}) + (A_f)(U_f)(\Delta T) + (A_f)(SC)(SF)}{A_o} \quad (2-5)$$

โดยที่

OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของด้านที่พิจารณา ( $W/m^2$ )

$A_w$  คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ( $m^2$ )

$U_w$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังทึบ ( $W/m^2\text{ }^\circ C$ )

$T_{Deq}$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ( $^\circ C$ )

$A_f$  คือ พื้นที่หน้าต่างกระจกและ/หรือผนังโปร่งแสงของผนังด้านที่พิจารณา ( $m^2$ )

$U_f$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ( $W/m^2\text{ }^\circ C$ )

$\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ( $^\circ C$ )

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างกระจก

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

$A_o$  คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา  $= A_w + A_f (m^2)$

ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTVi) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2-6)

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{oi})(OTTV_i)}{\sum_{i=1}^n (A_{oi})} \quad (2-6)$$

โดยที่

$A_{oi}$  = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้าน  $i$  ( $m^2$ )

$OTTV_i$  = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านใน  $i$  ( $W/m^2$ )

ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (2-6)

$i$  = ทิศทางที่ผนังด้านนอกด้านหนึ่งหันเข้าหา

$n$  = จำนวนทิศทางทั้งหมดที่ผนังด้านนอกของอาคารหันเข้าหา

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

### 2.5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ สามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุนั้น ๆ โดยที่ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใต้ภาวะคงที่อันหนึ่งคือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ความหนา 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของผิววัสดุ 1 หน่วย ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อตารางเมตร ต่อองศาเซลเซียส ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

อัตราส่วนกลับระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุจะเป็นค่าการนำความร้อนของวัสดุใดๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการ (2-7)

$$C = \frac{K}{\Delta X} \quad (2-7)$$

เมื่อ

$C$  คือ ค่าการนำความร้อน ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$K$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$\Delta X$  คือ ค่าความหนาของวัสดุ ( $m$ )

ส่วนกลับของค่าการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ จะเป็นค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ (2-8)

$$R = \frac{1}{C} = \frac{\Delta X}{k} \quad (2-8)$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน ( $m^2\text{C}/W$ )

โดยที่

$R_t$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร

$R_o$  คือ ค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร

$R_i$  คือ ค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศภายในอาคาร

$\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \dots, \Delta X_n$  คือ ความหนาของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร  
ชนิดที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่  
1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

$$U = \frac{1}{R_t}$$

เมื่อ U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ( $W/m^2\text{C}$ )

### 2.5.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

ในกรณีทั่วไปหน้าต่างต่าง ๆ ของอาคารต่าง ๆ จะประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดของกระจก และความหนาของกระจกอาจมีขนาดที่แตกต่างกัน แต่ในการคำนวณค่า OTTV ตามสมการที่ (2-5) ซึ่งต้องอาศัยค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ที่เป็นค่าเฉลี่ยรายปีของพลักรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใส 3 มิลลิเมตร ดังนั้น ในการคำนวณพลักรังสีแสงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านหน้าต่าง จำเป็นต้องมีตัวประกอบที่ใช้ปรับค่าดังกล่าว มีชื่อเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$SC = (SC_1)(SC_2) \quad (2-11)$$

เมื่อ

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างกระจก

$SC_1$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกที่ใช้

$SC_2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

$SC_1$  จะมีค่าขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกที่กำหนดขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิต สำหรับค่า  $SC_2$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SC_2 = \frac{(A_c)(I_D) + (A)(I_d)}{(A)(I_T)} \quad (2-12)$$

และ  $A = A_e + A_s$  (2-13)

เมื่อ

$A$  คือ พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ( $m^2$ )

$A_e$  คือ พื้นที่หน้าต่างที่ไม่เกิดเงา ( $W/m^2$ )

$A_s$  คือ พื้นที่หน้าต่างที่เกิดเงา ( $W/m^2$ )

$I_D$  คือ ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

$I_d$  คือ ฟลักซ์รังสีกระจายดวงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

$I_T$  คือ ฟลักซ์รังสีรวมดวงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

สมการ (2-12) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$SC_2 = \frac{(G)(I_D) + (I_d)}{I_T} \quad (2-14)$$

เมื่อ

$$G = \frac{A_e}{A} \quad (2-15)$$

ตัวแปร  $G$  ในสมการที่ (2-14) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลลักษณะเชิงกายภาพของระบบหน้าต่างและข้อมูลทิศทางของดวงอาทิตย์ เช่น ในกรณีของระบบหน้าต่างที่มีภาพด้านข้างของระบบหน้าต่างดังรูปที่ 2.3 ซึ่งประกอบด้วยกระจก และอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอนจากรูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ สามารถแสดงได้โดยสมการดังต่อไปนี้

$$A_s = P_1 (\cos \phi_1)(\tan \theta_1) + P_1 (\sin \phi_1)$$

$$= P_1 (\cos\phi_1)(\tan\theta_1) + P_1(\sin\phi_1) \quad (2-16)$$

หรือ

$$\frac{Ae}{A} = 1 - P_1 [(\cos\phi_1)(\tan\theta_1) + P_1(\sin\phi_1)] \quad (2-17)$$

A

และกำหนดให้

$$S_1 = P_1/A \quad (2-18)$$

สมการที่ (2-17) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$G = 1 - S_1 [(\cos\phi_1)(\tan\theta_1) + P_1(\sin\phi_1)] \quad (2-19)$$

#### 2.5.4 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ )

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้น เมื่อมีผลต่างของอุณหภูมิต่างค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทเนื่องจากผลต่างของอุณหภูมินี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q = (U)(A)(\Delta T) \quad (2-20)$$

โดยที่

$q$  คือ ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายผ่านผนัง(W)

$U$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม( $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$ )

$A$  คือ พื้นที่ทั้งหมดของการถ่ายเทความร้อน ( $m^2$ )

$\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ( $^\circ\text{C}$ )

สมการที่ (2-20) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\Delta T = \frac{q}{(U)(A)} \quad (2-21)$$

ในกรณีที่ผนังทึบเป็นพื้นที่ที่มีการถ่ายเทความร้อนรวม นอกจากผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังภายนอกและภายในอาคารที่มีผลต่อค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังนั้น ความสามารถในการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผิวผนังอันเนื่องจากสีที่ทาผนังภายนอก และมวลของวัสดุผนังที่ให้คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกันก็มีอิทธิพลต่อค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่าน

ผนังนั้น ดังนั้นค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทึบของอาคารสามารถคำนวณได้จากสมการ (2-22)

$$q_w = (U_w)(TD_{eq})$$

โดยที่

$q_w$  คือ ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทึบ ( $W/m^2$ )

$U_w$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ( $W/m^2\text{°C}$ )

$TD_{eq}$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $^{\circ}C$ )

$TD_{eq}$  จะรวมถึงผลจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของมวลของวัสดุที่ใช้ทำผนัง และอิทธิพลของอุณหภูมิภายนอกอาคารเข้าด้วยกัน

### 2.5.5 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

SF คือ ค่าของผลจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผ่านผนังต่าง ๆ ค่าเฉลี่ยของค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ของผนังหน้าต่างในแนวตั้งในทิศทางต่างๆ คือ  $160 W/m^2$  สำหรับผนังที่มีมุมเอียงในทิศทางต่าง ๆ SF สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SF = (160)(CF) \quad (2-23)$$

เมื่อ CF คือค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction factor) สำหรับผนังมุมเอียงหนึ่ง ๆ ในทิศทางต่าง ๆ

### 2.5.6 การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วนคำนวณได้จากสมการ (2-24)

$$RTTV_i = \frac{(A_r)(U_r)(TD_{eq}) + (A_s)(U_s)(\Delta T) + (A_s)(SC)(SF)}{A_o} \quad (2-24)$$

โดยที่

RTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา ( $W/m^2$ )

$A_r$  คือ พื้นที่หลังคาส่วนทึบ ( $m^2$ )

$U_r$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนทึบ ( $W/m^2$ )

$T_{Deq}$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนทึบ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$A_s$  คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนรับแสงธรรมชาติ ( $\text{m}^2$ )

$U_s$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วนโปร่งแสง ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

$\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ( $^{\circ}\text{C}$ )

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของช่องรับแสง

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$A_o$  คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา =  $A_r + A_s$  ( $\text{m}^2$ )

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) สามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมหลังคาแต่ละส่วน (RTTV)

โดยที่

$A_{oi}$  คือ พื้นที่หลังคาทั้งหมดของด้าน  $i$  ( $\text{m}^2$ )

$RTTV_i$  คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้าน  $i$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$l$  คือ ทิศทางที่หลังคาส่วนหนึ่งของอาคารหันเข้าหา

$n$  คือ จำนวนทิศทางทั้งหมดที่หลังคาของอาคารหันเข้าหา

$l$  คือ 1,2,3,..... $n$

## 2.6 มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม (พ.ศ. 2538) ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารไว้ดังนี้



### 2.6.1 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในอาคาร

อาคาร ประเภท/ลักษณะพื้นที่	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด วัตต์ ม. <sup>2</sup>
ขายอาหาร	15
สำนักงาน	
- บริเวณที่ทำงาน	16
ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ต และศูนย์การค้า	23
สถานศึกษา	18
โกดังเก็บของ/คลังพัสดุ	5
โรงพยาบาล/สถานพักผ่อน	18
โรงแรม	
- ห้องพัก/เฉลียงทางเดินในอาคาร	15
- บริเวณที่ใช้กันมากๆ	17
- สถานที่จัดเลี้ยง/แสดงนิทรรศการ	20

ที่มา : <http://www.tieathai.org/know/application/ch5.htm>

## 2.6.2 ระดับความส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ

ตารางที่ 2.6 ระดับความส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ

งาน	ลักซ์ (ลูเมน ม. <sup>2</sup> )	ตัวอย่าง
(1) การให้แสงสว่างสำหรับ บริเวณไม่ค่อยได้ใช้งาน	20	ความสว่างต่ำสุดที่ใช้การได้
	50	ทางเดินภายในที่จอดรถและห้องเก็บของ
	100	ห้องนอนในโรงแรมและห้องน้ำ
(2)การให้แสงสว่างสำหรับ บริเวณที่ทำงานภายในอาคาร	150	งานที่ไม่ต้องการความละเอียด
	200	งานอ่านและเขียนนานๆ ครั้ง
	300	สำนักงานทั่วไปๆ ห้องควบคุมในอาคาร ร้านขายยาของ และร้านค้าต่าง ๆ งาน อ่านและงานเขียน
(3)การให้แสงสว่างเฉพาะที่ สำหรับงานละเอียด	400	ห้องเขียนแบบ
	750	งานอ่านตรวจทาน
	1,000	งานเขียนแบบที่ต้องการความละเอียด แน่นอน งานละเอียดลออ ประณีต

ที่มา : <http://www.tieathai.org/know/application/ch5.htm>

## 2.6.3 มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัด (Full load) หรือที่ภาระการใช้งานจริง (Actual load) ไม่เกินกว่าค่าตามตารางที่ 2.7 และ 2.8 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานการปรับอากาศเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตัน ความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความ เย็น)
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal chiller) ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.75 0.70 0.67	0.90 0.84 0.80
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocal chiller) ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.98 0.91	1.18 1.10
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package chiller)	0.88	1.06
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw chiller)	0.70	1.84

ที่มา : <http://www.apsthailand.com>

ตารางที่ 2.8 ค่ามาตรฐานการปรับอากาศเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal chiller) ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	1.40 1.20	1.61 1.38
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocal chiller) ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.30 1.25	1.50 1.44
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package chiller)	1.37	1.58
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/split type)	1.40	1.61

ที่มา : <http://www.apsthailand.com>

## 2.6.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศสำหรับประเทศไทย

ตารางที่ 2.9 ค่ามาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

	ค่าสูงสุด
RTTV ทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่า	25
OTTV สำหรับอาคารใหม่	45
OTTV สำหรับอาคารเก่า	55

ที่มา : [http://www.ecct-th.org/activities/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4:building-services&catid=3:services&Itemid=6](http://www.ecct-th.org/activities/index.php?option=com_content&view=article&id=4:building-services&catid=3:services&Itemid=6)

## 2.7 ทฤษฎีการบริหารจัดการแบบ Deming

### 2.7.1 หลักการทำงานตามวงจรเดมมิง (The Deming Cycle: PDCA)

งานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็งานทั่วไป งานระบบบริหาร ก็จำเป็นต้องมีการจัดลำดับงาน จัดแผนงานพัฒนาปรุ้งงานอยู่เสมอ จึงจะทำให้งานนั้นสำเร็จด้วยดี และมีประสิทธิภาพการใช้หลักการ ทำงานตามวงจรเดมมิง (The Deming Cycle) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้การจัดการกับงานต่าง ๆ มี ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลเกิดขึ้นกับงาน ซึ่งวงจรเดมมิงจะใช้หลักการปรับปรุงงานแบบต่อเนื่อง ซึ่ง ประกอบไปด้วย

1. P-Planning เป็นการวางแผนงาน ขั้นตอนนี้เราต้องนำงานทั้งหมดที่เรา รับผิดชอบอยู่ มาจัดเรียงลำดับความสำคัญ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน และเป้าหมายในการทำงาน ซึ่งควรจจะจัดเตรียมเป็นเอกสารไว้ มีวิธีการและขั้นตอนการทำงาน ซึ่งอาจจะจัดทำเป็นเอกสาร ขั้นตอนและวิธีการทำงานเอาไว้ อาจจะมีระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน ผู้รับผิดชอบ ผู้ตรวจสอบ ถ้า การทำงานนั้นมีผู้ร่วมทำงานหลายคน

แต่ในกรณีที่เรเตรียมแผนงานของตนเองส่วนตัวไว้สำหรับการทำงานและพัฒนา งานของตนเองก็จำเป็นต้องมีการวางแผนด้วย ซึ่งควรมีเอกสารกำกับ หรืออาจจะใช้สมุดบันทึก ไดอารี่ ฯลฯ ที่จำเป็นในการวางแผนการทำงาน มีการจัดลำดับความสำคัญของงาน งานไหนทำก่อน งานไหนทำทีหลัง และควรมีแผนสำรองสำหรับงานที่เข้ามาแทรกตามที่ได้วางแผนไว้ว่าจะจัดการ อย่างไร เพื่อให้การทำงานไม่ติดขัด และทันต่อเวลา รวมไปถึงงานที่ได้มีคุณภาพตามเวลาที่กำหนด ด้วย

2. D-Doing เป็นการดำเนินงานตามแผนงานที่ได้วางไว้ ขั้นตอน วิธีการ ลำดับงานที่เรา กำหนดไว้ใน PLAN ก็นำมาปฏิบัติ โดยทำการศึกษาถึงวิธีการที่ดีที่สุดในการทำงานนั้น ๆ เอามาใช้ให้ เกิดประโยชน์ และทำงานได้ผลดีที่สุด หรืออาจจะมีการอบรมงานเหล่านั้นเพื่อความเข้าใจในการ ปฏิบัติแล้วลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนและวิธีการทำงานที่ได้วางแผนไว้ ในระหว่างการทำงานควรมี เก็บข้อมูลที่เป็น ที่สำคัญต่าง ๆ เอาไว้ เพื่อประโยชน์ในการทำงานครั้งต่อไปด้วย หรือเพื่อจดบันทึก ที่เป็นข้อบกพร่องของงานเอาไว้ เพื่อนำไปแก้ไข ปรับปรุงการทำงานในครั้งต่อไป

3. C-Checking ตรวจสอบการทำงานที่ได้ทำไปแล้ว (จาก DO) ว่าเป็นไปตามที่เรา ต้องการหรือไม่ หรือตามมาตรฐานที่เราได้กำหนดไว้ อาจจะใช้เครื่องมือช่วยในการตรวจสอบ เช่น เครื่องมือต่าง ๆ ผลการทำงานเมื่อเทียบกับงานครั้งก่อน เป็นต้น ในการตรวจสอบโดยทั่วไปได้แก่ ระยะเวลาตามเป้าหมาย คุณภาพของงานที่ออกมา วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน ซึ่งการตรวจสอบ การทำงานควรมีการจดบันทึกในรูปแบบต่าง ๆ ไว้ เช่น สมุดบันทึก เอกสารการตรวจสอบ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น เพื่อให้ง่ายในการปรับปรุง และแก้ไขในการทำงานครั้งต่อไป

4. A-Acting หากมีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบ CHECK ก็ควรจะหา วิธีการและขั้นตอนในการแก้ไขทันที หรือตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ โดยทำการค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้น และใช้วิธีการแก้ไขที่ดีที่สุดในการทำการแก้ไข เพื่อไม่ให้ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่เกิดขึ้นซ้ำอีก และควรมี วิธีการพัฒนาปรับปรุงงาน หรือระบบงานนั้น ถึงแม้ว่าการตรวจสอบจะไม่เกิดข้อบกพร่องเราก็ควรมี วิธีการพัฒนาปรับปรุงอยู่เสมอ เพื่อให้งานนั้นเกิดประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม

เมื่อมีข้อบกพร่อง หรือต้องการจะพัฒนาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นกว่าเดิม เราก็ ควรมีการวางแผนใหม่ (PLAN) โดยอาจจะปรับปรุงจากแผนการทำงานเดิม เพื่อให้ได้งานที่ดีขึ้น และมีการพัฒนาต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นไปตามหลักการของวงจรเดมมิง คือ มีการวางแผนงาน PLAN ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ DO ตรวจสอบการทำงานที่ปฏิบัติ CHECK ทำการแก้ไขข้อบกพร่องหรือ พัฒนาให้ดีขึ้น ACTING ก็จะมาทำการวางแผนใหม่ นำไปปฏิบัติ ตรวจสอบ เป็นอย่างนี้ต่อเนื่องกันไป ไม่มีที่สิ้นสุด ก็จะทำงาน หรือระบบงานนั้นดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ช่วยลดต้นทุน ลดเวลาการทำงาน คุณภาพงานที่ดีขึ้นต่อเนื่อง และยังช่วยให้พนักงานมีขวัญกำลังใจที่ดีในการทำงานอีกด้วย

วงจรเดมมิ่ง (The Deming Cycle) แสดงดังรูป

รูปที่ 2.2 วงจรเดมมิ่ง (The Deming Cycle)



ที่มา : <http://www.cgpcenter.com/generalknowledges/pdca/pdca.html>

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

ในการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีขั้นตอนในการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล เพื่อเสนอผลการศึกษาและหาแนวทางในการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วยข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า การประหยัดพลังงานไฟฟ้า มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการอนุรักษ์พลังงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 3.1.1 กรณีศึกษา

การศึกษาแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ใช้วิธีการศึกษาแบบกรณีศึกษา (Case Study) โดยเลือกอาคารบรรยายรวม 3 เป็นอาคารกรณีศึกษาในการเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจะคัดเลือกห้องเรียนกรณีศึกษาเนื่องจากเป็นพื้นที่บริการหลักของสถาบันการศึกษาและมีลักษณะการใช้งานที่ยืดหยุ่นได้ สามารถปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการได้ง่ายกว่าพื้นที่ใช้งานประเภททำการคัดเลือกห้องเรียนกรณีศึกษาจำนวน 4 ห้อง เป็นห้องที่อยู่ทางทิศเหนือ 2 ห้องคือห้อง 106 และ 108 และห้องทางด้านทิศใต้ 2 ห้อง มีรูปทรงของห้อง 2 แบบคือ ห้องรูปทรงที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและห้องที่มีลักษณะเป็นแนวยาวสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีการใช้เครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงห้องที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ของอาคารบรรยายรวม 3

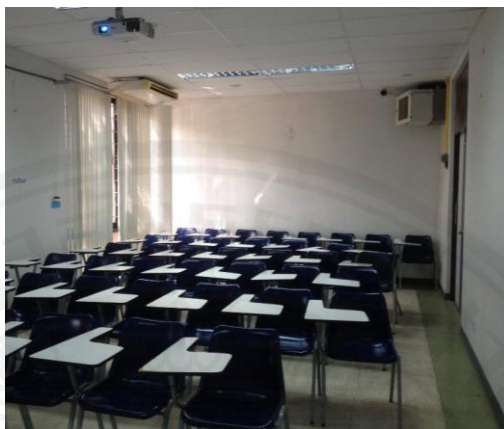


### 3.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

#### 3.1.2.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา

สำรวจลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมอาคารที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร พื้นที่ใช้สอย ประเภทการใช้งาน วัสดุก่อสร้างอาคาร รูปแบบและการวางตัวของอาคาร ทิศทางห้อง สภาพแวดล้อมภายนอกที่อาจมีผลกระทบต่ออุณหภูมิและสภาวะน่าสบายภายในอาคาร ดังรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 ลักษณะห้องเรียนอาคารบรรยายรวม 3



รูปที่ 3.3 สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร



### 3.1.2.2 การสำรวจลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ของห้อง

สำรวจลักษณะการใช้ประโยชน์ ลักษณะการใช้งานตามช่วงวันและเวลา รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้อง การใช้งานเครื่องปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

### 3.1.2.3 ข้อมูลภาวะน่าสบายในห้องเรียน

การสำรวจภาวะน่าสบายในห้องเรียนเป็นการเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะน่าสบาย ได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง และความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีรายละเอียดการเก็บข้อมูลดังนี้

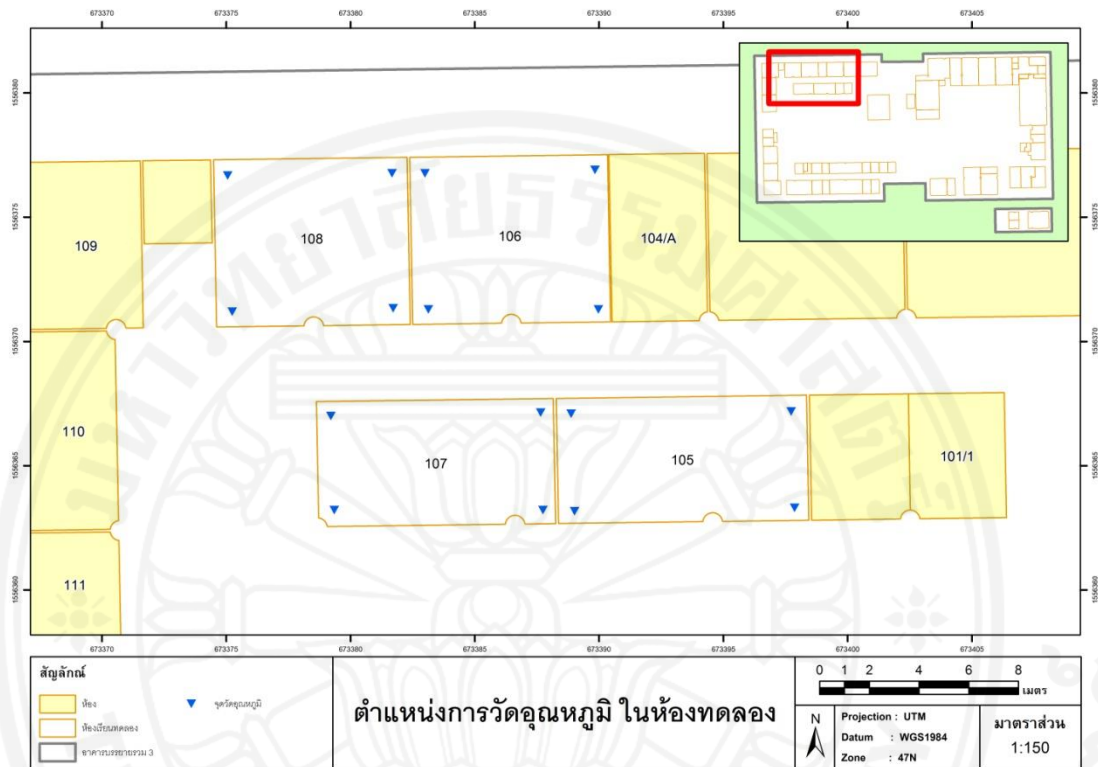
### 1) อุณหภูมิ การสำรวจบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

- การเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในห้องที่ศึกษา โดยใช้เครื่องมือเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.4 ทำการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในห้องเรียนบริเวณผนังทั้ง 4 ด้าน ตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แสดงในดังรูปที่ 3.5 ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิตายชั่วโมงระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. ชั่วโมง
- เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายนอกห้องเรียน โดยการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในบริเวณผนังห้องเรียนด้านนอกที่อยู่ภายในอาคาร ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิตายชั่วโมงระหว่างเวลา 09.00-16.00 น.
- เก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังด้านนอกอาคาร เป็นการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายนอกอาคาร โดยการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในบริเวณผนังห้องเรียนด้านนอกอาคาร ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิตายชั่วโมงระหว่างเวลา 09.00-16.00 น.

รูปที่ 3.4 เทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการเก็บค่าอุณหภูมิในห้องทดลอง



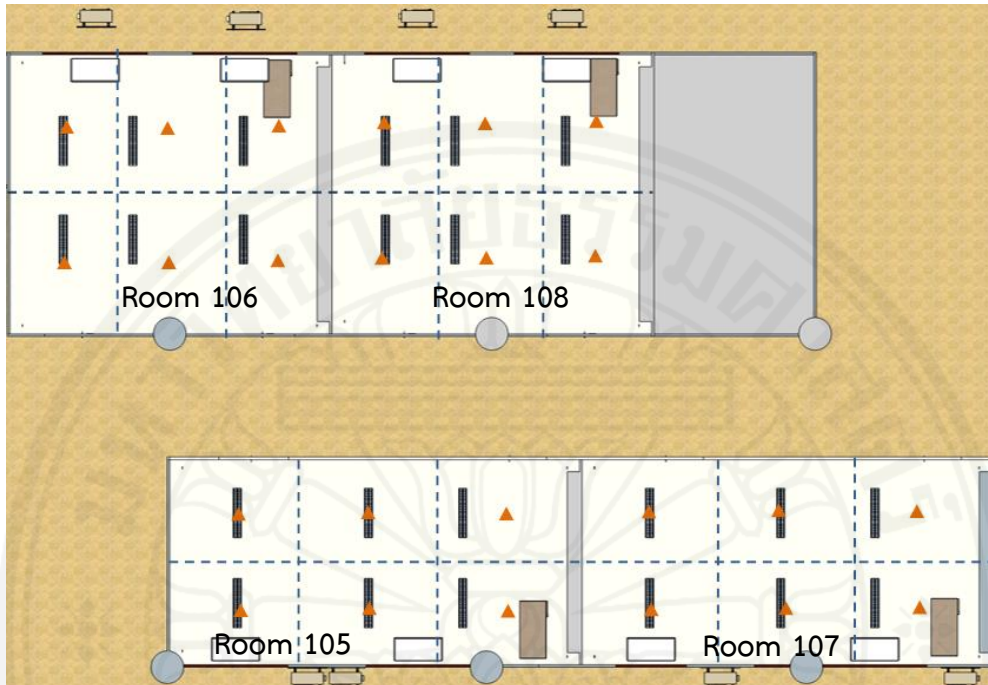
## 2) ความส่องสว่าง

เก็บรวบรวมข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงภายในห้องเรียนกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องโดยใช้ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) (รูปที่ 3.6) วิธีการวัดจะแบ่งห้องเรียนออกเป็น 6 ส่วน และทำการวัดบริเวณจุดกึ่งกลางของพื้นที่แต่ละส่วน และสูงจากพื้น 0.75 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.6 ลักซ์มิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่าง



### 3) ความชื้นสัมพัทธ์

เก็บรวบรวมข้อมูลค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องโดยใช้เครื่องวัดหลายพารามิเตอร์ (Multi-Function Instrument) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 วิธีการวัดจะแบ่งห้องเรียนออกเป็น 6 ส่วน และทำการวัดบริเวณจุดกึ่งกลางของพื้นที่แต่ละส่วน และสูงจากพื้น 0.75 เมตรเช่นเดียวกับการวัดค่าความส่องสว่างของแสง (รูปที่ 3.7)

รูปที่ 3.8 เครื่องวัดหลายพารามิเตอร์



### 3.1.2.4 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

บันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้าติดตั้งที่เครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 3.10 ทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยการจดบันทึกรายชั่วโมง วิธีการเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 จะเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. ต่อเนื่อง ส่วนกรณีที่ 2 จะเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการปิดเครื่องในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง

รูปที่ 3.9 มิเตอร์ไฟฟ้า



### 3.1.3 ข้อมูลทุติยภูมิ

การรวบรวมข้อมูลจาก หนังสือ วารสาร อินเทอร์เน็ต งานวิจัย และจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

- การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ
- ข้อมูลอาคารและสถานที่ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานของอาคารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### 3.2 การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

ในการศึกษาจากการเก็บข้อมูล และการทดลอง ผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์และประมวลผลที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในห้อง ทางด้าน ดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

เป็นการวิเคราะห์ห้อิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพ เช่น ทิศทางการวางตัวของอาคาร ร่มเงาต้นไม้ต่ออุณหภูมิและแสงสว่างภายในอาคารมีผลกระทบต่ออุณหภูมิ แสงสว่างที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคาร ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

#### 3.2.2 การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายในอาคาร

ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ แสงสว่างและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยอุณหภูมิ แสงสว่างและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างห้องเรียนกรณีศึกษา รวมถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2.3 การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์ประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างโดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 3.2.3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียน

ข้อมูลที่ได้จากการวัดการใช้ไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ไฟฟ้า 2 กรณี คือการวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่เปิดติดต่อกันโดยไม่หยุดพักเป็นเวลา 7 ชั่วโมง และการวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการปิดในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง จะนำมาใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้สมการ

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = \frac{\text{ขนาดเครื่องปรับอากาศ (Kw)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน}}{1,000 \text{ หน่วย}}$$

วิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในสองกรณีเพื่อหาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน

### 3.2.3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟให้แสงสว่างภายในห้องเรียน

เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟให้แสงสว่างภายในห้องเรียนโดยใช้ข้อมูลของหลอดไฟส่องสว่างโดยประเมินจากสมการ

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} = \frac{[\text{ขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (watt)} \times \text{จำนวนหลอดไฟ}] \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1,000}$$

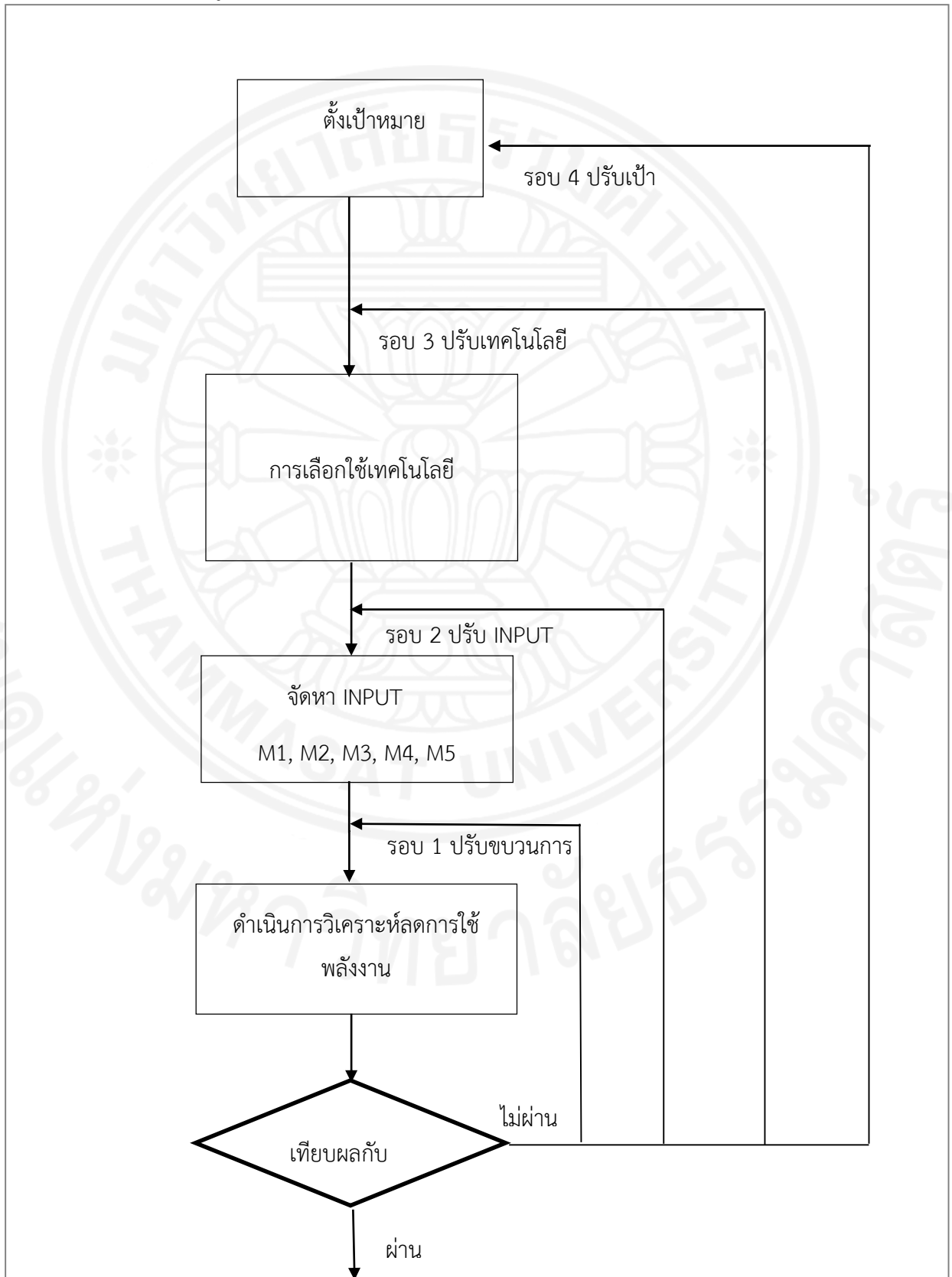
การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีเช่นเดียวกับระบบเครื่องปรับอากาศโดยกรณีแรก เป็นการเปิดไฟต่อเนื่องเวลา 7 ชั่วโมง กรณีที่ 2 จะมีการปิดไฟในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบความแตกต่างของความต้องการพลังงานไฟฟ้าใน 2 กรณี

### 3.3 การวิเคราะห์แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล จะถูกนำมาใช้ประกอบการหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข ข้อควรปฏิบัติในการใช้ห้อง อุปกรณ์ และแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่างๆ เพื่อให้เกิดมาตรการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีกรอบแนวคิดดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การวิเคราะห์แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า



## บทที่ 4 ผลการศึกษา

### 4.1 การสภาพแวดล้อมทั่วไปอาคารและห้องเรียนกรณีศึกษา

#### 4.1.1 สภาพแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษาในการวิจัยนี้คืออาคารบรรยายรวม (บร.3) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีลักษณะทั่วไปของอาคารบรรยายรวม 3 เป็นอาคารขนาดใหญ่ สูง 2 ชั้น ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5 ไร่ มีเนื้อที่ใช้สอยประมาณ 19,500 ตารางเมตร สภาพแวดล้อมโดยรวมของอาคารส่วนใหญ่มีอาคารและพื้นที่สีเขียวล้อมรอบดังแสดงในรูปที่ 4.1

ลักษณะทั่วไปของอาคารบรรยายรวม 3 สะท้อนให้เห็นแนวคิดในการออกแบบอาคารที่มุ่งให้มีการใช้ธรรมชาติช่วยในการสร้างสภาวะน่าสบาย มีการออกแบบเพื่อการระบายอากาศตามธรรมชาติ บางส่วนของอาคารชั้น 1 เป็นอาคารใต้ถุนโล่งทำให้มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอย่างดี มีคูน้ำไหลผ่านบริเวณโถงกลางของอาคารและพื้นที่โดยรอบเพื่อช่วยลดอุณหภูมิของอากาศดังแสดงในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารบรรยายรวม 3



รูปที่ 4.2 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารบรรยายรวม 3



จากการสำรวจและเก็บข้อมูลภาพถ่ายอาคารพบว่า อาคารมีโครงสร้างหลักเป็นคอนกรีต ผนังอาคารส่วนใหญ่เป็นการก่ออิฐฉาบปูน ผนังด้านนอกของอาคารมีช่องแสงเป็นแบบบาน

เกร็ดกระจกใส ยาวจรดพื้นทำให้สัดส่วนของช่องเปิดค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผนังดังแสดงในรูปที่ 4.3 ในขณะที่ผนังด้านในทางเดินไม่มีช่องเปิด

รูปที่ 4.3 โครงสร้างและวัสดุผนังอาคาร

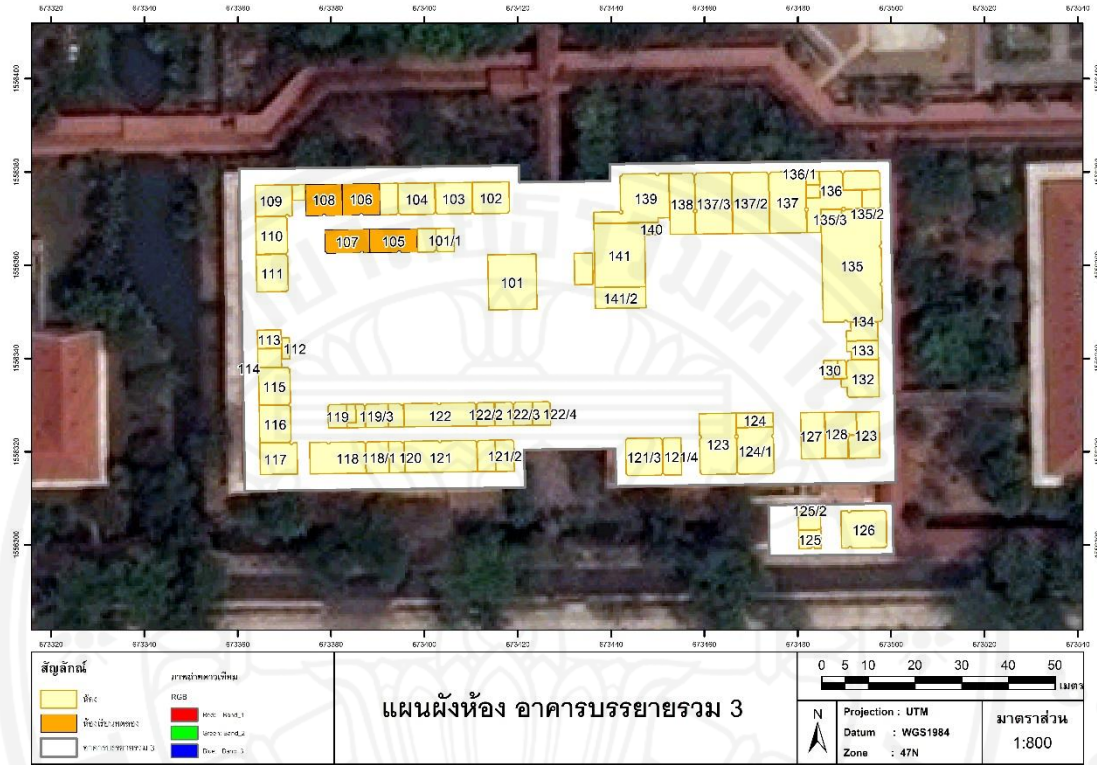


#### 4.1.2 ห้องเรียนกรณีศึกษา

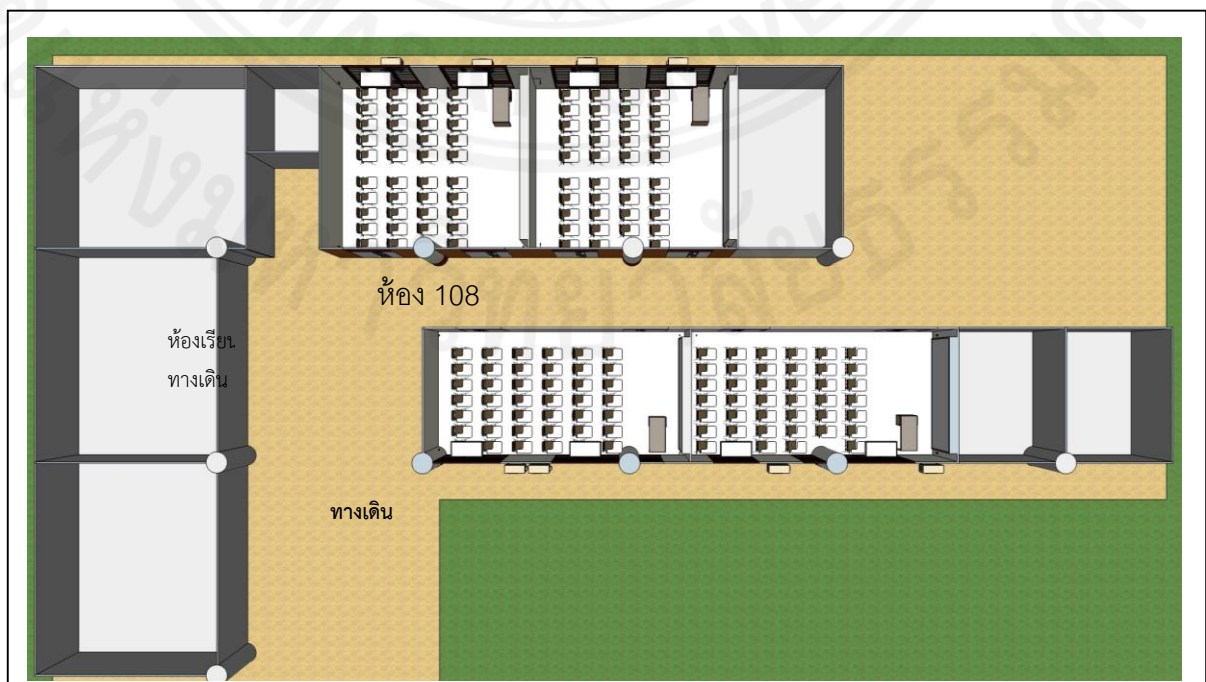
ในการศึกษานี้ได้คัดเลือกห้องเรียนกรณีศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิและประเมินการใช้พลังงานในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจำนวน 4 ห้อง ได้แก่ ห้อง 105 ห้อง 106 ห้อง 107 และห้อง 108 ห้องเรียนทั้ง 4 ห้องเป็นห้องเรียนที่มีการใช้งานเป็นประจำ ห้องทั้ง 4 มีขนาดใกล้เคียงกันแต่มีรูปทรงที่ต่างกันโดยห้อง 106 และ 108 มีลักษณะใกล้เคียงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในขณะที่ห้อง 105 และ 107 มีลักษณะเป็นห้องยาวสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นได้ว่าห้องเรียนทั้ง 4 ห้องมีผนังด้านใดด้านหนึ่งที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมสูง โดยห้อง 106 และห้อง 108 เป็นห้องที่มีผนังได้รับแสงแดดทางทิศเหนือ ในขณะที่ห้อง 105 และ ห้อง 107 เป็นห้องที่ได้รับแสงแดดทางด้านทิศใต้ อย่างไรก็ตามก็ตีผลกระทบจากแสงแดดมีความแตกต่างกันไปเนื่องจากการจัดสภาพแวดล้อมทางภูมิทัศน์ โดยเฉพาะการปลูกต้นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ทำให้อาคารได้รับร่มเงา

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งที่ตั้งห้องเรียนกรณีศึกษา



รูปที่ 4.5 แปลนพื้นที่ห้องเรียนกรณีศึกษา



เพื่อให้สามารถแสดงสภาพแวดล้อมห้องเรียนและลักษณะองค์ประกอบการออกแบบอาคารที่ผลกระทบต่ออุณหภูมิห้องตลอดจนตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ในการวิจัยนี้ได้จัดทำแบบจำลอง 3 มิติของห้องเรียนกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7

รูปที่ 4.6 ลักษณะห้องเรียนและสภาพแวดล้อม



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง



#### 4.2 ความเหมาะสมของสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนในการศึกษานี้ให้ความสำคัญกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่างและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีผลการศึกษาดังนี้

##### 4.2.1 อุณหภูมิภายในห้องเรียนและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในห้องเรียนกรณีศึกษาจำนวน 4 ห้องมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.2.1.1 อุณหภูมิภายในห้องเรียน

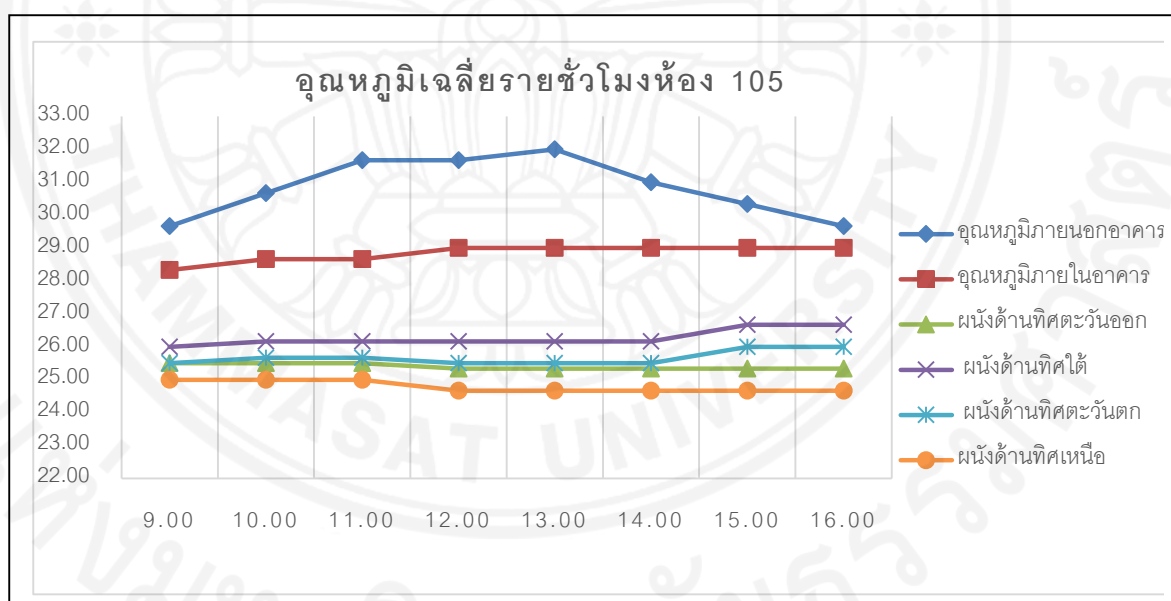
การเก็บรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจะเป็นการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ มีการเก็บข้อมูลใน 3 บริเวณได้แก่ภายในห้องเรียนที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ บริเวณภายนอกอาคาร และภายในอาคารบริเวณผนังภายนอกห้องเรียน โดยการวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนจะเป็นการวัดในช่วงเวลาที่มีการใช้งานห้องเรียนคือระหว่างเวลา 09.00 - 16.00 น. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า ปัจจัยด้านตำแหน่งที่ตั้ง ทิศทางการวางตัวของห้องและสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในห้องเรียน การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบริเวณ

ผนังห้องในแต่ละด้านของห้องเรียนพบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายชั่วโมงมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการวางตัวของห้องดังกล่าวข้างต้นโดยมีผลการศึกษที่สำคัญดังนี้

### 1) อุณหภูมิของห้องเรียนทางด้านทิศใต้

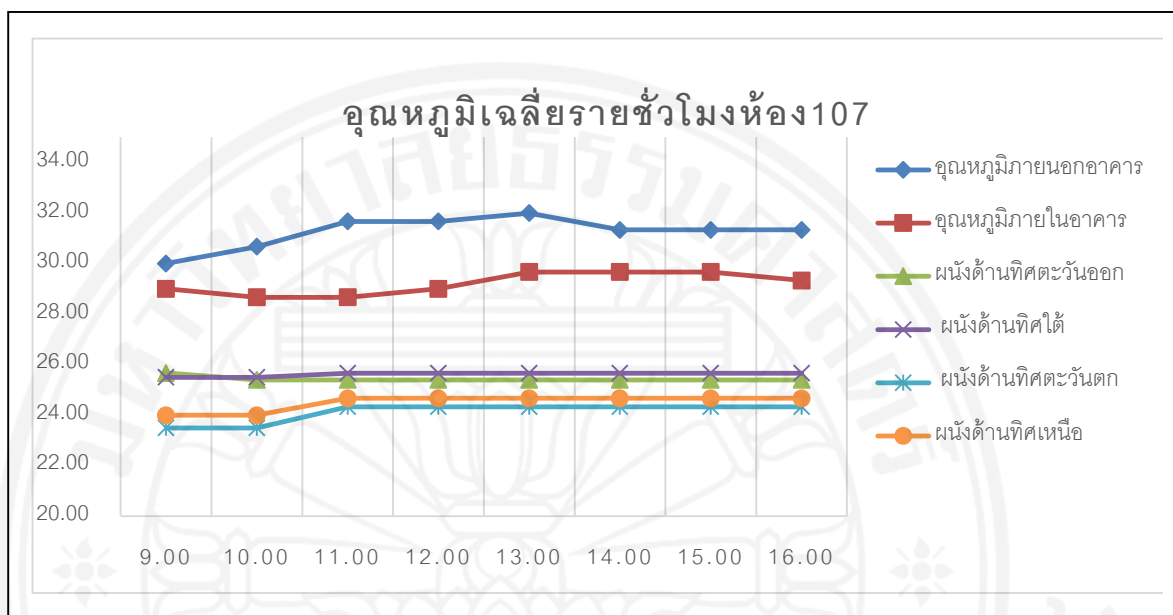
ห้องเรียนที่มีผนังรับแดดทางทิศใต้ได้แก่ห้อง 105 และห้อง 107 โดยห้อง 105 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 25.53 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 5.30 องศาเซลเซียส ในขณะที่ห้อง 107 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 25.06 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกมีค่าเท่ากับ 31.25 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 6.18 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 105 (ห้องทางด้านทิศใต้)





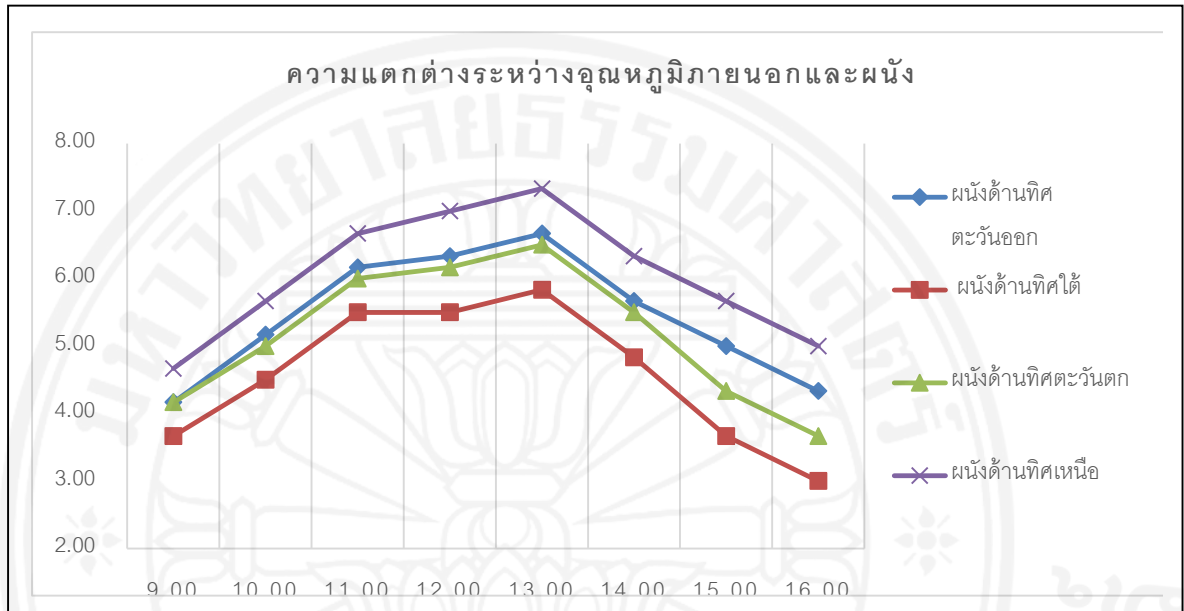
รูปที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้)



รูปที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105 โดยผนังด้านทิศใต้มีแนวโน้มอุณหภูมิสูงกว่าผนังด้านอื่นๆ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 26.67 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ 1.67 องศาเซลเซียส อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงบ่าย มีอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 15.00 น. ในขณะที่ผนังที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือผนังทางด้านทิศเหนือ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 25 องศาเซลเซียสในช่วงเช้าและลดต่ำลงเล็กน้อยหลังจาก 12.00 น.

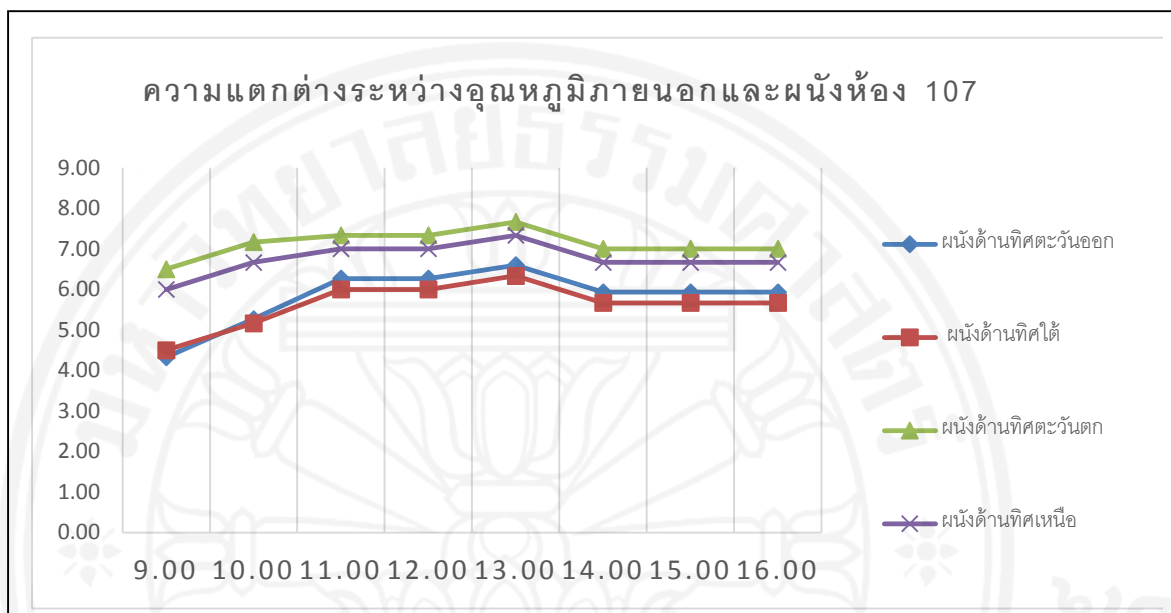
รูปที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 107 ผนังด้านทิศใต้มีแนวโน้มอุณหภูมิสูงกว่าผนังด้านอื่นๆ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 25.67 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งไว้ 25 องศาเซลเซียส 0.67 องศาเซลเซียส อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยหลังเวลา 11.00 น. และมีอุณหภูมิก่อนช่วงพักที่เปดตลอดช่วงบ่าย ในขณะที่ผนังที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือผนังทางด้านทิศตะวันตก โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 23.5 องศาเซลเซียสในช่วงเช้าและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงบ่ายเป็น 24.3 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.10 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105 (ห้องทางด้านทิศใต้)



รูปที่ 4.10 แสดงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105 (ห้องทางด้านทิศใต้) พบว่าผนังที่มีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดหรือมีความเย็นมากที่สุดคือผนังด้านทิศเหนือ ผนังที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกน้อยที่สุดคือผนังด้านทิศใต้

รูปที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้)

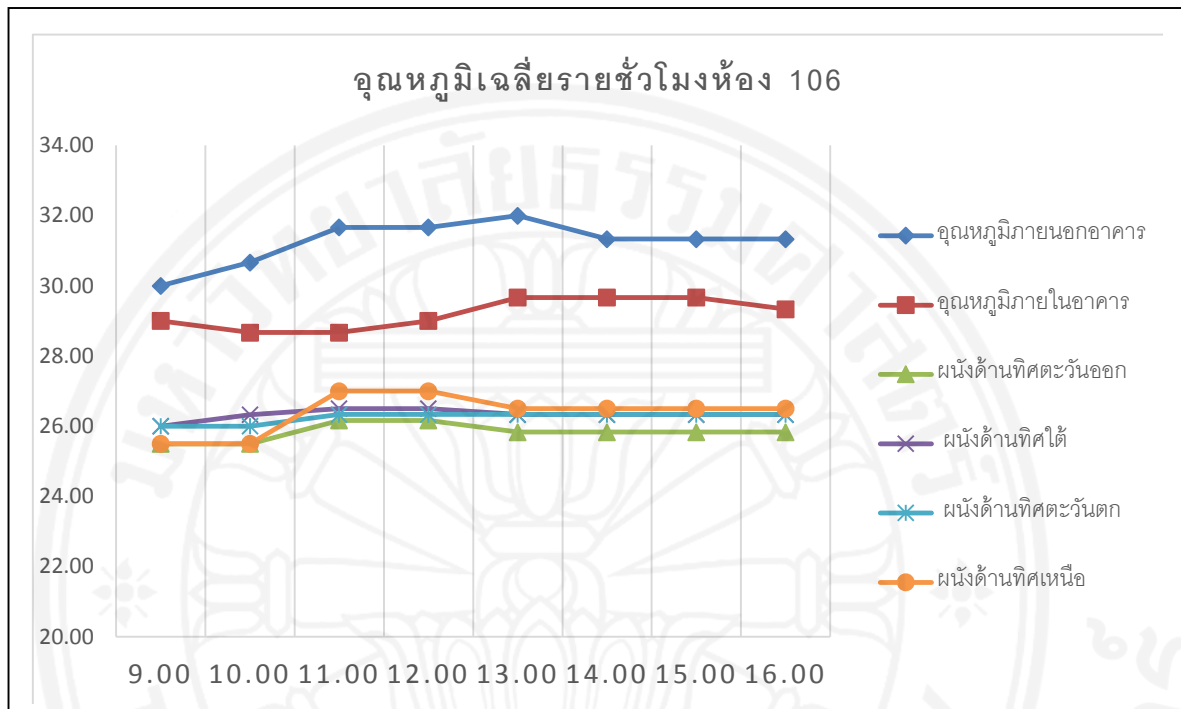


รูปที่ 4.11 แสดงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105 และ ห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้) พบว่าผนังที่ด้านทิศตะวันตกมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดหรือมีความเย็นมากที่สุด ผนังที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกน้อยที่สุดคือผนังด้านทิศใต้ซึ่งเป็นด้านที่โดนแสงแดดมากกว่าด้านอื่น

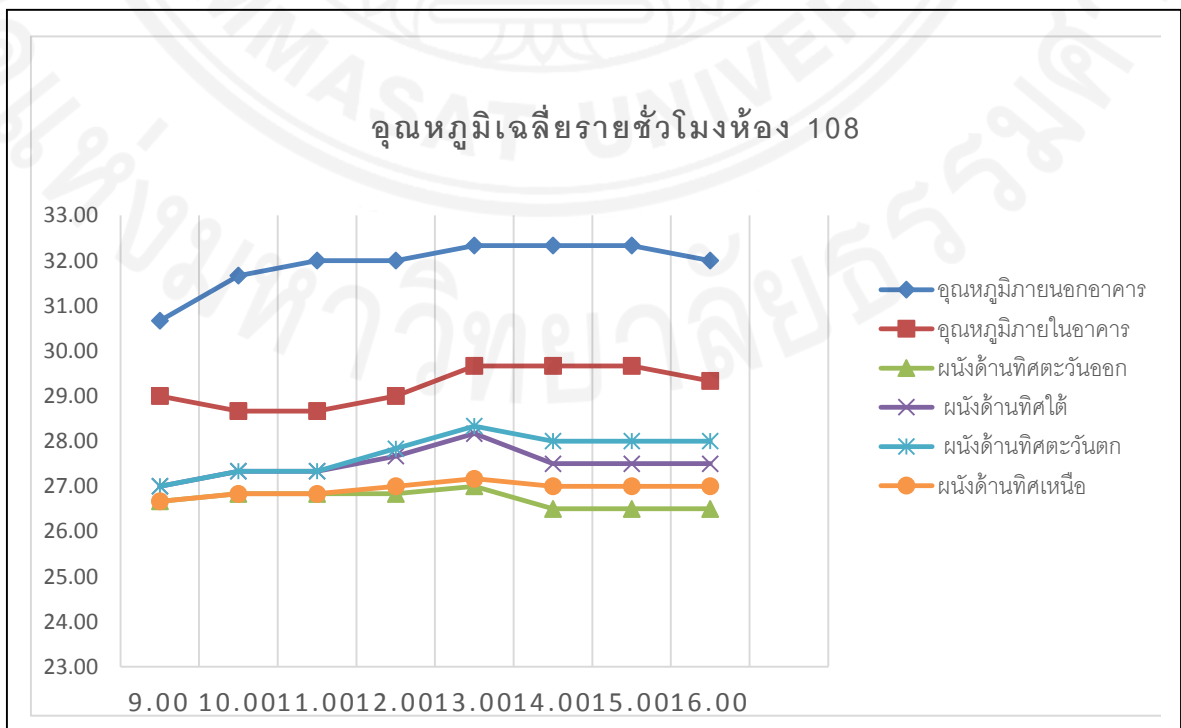
## 2) อุณหภูมิของห้องเรียนทางด้านทิศเหนือ

ห้องเรียนที่มีผนังรับแดดทางทิศเหนือได้แก่ห้อง 106 และห้อง 108 โดยห้อง 106 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 26.04 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 5.63 องศาเซลเซียส ในขณะที่ห้อง 108 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 27.22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกมีค่าเท่ากับ 31.91 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 4.7 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 106 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)



รูปที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงห้อง 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)

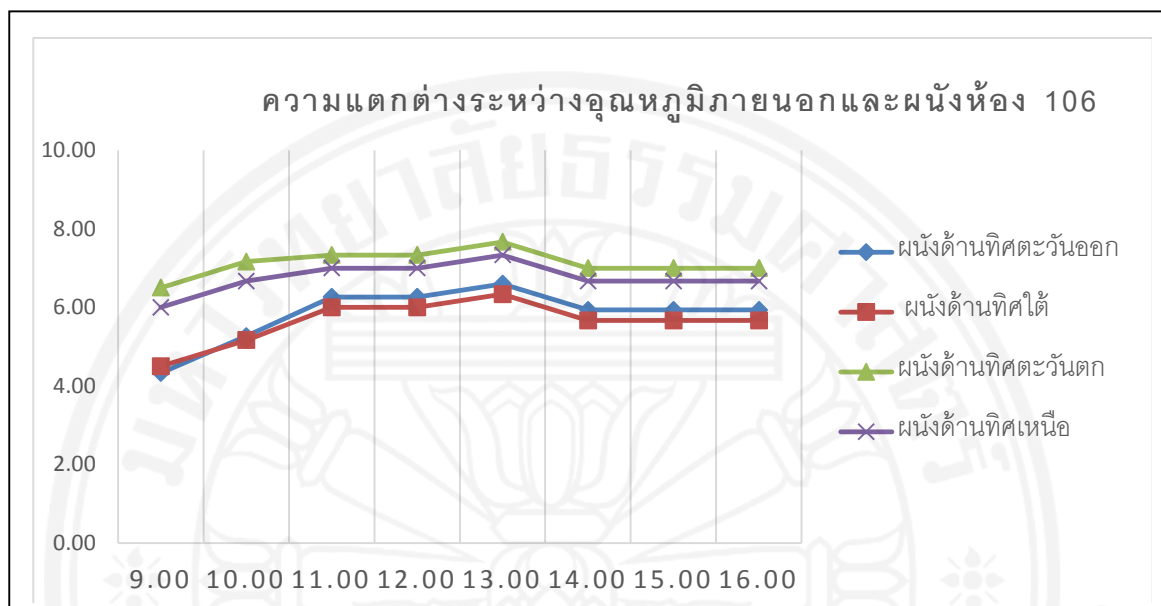


การเก็บข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 106 พบว่า ผนังด้านทิศเหนือจะมี  
 แนวนอนอุณหภูมิในช่วงเช้าสูงกว่าผนังด้านอื่น ๆ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 27.0 องศาเซลเซียส สูง  
 กว่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ 2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของผนังทุกด้านมีแนวนอนสูงขึ้น  
 เล็กน้อยช่วง 11.00-12.00 น. และพบว่าผนังห้องเรียนด้านที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือผนังทางด้านทิศ  
 ตะวันออก โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 25.50 องศาเซลเซียสและสูงสุดที่ 26.17 องศาเซลเซียสในช่วงเช้า  
 และลดต่ำลงเล็กน้อยหลังจาก 12.00 น. ดังแสดงในรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 108 จะเห็นได้ว่าผนังด้านทิศ  
 ตะวันตกได้มีแนวนอนอุณหภูมิสูงกว่าผนังด้านอื่น ๆ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 28.33 องศาเซลเซียส  
 สูงกว่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งไว้ 25 องศาเซลเซียส 3.33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผนังทุก  
 ด้านมีแนวนอนสูงขึ้นระหว่างเวลา 12.00 -13.00 น. และมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ไปตลอดช่วงบ่าย  
 ในขณะที่ผนังที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือผนังทางด้านทิศตะวันออก โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 27.0 องศา  
 เซลเซียสในช่วงเช้าและมีแนวนอนลดลงในช่วงบ่าย อุณหภูมิต่ำสุดเป็น 26.5 องศาเซลเซียส

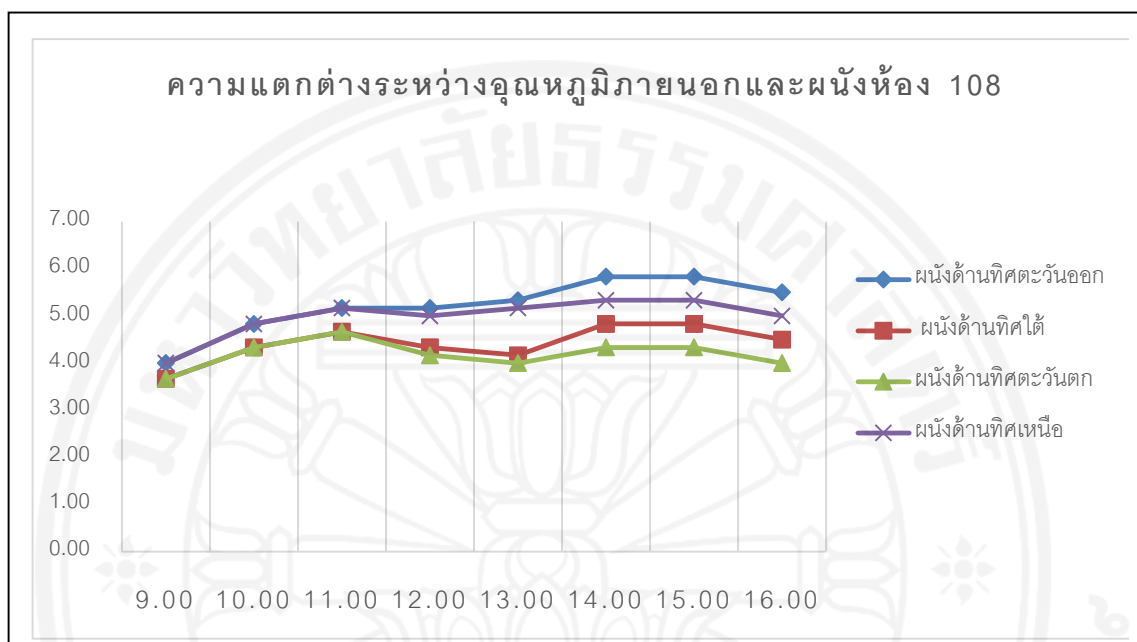
ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิ  
 ภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 106 และ 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ) โดยพบว่าผนังด้าน  
 ทิศตะวันตกของห้อง 106 มีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดหรือเป็นผนังด้านที่มี  
 ความเย็นมากที่สุดผนังที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกน้อยที่สุดหรือมีอุณหภูมิ  
 ผนังใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกอาคารมากที่สุดคือผนังด้านทิศใต้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน  
 และภายนอกอาคารอยู่ที่ 4-7 องศาเซลเซียสดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ย  
รายชั่วโมง ห้อง 106



ในขณะที่การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง 108 พบว่าผนังด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกจะมีแนวโน้มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารมากกว่าทิศตะวันตกและทิศใต้ โดยพบว่าในช่วงบ่ายระหว่างเวลา 14.00-16.00 น. จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมากที่สุด โดยผนังด้านทิศตะวันออกมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกสูงสุดถึง 5.83 องศาเซลเซียสในเวลา 14.00 -15.00 น. ในขณะที่ผนังด้านทิศตะวันตกที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกในช่วงเวลาดังกล่าวเพียง 4.33 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)



#### 4.2.1.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเรียนที่มีทิศทางการวางตัว

ต่างกัน

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิในห้องต่าง ๆ ที่มีทิศทางการวางตัวที่ต่างกันเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในห้องเรียนโดยมีสมมุติฐานว่าอุณหภูมิในห้องเรียนที่เปิดเครื่องปรับอากาศมีความสัมพันธ์กับทิศทางการวางตัวของห้องและสภาพแวดล้อม โดยมีผลการศึกษที่สำคัญดังนี้

##### 1) การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิผนังในแต่ละห้อง

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณผนังแต่ละด้านของห้อง 105 ห้อง 106 ห้อง 107 และห้อง 108 แสดงในตารางที่ 4.1 – 4.8

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 105 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผนังด้านทิศตะวันออก	25.39	0.207
ผนังด้านทิศใต้	26.27	0.442
ผนังด้านทิศตะวันตก	25.67	0.408
ผนังด้านทิศเหนือ	24.79	0.414
$p$ -value	0.000**	

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 105 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test

	ผนังทางทิศ ตะวันออก	ผนังทางทิศใต้	ผนังทางทิศ ตะวันตก	ผนังทางทิศ เหนือ
ผนังด้านทิศตะวันออก	0.000			
ผนังด้านทิศใต้	0.875*	0.000		
ผนังด้านทิศตะวันตก	0.271*	0.604*	0.000	
ผนังด้านทิศเหนือ	0.604*	1.479*	0.875*	0.000

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้ a Sidakt-test



จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 105 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังทั้ง 4 ด้านมีอุณหภูมิภายในที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ )

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 105 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในห้อง 105 นั้นผนังด้านทิศใต้ขึ้นก่อนให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงที่สุดและสูงกว่าผนังห้องที่เหลือทั้ง 3 ด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังทิศตะวันตกนั้นก่อนให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงรองลงมาและสูงกว่าผนังด้านตะวันออกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าผนังทิศตะวันออกนั้นก่อนให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงกว่าผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 107 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผนังด้านทิศตะวันออก	26.00	0.007
ผนังด้านทิศใต้	25.62	0.221
ผนังด้านทิศตะวันตก	24.13	1.105
ผนังด้านทิศเหนือ	24.50	0.885
$p$ -value	0.000**	

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 107 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test

	ผนังทางทิศ ตะวันออก	ผนังทางทิศใต้	ผนังทางทิศ ตะวันตก	ผนังทางทิศเหนือ
ผนังด้านทิศตะวันออก	0.000			
ผนังด้านทิศใต้	0.375	0.000		
ผนังด้านทิศตะวันตก	1.875*	1.500*	0.000	
ผนังด้านทิศเหนือ	1.500*	1.125*	0.375*	.000

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 107 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังทั้ง 4 ด้านมีอุณหภูมิภายในที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ )

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 107 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในห้อง 107 นั้นผนังด้านทิศตะวันออกนั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงที่สุดและสูงกว่าผนังด้านทิศตะวันตกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังด้านทิศใต้นั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงรองลงมาและสูงกว่าผนังด้านตะวันตกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าผนังด้านทิศเหนือนั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงกว่าผนังด้านทิศตะวันตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 106 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผนังด้านทิศตะวันออก	25.83	0.637
ผนังด้านทิศใต้	26.27	0.442
ผนังด้านทิศตะวันตก	26.25	0.442
ผนังด้านทิศเหนือ	25.79	0.529
$p$ -value	0.001**	

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 106 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังทั้ง 4 ด้านมีอุณหภูมิภายในที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ )

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 106 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test

ความซับซ้อนของวิว	ผนังทางทิศ ตะวันออก	ผนังทางทิศใต้	ผนังทางทิศ ตะวันตก	ผนังทางทิศเหนือ
ผนังด้านทิศตะวันออก	0.000			
ผนังด้านทิศใต้	0.437*	0.000		
ผนังด้านทิศตะวันตก	0.416*	0.020	0.000	
ผนังด้านทิศเหนือ	0.042	0.479*	0.458*	0.000

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 106 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในห้อง 106 นั้นผนังด้านทิศใต้นั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงที่สุดและสูงกว่าผนังด้านทิศตะวันออกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังด้านทิศตะวันตกนั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงรองลงมาและสูงกว่าผนังด้านตะวันออกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 108 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผนังด้านทิศตะวันออก	26.70	0.440
ผนังด้านทิศใต้	27.50	0.625
ผนังด้านทิศตะวันตก	27.72	0.820
ผนังด้านทิศเหนือ	26.93	0.449
$p$ -value	0.000**	

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 108 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test

	ผนังทางทิศ ตะวันออก	ผนังทางทิศใต้	ผนังทางทิศ ตะวันตก	ผนังทางทิศเหนือ
ผนังด้านทิศตะวันออก	0.000			
ผนังด้านทิศใต้	0.792*	0.000		
ผนังด้านทิศตะวันตก	1.020*	0.229	0.000	
ผนังด้านทิศเหนือ	0.229	0.562*	0.791*	0.000

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

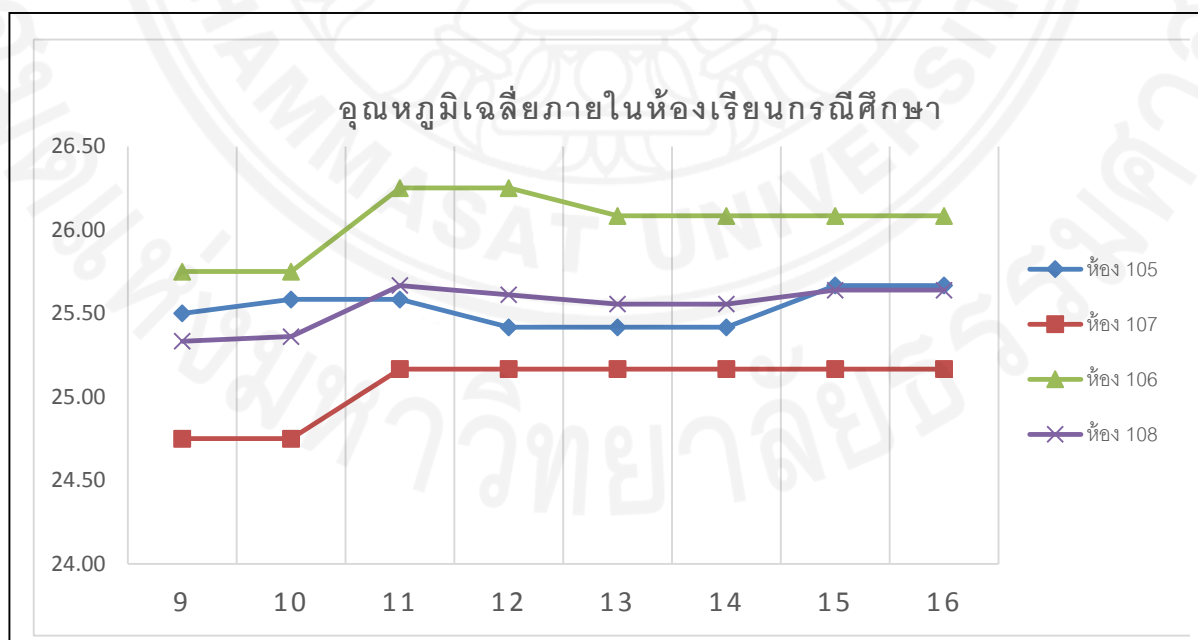
จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากผนัง 4 ด้านของห้อง 108 และค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผนังทั้ง 4 ด้านมีอุณหภูมิภายในที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ )

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้อง 108 โดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidak-test ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในห้อง 108 นั้นผนังด้านทิศตะวันตกนั้นก่อให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงที่สุดและสูงกว่าผนังด้านทิศตะวันออกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ผลการศึกษา ยังชี้ให้เห็นว่าผนังด้านทิศใต้ทำให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงรองลงมาและสูงกว่าผนังด้านตะวันออกและผนังด้านทิศเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

## 2) การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเรียน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องเรียนระหว่างห้อง 105 ห้อง 106 ห้อง 107 และห้อง 108 แสดงในรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.16 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของห้องเรียน 4 ห้อง



จากรูป 4.16 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเรียนที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ทั้ง 4 ห้องมีความแตกต่างกัน โดยห้องเรียนที่ทางตัวในทางทิศเหนือคือห้อง 106 และห้อง 108 มีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าห้องทางด้านทิศใต้ (ห้อง 105 และ 107) การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของอุณหภูมิในห้องต่างแสดงในตารางที่ 4.9-4.10

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากห้อง 4 ห้องและค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ห้อง 105	25.53	0.237
ห้อง 107	25.06	0.553
ห้อง 106	26.04	0.529
ห้อง 108	27.21	0.517
$p$ -value	0.000**	

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ One-way repeated measures ANOVA

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากห้อง 4 ห้องโดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test

	ห้อง 105	ห้อง 107	ห้อง 106	ห้อง 108
ห้อง 105	0.000			
ห้อง 107	0.468*	0.000		
ห้อง 106	0.510*	0.979*	0.000	
ห้อง 108	1.687*	2.156*	1.177*	0.000

\*\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้ a Sidakt-test

จากตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิภายในจากห้อง 4 ห้องและค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value) ที่ได้จาก ANOVA ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าห้องทั้ง 4 ห้องมีอุณหภูมิภายในที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ( $p < 0.01$ )

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากห้อง 4 ห้องโดยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ a Sidakt-test ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าห้อง 108 นั้นมีอุณหภูมิภายในสูงที่สุดและสูงกว่าห้องที่เหลือทั้ง 3 ห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าห้อง 106 นั้นมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าห้อง 107 และห้อง 105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าห้อง 105 นั้นมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าห้อง 107 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ( $p < 0.05$ )



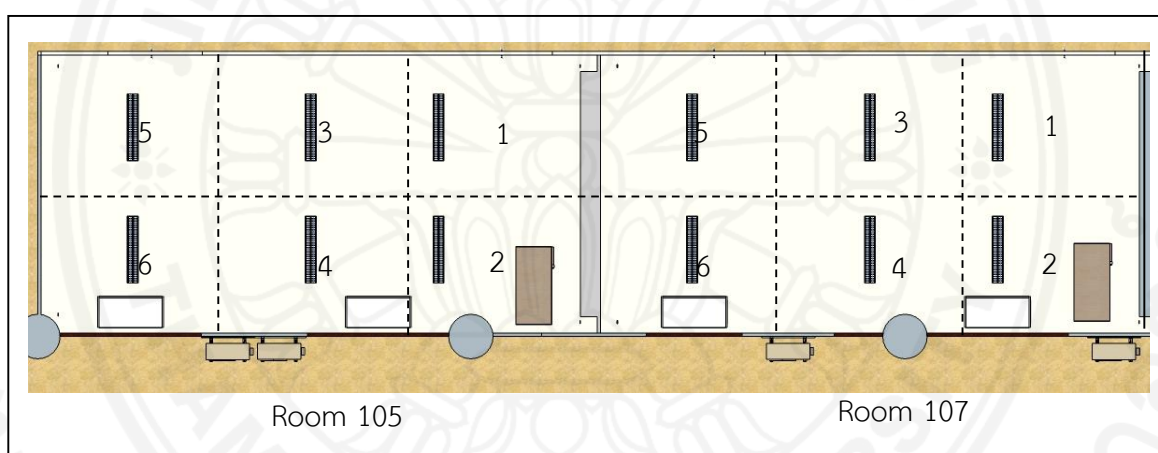
## 4.2.2 ความสว่างในห้องเรียน

การวัดความสว่างภายในห้องเรียนเป็นการวัดความสว่างเมื่อในช่วงเวลากลางวัน ระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. โดยเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### 4.2.2.1 แสงสว่างในห้องเรียนด้านทิศใต้

การเก็บข้อมูลแสงสว่างในห้องเรียนทางด้านทิศใต้ประกอบด้วยห้อง 105 และห้อง 107 แสดงในรูปที่ 4.17

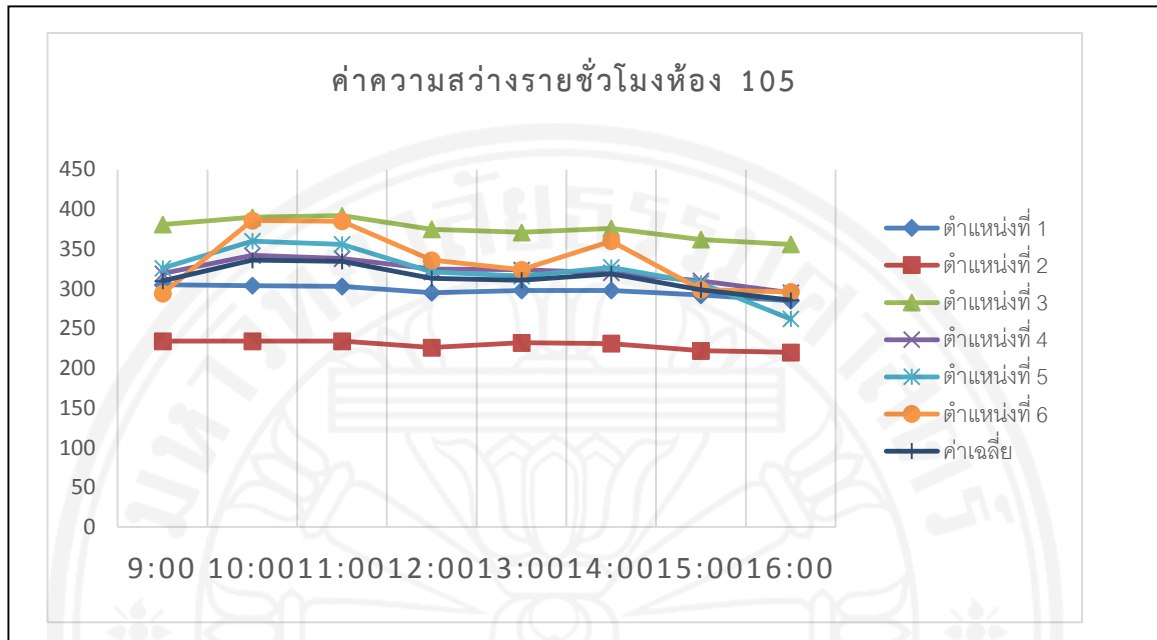
รูปที่ 4.17 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลความสว่างภายในห้องเรียน 105 และห้อง 107



ผลการศึกษาพบว่า ค่าความสว่างในห้องเรียนทางด้านทิศใต้คือห้อง 105 และห้อง 107 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวันไม่แตกต่างกันมากนักโดยห้อง 105 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวัน 313 lux ในขณะที่ห้อง 107 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวัน 316 lux

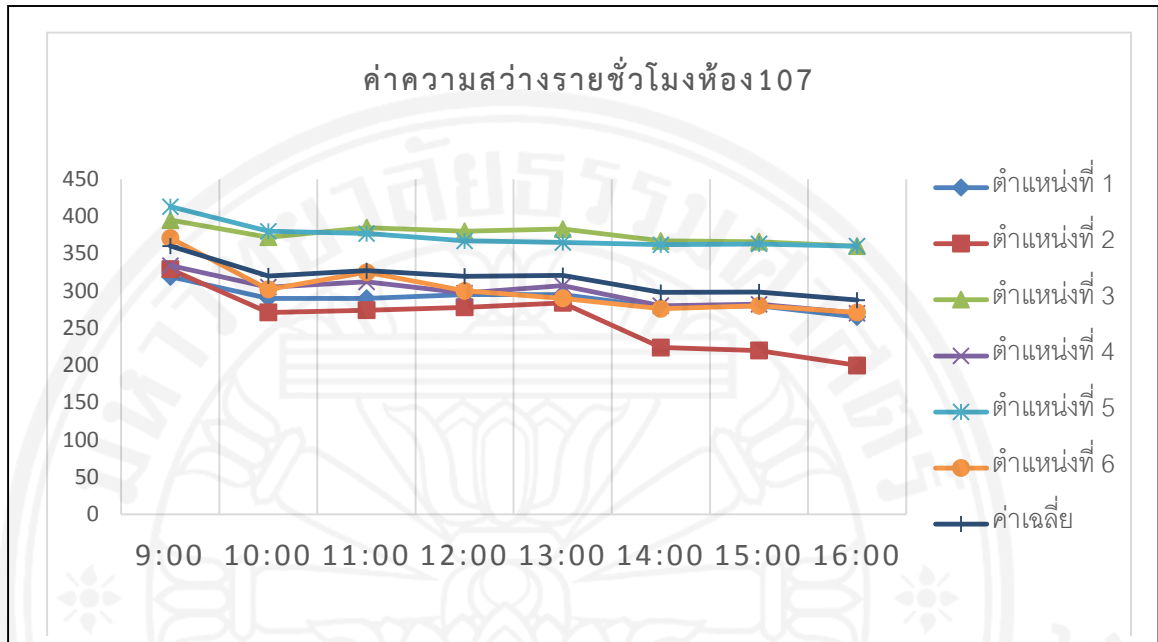
รูปที่ 4.18 แสดงค่าความสว่างภายในห้อง 105 ระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. โดยห้อง 105 มีค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด 336 lux ในช่วงเวลา 10.00 น. ช่วงเวลาที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 16.00 น. มีค่าความสว่างเฉลี่ย 286 lux และเมื่อพิจารณาความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้อง จะพบว่าค่าความสว่างภายในห้องเรียนจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยตำแหน่งที่อยู่บริเวณใกล้ช่องเปิดด้านนอกอาคาร (หน้าต่าง) จะมีแนวโน้มความสว่างน้อยกว่าด้านที่มีช่องเปิดด้านในอาคาร (ประตู) เนื่องจากบริเวณที่ใกล้กับผนังด้านที่มีช่องเปิดได้รับร่มเงาจากต้นไม้ภายนอกอาคารทำให้มีค่าความสว่างต่ำกว่าด้านที่ไม่ได้รับร่มเงา นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความสว่างได้รับผลกระทบจากตำแหน่งที่มีการติดตั้งโคมไฟ

รูปที่ 4.18 ความสว่างภายในห้อง 105 (ห้องทางด้านทิศใต้)



รูปที่ 4.19 แสดงค่าความสว่างภายในห้อง 107 ระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. โดยห้อง 107 มีค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด 360 lux ในช่วงเวลา 9.00 น. ช่วงเวลาที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 16.00 น. มีค่าความสว่างเฉลี่ย 288 lux บริเวณที่มีค่าความสว่างตลอดวันสูงเช่นเดียวกับห้อง 105 เมื่อพิจารณาความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องจะพบว่าค่าความสว่างภายในห้องเรียนจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยตำแหน่งที่ค่าเฉลี่ยความสว่างต่ำสุดคือบริเวณตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวัน 260 lux ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างระหว่างตำแหน่งที่อยู่ใกล้ด้านที่ผนังมีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคาร (หน้าต่าง) และด้านที่ผนังที่มีช่องเปิดด้านในอาคาร (ประตู) พบว่า ค่าความสว่างของผนังด้านที่มีช่องเปิดต่ำกว่าด้านที่ไม่มีช่องเปิด เนื่องจากได้รับผลกระทบจากร่มเงาของต้นไม้ภายนอกอาคาร และค่าความสว่างบริเวณที่อยู่ใกล้ตำแหน่งโคมไฟจะสูงกว่าตำแหน่งที่อยู่ไกลจากโคมไฟ

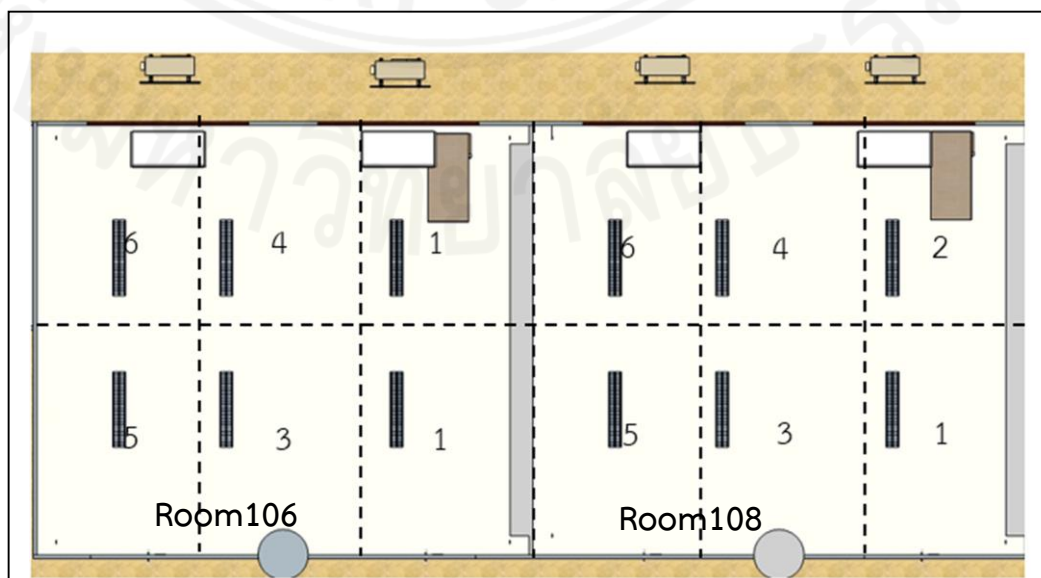
รูปที่ 4.19 ความสว่างภายในห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้)



#### 4.2.2.2 แสงสว่างในห้องเรียนด้านทิศเหนือ

การเก็บข้อมูลแสงสว่างในห้องเรียนทางด้านทิศเหนือประกอบด้วยห้อง 106 และ ห้อง 108 แสดงในรูปที่ 4.20

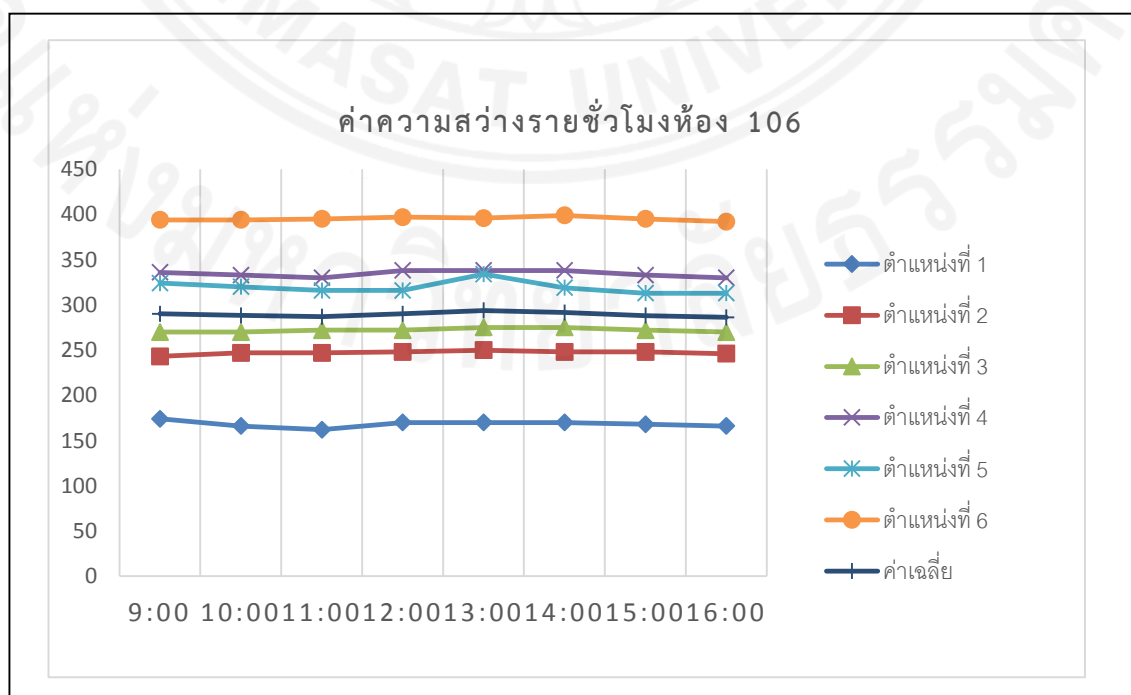
รูปที่ 4.20 ตำแหน่งการวัดค่าความสว่างภายในห้อง 106 และ 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)



ผลการศึกษาพบว่า ค่าความสว่างในห้องเรียนทางด้านทิศเหนือห้อง 106 และห้อง 108 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างต่างกันโดยห้อง 106 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวัน 289 lux ต่ำกว่าห้อง 108 ที่มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวัน 316 lux

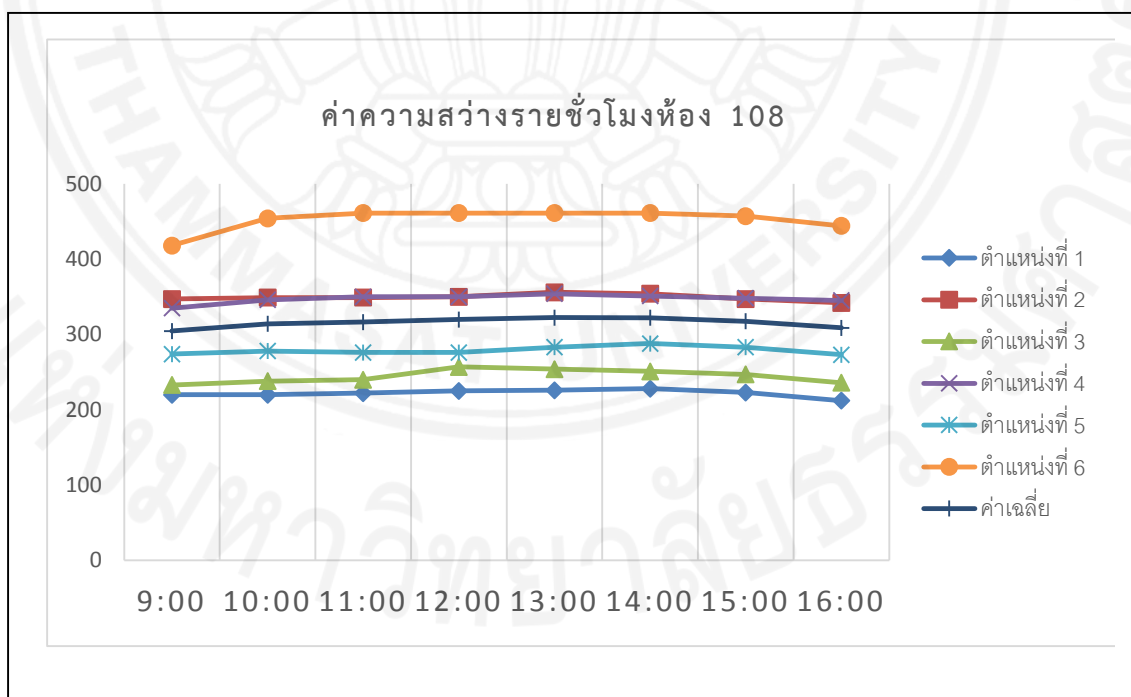
รูปที่ 4.21 แสดงค่าความสว่างภายในห้อง 106 ระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. ห้อง 106 เป็นห้องที่มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวันต่ำสุดเมื่อเทียบกับห้องอื่น ๆ ค่าความสว่างเฉลี่ยในช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่า มีค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด 294 lux ในช่วงเวลา 13.00 น. ช่วงเวลาที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 16.00 น. มีค่าความสว่างเฉลี่ย 286 lux ค่าความสว่างจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. และเมื่อพิจารณาความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องจะพบว่า ค่าความสว่างภายในห้องเรียนจะได้รับผลกระทบทั้งจากสภาพแวดล้อมภายนอกและความสว่างจากแสงประดิษฐ์ โดยตำแหน่งที่อยู่บริเวณใกล้ช่องเปิดด้านนอกอาคาร (หน้าต่าง) จะมีแนวโน้มความสว่างน้อยกว่าด้านที่มีช่องเปิดด้านในอาคาร (ประตู) เนื่องจากบริเวณที่ใกล้กับผนังด้านที่มีช่องเปิดได้รับรังสีจากต้นไม้ภายนอกอาคารทำให้มีค่าความสว่างต่ำกว่าด้านที่ไม่ได้รับรังสี นอกจากนี้ยังเป็นห้องที่อยู่ทางทิศเหนือทำให้ได้รับแสงแดดต่ำตลอดทั้งวันจึงมีค่าความสว่างต่ำกว่าห้องทางด้านทิศใต้ ในส่วนของแสงประดิษฐ์จะพบว่า มีจำนวนโคมไฟให้แสงสว่างไม่เพียงพอ ซึ่งนอกจากจะมีผลกระทบทำให้ค่าความสว่างในบางบริเวณน้อยเกินไปแล้วยังทำให้มีค่าความไม่สม่ำเสมอของแสงสูงเนื่องจากมีความแตกต่างของค่าความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มาก

รูปที่ 4.21 ความสว่างภายในห้อง 106 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)



รูปที่ 4.22 แสดงค่าความสว่างภายในห้อง 108 ระหว่างเวลา 09.00-16.00 น. พบว่าห้อง 108 มีค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดวันเฉลี่ยสูงสุด 322 lux ในช่วงเวลา 13.00 น. ช่วงเวลาที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 9.00 น. มีค่าความสว่างเฉลี่ย 305 lux ค่าความสว่างภายในห้องจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งวันจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. เช่นเดียวกับห้อง 106 ค่าความสว่าง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้อง 108 จะได้รับผลกระทบทั้งจากสภาพแวดล้อมภายนอกและความสว่างจากแสงประดิษฐ์ โดยตำแหน่งที่อยู่บริเวณใกล้ช่องเปิดด้านนอกอาคาร (หน้าต่าง) จะมีแนวโน้มความสว่างน้อยกว่าด้านที่มีช่องเปิดด้านในอาคาร (ประตู) เนื่องจากบริเวณที่ใกล้กับผนังด้านที่มีช่องเปิดได้รับรังสีจากต้นไม้ภายนอกอาคารทำให้มีค่าความสว่างต่ำกว่าด้านที่ไม่ได้รับรังสี ในส่วนของแสงประดิษฐ์จะพบว่า มีความไม่สม่ำเสมอของแสงมากเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นผลกระทบจากลักษณะของแปลนห้องเช่นเดียวกับห้อง 106 ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความกว้างของห้องมากกว่าห้องทางด้านทิศใต้ (105 และ 107) ในขณะที่มีจำนวนโคมไฟทั้งหมด 6 โคมเท่ากัน

รูปที่ 4.22 ความสว่างภายในห้อง 108 (ห้องทางด้านทิศเหนือ)

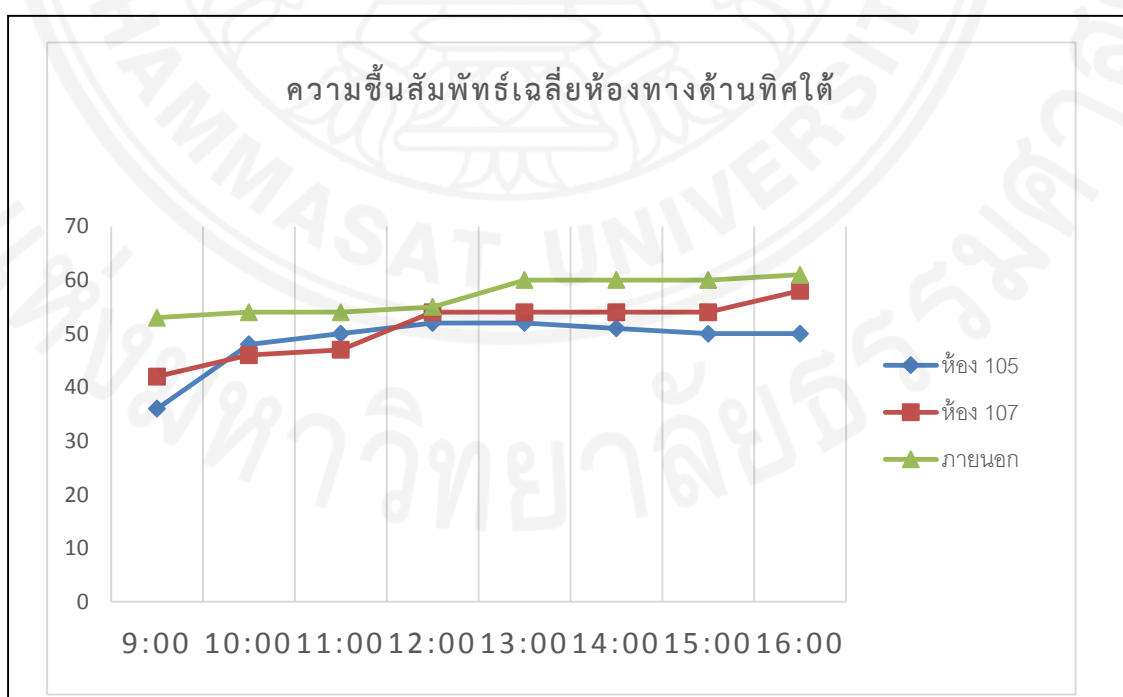


#### 4.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนกรณีศึกษา

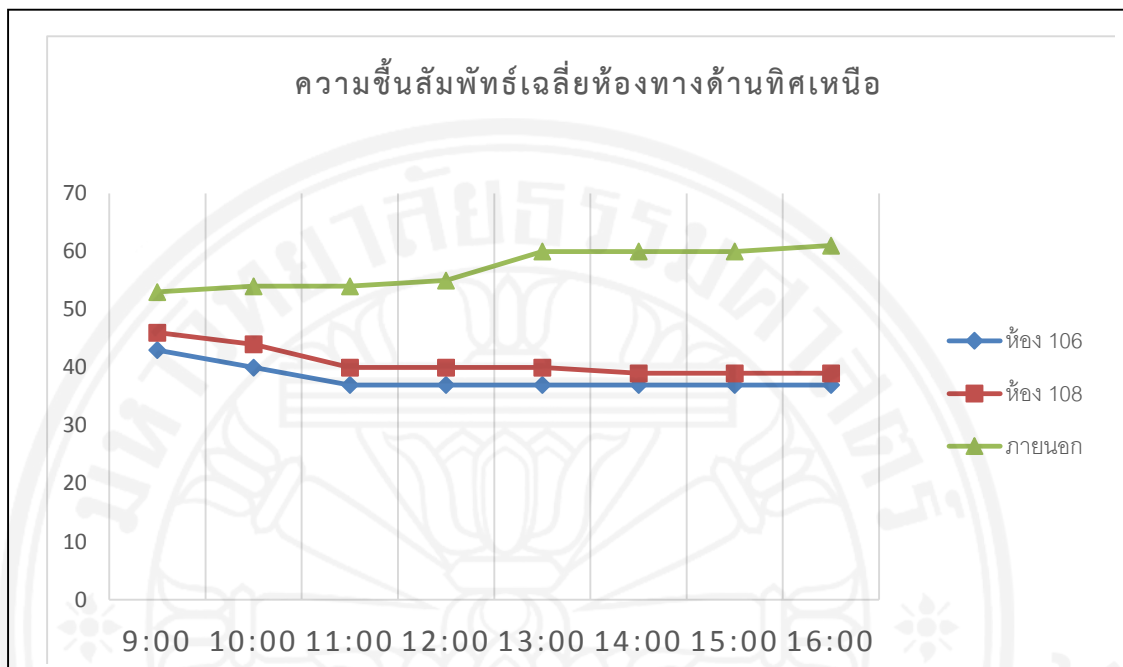
การเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง ได้แก่ห้อง 105 ห้อง106 ห้อง 107 และ ห้อง108 จากเวลา 9.00 ถึง 16.00 น. พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันภายในห้องมีค่าอยู่ในช่วงภาวะน่าสบายคือระหว่าง 30-70 เปอร์เซ็นต์ ห้องที่อยู่ทางทิศใต้มีแนวโน้มของความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าห้องที่ตั้งอยู่ทางด้านทิศเหนือ โดยห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดคือ ห้อง 107 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวัน 51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือห้อง 105 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวัน 49 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นภายในห้องเรียนเฉลี่ยสูงสุด 52 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ห้องที่ 106 และ 108 มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ 38 และ 41 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมงจะพบว่าห้อง 105 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด 52 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาเที่ยง และลดลงต่ำสุดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเช้า 9.00 น. ในขณะที่ห้อง 106 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด 43 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยลดลงเหลือ 37 เปอร์เซ็นต์และมีแนวโน้มคงที่ตลอดวัน รูปที่ 4.23 และ 4.24 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียน

รูปที่ 4.23 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทางด้านทิศใต้



รูปที่ 4.24 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทางด้านทิศเหนือ



#### 4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและไฟส่องสว่าง

การประเมินการใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียนในการศึกษานี้ประกอบด้วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟส่องสว่างโดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.3.1 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ในส่วนนี้เป็นการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนที่มีทิศทางการวางตัวต่างกันโดยการติดตั้งมิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า (Electrical Meter) เพื่อวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนโดยใช้ห้อง 107 เป็นตัวแทนของห้องที่อยู่ทางด้านทิศใต้ และห้อง 108 เป็นตัวแทนของห้องที่อยู่ทางด้านทิศเหนือ ห้องเรียนทั้ง 2 ห้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 18000 BTU จำนวน 2 เครื่อง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลา 09.00-16.00 น. วิธีการเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีแรกเป็นการวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่เปิดติดต่อกันโดยไม่หยุดพักเป็นเวลา 7 ชั่วโมง และกรณีที่ 2 เป็นการวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการปิดในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง โดยมีผลการศึกษาดังนี้

#### 4.3.1.1 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่เปิดติดต่อกันตั้งแต่เวลา 009.00-16.00 น.

การวัดการใช้ไฟฟ้าโดยใช้มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่เปิดติดต่อกันเป็นเวลา 7 ชั่วโมงต่อเนื่องของห้องเรียนในอาคารบรรยายรวม 3 จำนวน 2 ห้องคือ ห้อง 107 และ 108 แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 อุณหภูมิห้องและการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เปิดต่อเนื่อง

เวลา	ห้อง 107			ห้อง 108		
	อุณหภูมิห้อง	เครื่องปรับอากาศ 1 (kwh)	เครื่องปรับอากาศ 2 (kwh)	อุณหภูมิห้อง	เครื่องปรับอากาศ 1 (kwh)	เครื่องปรับอากาศ 2 (kwh)
9.00 น.	24.75	n/a	n/a	25.33	n/a	n/a
10.00 น.	24.75	2.4	2	25.36	2.4	2.4
11.00 น.	25.17	1.8	2.2	25.67	2.8	2.2
12.00 น.	25.17	2	2	25.61	2.4	2
13.00 น.	25.17	2	2.6	25.56	2.6	2
14.00 น.	25.17	2.4	2.8	25.56	2.8	2.2
15.00 น.	25.17	2.8	2.8	25.64	2.8	2.2
16.00 น.	25.17	2.4	2.4	25.64	3	2.2
เฉลี่ย	25.07	2.26	2.40	25.55	2.68	2.17
รวม	-	15.8kw	16.8kw	-	18.8kw	15.2kw
อัตราการ ใช้ไฟฟ้า รวม	= 15.8+16.8= 32.6kw/ 1day (7 hrs) = 4.66 kwh			=18.8+ 15.2 = 34.0kw/ 1day (7 hrs) 4.86kwh		



ตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าห้องที่วางตัวในทิศทางที่แตกต่างกันมีการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ต่างกัน โดยห้อง 107 มีการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1 15.8 kwh เครื่องที่ 2 16.8 kwh และมีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งห้อง 32.6 kwh มีค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของห้อง 4.66 kwh มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยตลอดวัน 25.07 องศาเซลเซียส

จากผลการศึกษา ห้อง 108 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศสูงกว่าห้อง 107 โดยเครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1 มีการใช้ไฟฟ้า 18.8 kwh เครื่องที่ 2 15.2kwh และมีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งห้อง 34.0 kwh เฉลี่ย 4.86 kwh นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยตลอดวันสูงกว่าห้อง 107 เล็กน้อยคือ 25.55 องศาเซลเซียส

#### 4.3.1.2 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการปิดการใช้งานในช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง

การวัดการใช้ไฟฟ้าโดยใช้มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนที่มีการปิดการใช้งานในช่วงพักเที่ยง 1 ชั่วโมง โดยมีการใช้งานระหว่างเวลา 09.00-12.00 น. และช่วงเวลา 13.00-16.00 น. ห้องเรียนที่ทำการเก็บข้อมูลมีจำนวน 2 ห้องคือ ห้อง 107 และ 108 อาคารบรรยายรวม 3 แสดงในตารางที่ 4.12

จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าห้องที่วางตัวในทิศทางที่แตกต่างกัน มีการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ต่างกัน ในภาพรวมห้อง 107 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องและการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าห้อง 108 โดยมีการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่วัดได้จากมิเตอร์วัดค่าไฟฟ้าของเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 มีค่า 14.0 kwh และ 14.2 kwh ตามลำดับ มีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งห้อง 28.2 kwh เฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าทั้งห้อง 4.02 kwh มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยตลอดวัน 25.53 องศาเซลเซียส

จากผลการศึกษาพบว่าห้อง 108 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1 18.8 kwh เครื่องที่ 2 14.0 kwh และมีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งห้อง 30.4 kwh เฉลี่ย 4.34 kwh นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยต่ำกว่าห้อง 107 เป็น 26.10 องศาเซลเซียส

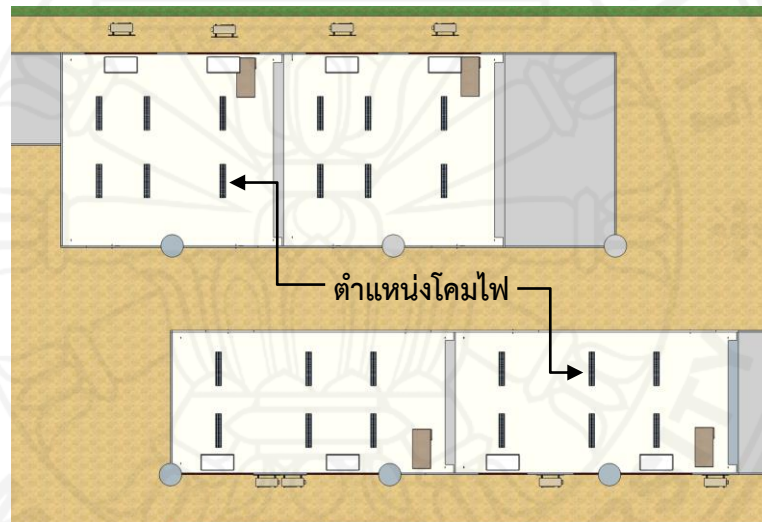
ตารางที่ 4.12 อุณหภูมิห้องและการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ปิดการใช้งาน  
ในช่วงพักเที่ยง

เวลา	ห้อง 107			ห้อง 108		
	อุณหภูมิห้อง	เครื่องปรับอากาศ 1 (kwh)	เครื่องปรับอากาศ 2 (kwh)	อุณหภูมิห้อง	เครื่องปรับอากาศ 1 (kwh)	เครื่องปรับอากาศ 2 (kwh)
9.00 น.	25.25	n/a	n/a	25.75	n/a	n/a
10.00 น.	25.25	2.4	2.6	25.75	2.4	2.4
11.00 น.	25.25	2	2.8	25.25	2.4	1.8
12.00 น.	25	1.8	1.4	25.25	2.2	2
13.00 น.	29	0	0	29	0	0
14.00 น.	25	3.2	2.6	26.25	3.4	3.2
15.00 น.	25	2.2	2.4	25.75	3.2	2.4
16.00 น.	24.5	2.4	2.2	25.75	2.8	2.2
เฉลี่ย	25.53	2.0	2.03	26.10	2.34	2
รวม	-	14.0 kwh	14.2kw	-	16.4kwh	14.0kw
อัตราการ ใช้ไฟฟ้า รวม	=14.0+14.2=28.2kw/วัน = 4.02kwh			= 16.4+14.0=30.4 kw/วัน = 4.34 kwh		

#### 4.3.2 การใช้ไฟฟ้าของไฟส่องสว่างภายในห้องเรียน

การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟส่องสว่างในห้องเรียนที่มีทิศทางการวางตัวต่างกันได้แก่ห้อง 107 เป็นตัวแทนของห้องที่อยู่ทางด้านทิศใต้ และห้อง 108 เป็นตัวแทนของห้องที่อยู่ทางด้านทิศเหนือ ห้องเรียนทั้ง 2 ห้อง มีการติดตั้งโคมไฟส่องสว่างแบบฝังฝ้าจำนวน 6 โคมใช้หลอดไฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน T8 ขนาด 36 watt จำนวน 2 หลอดต่อ 1 โคม ดังแสดงในรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 แสดงตำแหน่งโคมไฟในห้องเรียนกรณีศึกษา



ห้อง 106 และ 108



ห้อง 105 และ 107

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟจะคิดจากสมการ

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} = \frac{[\text{ขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (watt)} \times \text{จำนวนหลอดไฟ}] \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1,000}$$

การประเมินการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟให้แสงสว่างในห้องเรียนโดยพบว่าการใช้ไฟฟ้าเพื่อระบบแสงสว่างในห้องเรียนมีค่าเท่ากับ 0.432 kwh โดยจะมีค่าเท่ากันทุกห้องเนื่องจากทุกห้องมีจำนวนโคมไฟและหลอดไฟฟ้าที่มีขนาดเท่ากัน

#### 4.4 การคาดประมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟส่องสว่างของห้องเรียนในอาคาร บรรยายรวม 3

##### 4.4.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ผลการศึกษาการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนแสดงให้เห็นว่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานจริง มีความแตกต่างจากการคาดประมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามทฤษฎีเนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ผลที่ได้จากการวัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศจริงจึงสามารถนำมาคาดประมาณการใช้ไฟฟ้าของห้องเรียนได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น การคำนวณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.4.1.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = \text{ขนาดเครื่องปรับอากาศ (Kw)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน} / 1,000 \text{ หน่วย}$$

ดังนั้นสามารถคำนวณการใช้ไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 Btu ตามขนาดที่ติดตั้งในห้อง 107 และ 108 ตามประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดให้มีการใช้งานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวันได้ดังนี้

**กรณีที่ 1** เปิดเครื่องปรับอากาศต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (1,875 \times 8) / 1,000 = 16 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 16 \times 3.98^{**} = 59.7 \text{ บาท/เครื่อง/วัน}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้ารวม 2 เครื่อง} = 119.4$$

### กรณีที่ 2 ปิดเครื่องปรับอากาศระหว่างพักเที่ยง

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (1,875 * 7) / 1,000 = 13.13 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 13.13 \times 3.98^{**} = 52.23 \text{ บาทต่อวัน}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้ารวม 2 เครื่อง} = 104.46$$

หมายเหตุ:

\*คำนวณจากค่า EER = 9.6 เนื่องจากเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งในปี 2540

\*\* ค่าไฟถัวเฉลี่ยต่อหน่วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

#### 4.4.1.2 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามการใช้งานจริง

##### 1) การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศห้อง 107

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 Btu ตามขนาดที่ติดตั้งในห้อง 107 ตามประสิทธิภาพการใช้งาน โดยกำหนดให้มีการใช้งานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวันมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

##### กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง ห้อง 107

###### 1) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2260 * 8) / 1,000 = 18.08 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 18.08 \times 3.98^{**} = 71.96 \text{ บาทต่อวัน}$$

###### 2) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 2

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2400 * 8) / 1,000 = 19.2 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 19.2 \times 3.98^{**} = 76.42 \text{ บาทต่อวัน}$$

รวมการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศห้อง 107 จำนวน 2 เครื่อง = 37.28 หน่วย

คิดเป็นค่าไฟฟ้า 148.38 บาท/วัน

## กรณีที่ 2 ปิดเครื่องปรับอากาศระหว่างพักกลางวัน 1 ชั่วโมง

### 1) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2030^* \times 7)/1,000 = 14.21 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 14.21 \times 3.98^{**} = 56.55 \text{ บาทต่อวัน}$$

### 2) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 2

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2000^* \times 7)/1,000 = 14 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 14 \times 3.98^{**} = 55.72 \text{ บาทต่อวัน}$$

รวมการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศห้อง 107 จำนวน 2 เครื่อง = 28.21 หน่วย

คิดเป็นค่าไฟฟ้า 112.27บาท/วัน

หมายเหตุ:

\*คำนวณจากค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าที่วัดด้วยมิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า

\*\* ค่าไฟถัวเฉลี่ยต่อหน่วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## 2) การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศห้อง 108

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 Btu ตามขนาดที่ติดตั้งในห้อง 108 ตามประสิทธิภาพการใช้งาน โดยกำหนดให้มีการใช้งานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### กรณีที่ 1 เปิดเครื่องปรับอากาศต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง ห้อง 108

#### 1) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2680^* \times 8)/1,000 = 21.44 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 21.44 \times 3.98^{**} = 85.33 \text{ บาทต่อวัน}$$

#### 2) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 2

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2170^* \times 8)/1,000 = 17.36 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 19.2 \times 3.98^{**} = 69.09 \text{ บาทต่อวัน}$$

รวมการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศห้อง 108 จำนวน 2 เครื่อง = 38.8 หน่วย คิดเป็นค่าไฟฟ้า 154.42 บาท/วัน

**กรณีที่ 2** ปิดเครื่องปรับอากาศระหว่างพักกลางวันคิดเป็น 7 ชั่วโมงงานต่อวัน

1) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 1

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2340^* \times 7)/1,000 = 16.33 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 16.33 \times 3.98^{**} = 65.19 \text{ บาทต่อวัน}$$

2) เครื่องปรับอากาศเครื่องที่ 2

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = (2000^* \times 7)/1,000 = 14 \text{ หน่วย}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้ไฟฟ้า} = 14 \times 3.98^{**} = 55.72 \text{ บาทต่อวัน}$$

รวมการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศห้อง 108 จำนวน 2 เครื่อง = 30.0 หน่วย คิดเป็นค่าไฟฟ้า 120.9 บาท/วัน

หมายเหตุ:

\*คำนวณจากค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าที่วัดด้วยมิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า

\*\* ค่าไฟถัวเฉลี่ยต่อหน่วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตารางที่ 4.13 แสดงความแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่คำนวณตามทฤษฎี และผลที่ได้จากการวัดการไฟฟ้าจริง

การใช้ไฟฟ้า	เครื่องปรับอากาศขนาด 18000 Btu เปิดต่อเนื่อง 8 ชม.			เครื่องปรับอากาศขนาด 18000 Btu ปิดช่วงพักกลางวัน		
	เครื่องปรับอากาศ ปรับอากาศปกติ	เครื่องปรับอากาศ ห้อง 107	เครื่องปรับอากาศ ห้อง 108	เครื่องปรับอากาศ ปรับอากาศปกติ	เครื่องปรับอากาศ ห้อง 107	เครื่องปรับอากาศ ห้อง 108
ปริมาณไฟฟ้า (watt)	32,000	37,280	38,800	26,260	28,210	33,000
หน่วยไฟฟ้า (unit)	32.0	37.28	38.8	26.26	28.21	33.0
ค่าไฟฟ้า (บาท/วัน)	119.4	148.38	154.,	104.46	112.27	120.9
ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน*)	2626.8	3264.36	3397.24	2298.12	2469.94	2659.8
ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	31,521.6	39,172.32	40,766.88	27,577.44	29,639.28	31,917.6

หมายเหตุ: คิดเป็นวันที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศ 22 วันต่อเดือน

จากตารางที่ 4.13 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานจริงจะต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่อง โดยพบว่า เครื่องปรับอากาศที่ใช้งานจริงใช้ไฟฟ้ามากกว่า 18.88% ทำให้มีความแตกต่างของค่าไฟเฉลี่ย 1,408 บาท/ห้อง/เดือน

นอกจากนี้ ยังพบว่า การปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวันยังทำให้ค่าไฟฟาลดลงเฉลี่ยต่อห้อง 765.93 บาทต่อเดือน คิดเป็น 23.0%



จากการสำรวจพบว่าอาคารบรรยายรวม 3 มีห้องเรียนทั้งหมด 17 มีห้องเรียนที่ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 18000 btu จำนวน 26 เครื่อง (13 ห้อง) เมื่อนำมาคาดประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าพบว่าการปิดไฟช่วงพักเที่ยงเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ประมาณ 10,000 บาทต่อเดือนดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าไฟฟ้าที่ลดลง} &= \text{ค่าไฟฟ้าที่ลดลงต่อห้อง} \times \text{จำนวนห้องเรียน} \\ &= 765.93 \times 13 = 9,957.10 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพดี และมีการจัดการด้านพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้

#### 4.4.2 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของไฟให้แสงสว่าง

จากการประเมินการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟให้แสงสว่างในห้องเรียนข้างต้นพบว่า การใช้ไฟฟ้าเพื่อระบบแสงสว่างในห้องเรียนจะมีค่าเท่ากันทุกห้องเนื่องจากมีจำนวนโคมไฟและหลอดไฟฟ้าที่มีขนาดเท่ากัน โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้า 0.432 kwh สามารถนำมาประเมินการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างใน 2 กรณีได้ดังนี้

**กรณีที่ 1** เปิดไฟให้แสงสว่างต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = 0.432 \text{ kwh} \times 8 = 3.46$$

$$\text{คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อวัน} = 3.46 \times 3.98 = 13.75 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อเดือน} = 13.75 \times 22 = 302.61 \text{ บาท}$$

**กรณีที่ 2** ปิดไฟให้แสงสว่างระหว่างพักกลางวัน คิดเป็น 7 ชั่วโมงงานต่อวัน

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า} = 0.432 \text{ kwh} \times 7 = 3.02$$

$$\text{คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อวัน} = 3.02 \times 3.98^* = 12.04 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อเดือน} = 12.04 \times 22^{**} = 264.78 \text{ บาท}$$

**หมายเหตุ:**

\* ค่าไฟถัวเฉลี่ยต่อหน่วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

\*\* คิดเป็นวันที่ใช้ไฟให้แสงสว่าง 22 วันต่อเดือน

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าของระบบส่องสว่างในห้องเรียนพบว่าการปิดไฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมงในช่วงพักกลางวันทำให้ค่าไฟฟ้างลดลงเฉลี่ยต่อห้อง (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 12 หลอด) เป็นจำนวน 37.83 บาทต่อเดือนคิดเป็นร้อยละ 12.5

ตารางที่ 4.14 แสดงความแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของไฟส่องสว่างในห้องเรียนที่มีชั่วโมงการใช้งานแตกต่างกัน 1 ชั่วโมง

การใช้ไฟฟ้า	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จำนวน 12 หลอด เปิดต่อเนื่อง 8 ชม.	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จำนวน 12 หลอด เปิด 7 ชั่วโมง (ปิดช่วงพักกลางวัน)
ปริมาณไฟฟ้า (watt)	36	36
หน่วยไฟฟ้า (unit/วัน)	3.46	3.02
ค่าไฟฟ้า (บาท/วัน)	13.75	12.04
ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน*)	302.61	264.78
ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	3,631.32	3,177.36

หมายเหตุ: คิดเป็นวันที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศ 22 วันต่อเดือน

จากการสำรวจพบว่าอาคารบรรยายรวม 3 มีห้องเรียนทั้งหมด 17 ห้อง มีจำนวนโคมไฟทั้งหมด 110 โคม ใช้หลอดไฟในห้องเรียนทั้งหมดจำนวน 220 หลอดสามารถประเมินค่าไฟฟ้าที่ลดลงต่อปีได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าที่ลดลง} &= (\text{ค่าไฟฟ้าที่ลดลงต่อเดือน} \times \text{จำนวนหลอดไฟ}) \times 12 \\ &= (3.15 \times 220) \times 12 = 8322.6 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปิดไฟในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีการใช้งานห้องเรียนเพียงหนึ่งชั่วโมง สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างเฉลี่ยต่อห้องเรียนในอาคารบรรยายรวม 3 จำนวน 490 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 12.5 ของค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการให้แสงสว่าง

#### 4.5 แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารบรรยายรวม 3

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 90 เป็นการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็น ในขณะที่ร้อยละ 10 เป็นการใช้พลังงานเพื่อให้แสงสว่าง การศึกษาด้านสภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนชี้ให้เห็นว่าการใช้พลังงานเพื่อการสร้างสภาวะน่าสบายที่เป็นอยู่ในปัจจุบันสามารถสร้างสภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเรียนอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่ความเพียงพอของแสงสว่างอาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างเนื่องจากความสว่างของแสงในห้องเรียนยังไม่สม่ำเสมอในบางบริเวณมีความสว่างน้อยกว่า 300 lux ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องใช้สายตาในการอ่านและเขียน

ในการวางแผนจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ผู้วิจัยได้เลือกมาตรการการอนุรักษ์ที่สามารถดำเนินการได้และมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานโดยมีเป้าหมายของการประหยัดพลังงานเป็น 3 ช่วงเวลาเป็นแผนระยะสั้น แผนระยะกลาง และแผนระยะยาว โดยกำหนดเป้าหมายการประหยัดพลังงานของแผนต่าง ๆ ดังนี้

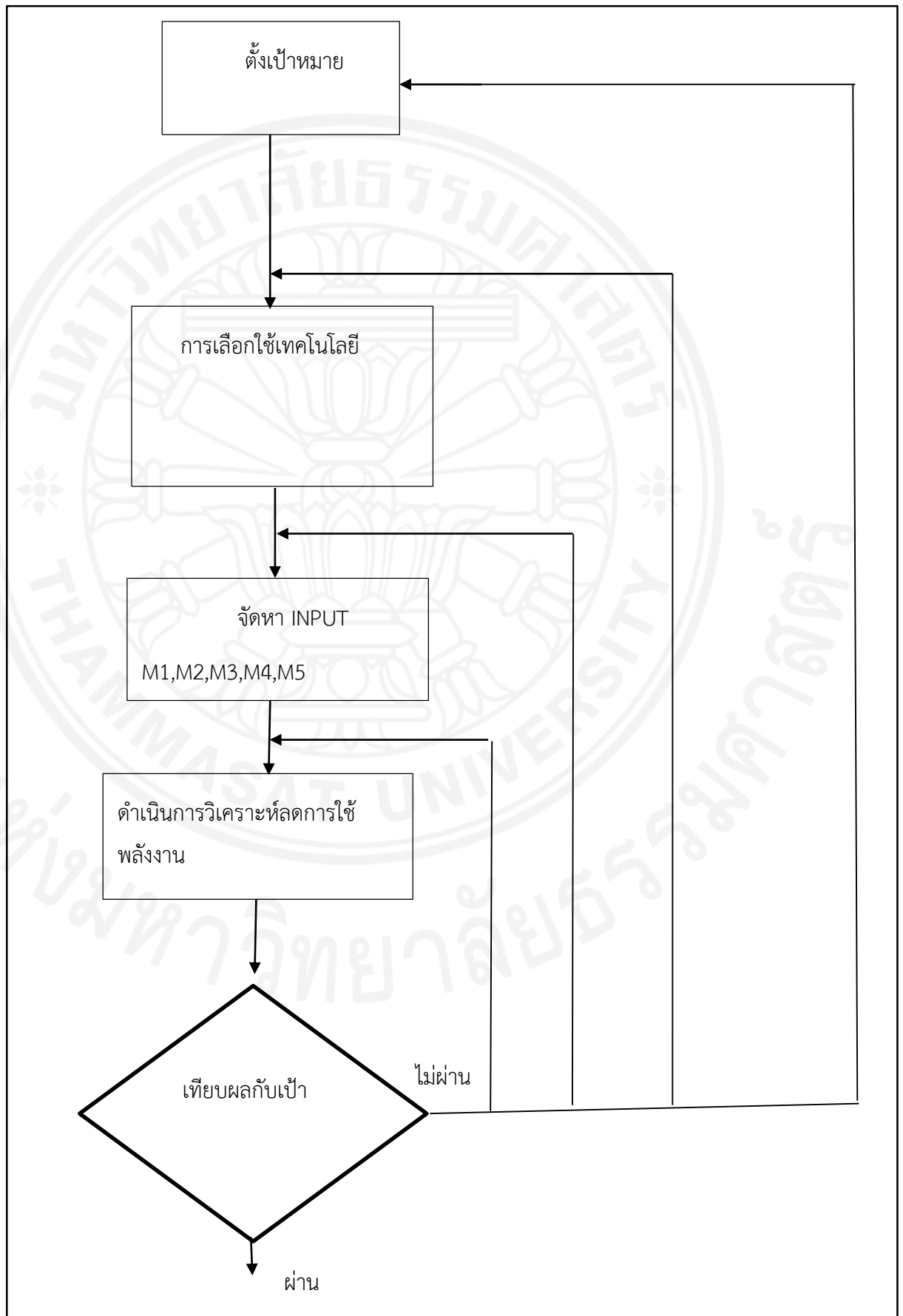
- แผนระยะสั้นเป็น 10% และดำเนินการได้ทันที
- แผนระยะกลางจะมีช่วงเวลา 1-3 ปีมีเป้าหมายการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 20%
- แผนระยะยาว ช่วงเวลา 3-5 ปี สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าลง 30%

โดยแนวทางการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการประหยัดพลังงานในการศึกษานี้ ประกอบด้วยมาตรการที่สำคัญดังต่อไปนี้

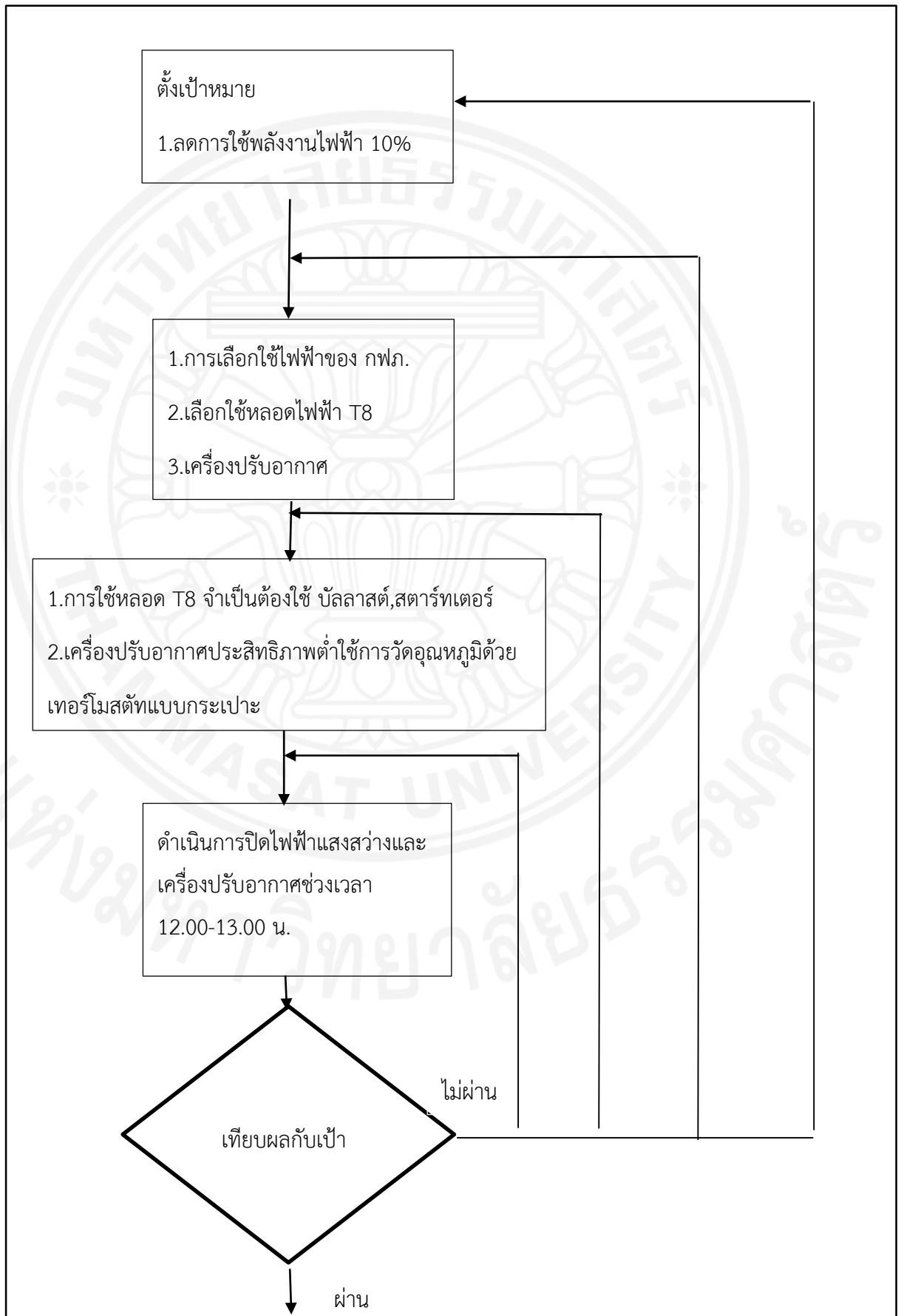
##### 4.5.1 มาตรการประหยัดพลังงานโดยการปิดเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้า

จากผลการศึกษาการบริหารจัดการ โดยใช้ Deming Cycle: PDCA แสดงให้เห็นว่าการปิดเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าในช่วงพักกลางวันหรือช่วงเวลาที่ไม่ได้มีการใช้ห้องเรียนอย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมงสามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าจากห้องเรียนลงได้เฉลี่ย 37% โดยเป็นการลดค่าไฟฟ้าในส่วนของเครื่องปรับอากาศคิดเป็นร้อยละ 23 ในขณะที่การลดค่าไฟฟ้าจากการส่องสว่างคิดเป็นร้อยละ 14.2 แนวทางการดำเนินการแสดงในรูปที่ 4.26

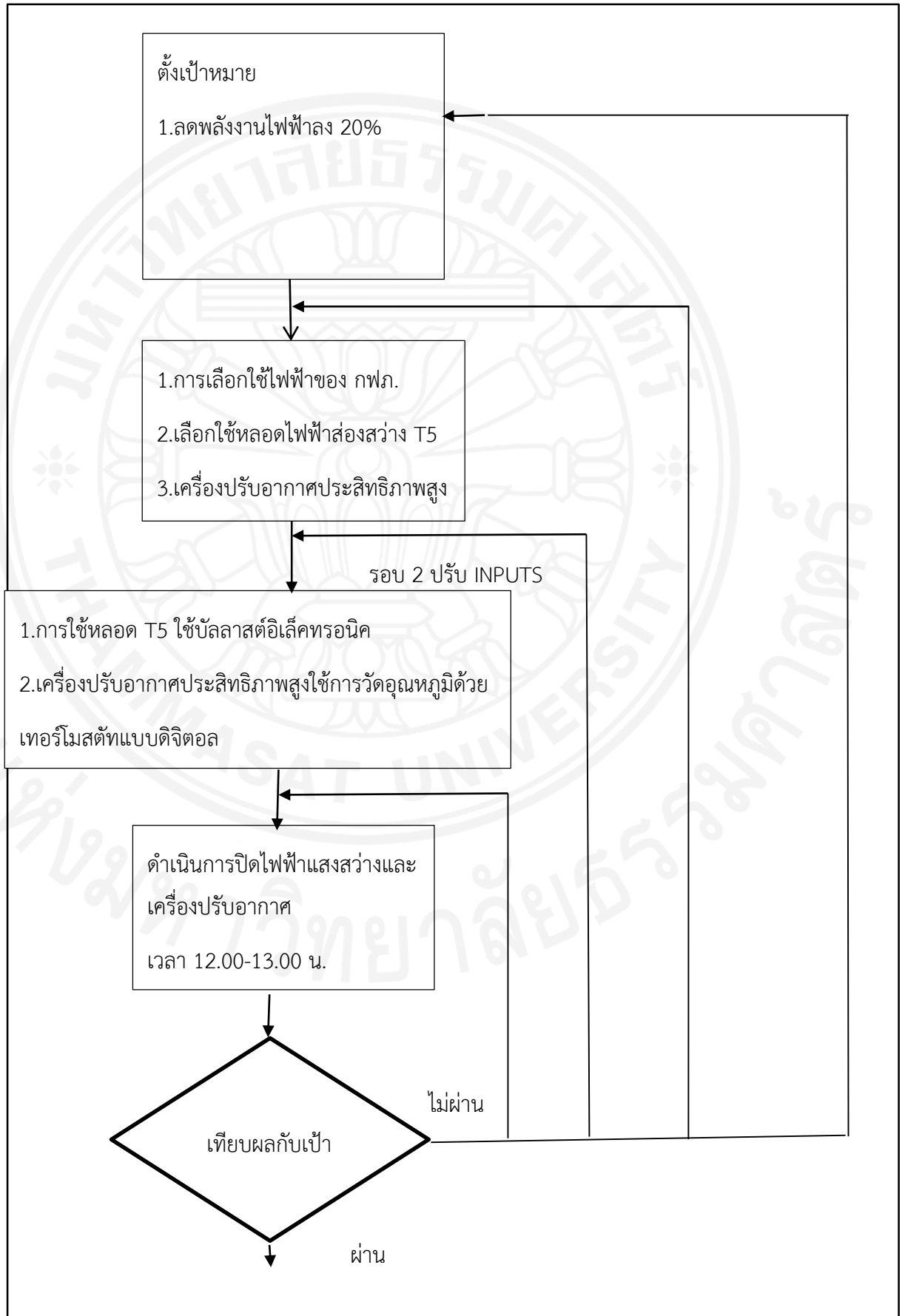
รูปที่ 4.26 การจัดการเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนแผนระยะสั้น



รูปที่ 4.27 การบริหารจัดการไฟฟ้าส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศแผนระยะสั้น



รูปที่ 4.28 การบริหารจัดการไฟฟ้าส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศแผนระยะกลาง



#### 4.5.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

ผลการศึกษาค่าการตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนกรณีศึกษา ขนาด 18,000 Btu จำนวน 2 เครื่อง พบว่า เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง เนื่องจากมีอายุการใช้งานเป็นเวลานาน ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำความเย็นสูงขึ้นถึง 18.9% คิดเป็นความแตกต่างของค่าไฟฟ้าต่อห้อง 16,896.00 บาทต่อปีหรือมีความแตกต่างของค่าไฟฟ้าต่อปีสูงถึง 26.8% แนวทางการดำเนินการแสดงในรูปที่ 4.27

#### 4.5.3 มาตรการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานให้แก่บุคลากรและนักศึกษา

การส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานทั้งในลักษณะของการให้ความรู้และการสร้างความตระหนักในการประหยัดพลังงานเป็นแนวทางการจัดการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารในสถานศึกษาที่มีประสิทธิภาพ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นว่า การปิดไฟและเครื่องปรับอากาศเพียงวันละ 1 ชั่วโมงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนได้สูงถึง 37% ดังนั้นการส่งเสริมบุคลากรและนักศึกษามีพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานจะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้สูงกว่า 37% อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลาจึงจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการดำเนินการทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะยาว

#### 4.5.4 การปรับภูมิทัศน์เพื่อใช้ธรรมชาติในการสร้างสภาวะน่าสบาย

ผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพต่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานในห้องเรียนชี้ให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารโดยเฉพาะการมีต้นไม้ ต้นไม้ให้ร่มเงาและพรรณไม้ต่างๆโดยรอบอาคารมีผลกระทบต่ออุณหภูมิทั้งภายนอกอาคาร ภายในอาคารและภายในห้องเรียน โดยมีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงซึ่งมีผลกระทบทำให้การใช้พลังงานในการทำความเย็นลดลง ในขณะที่เดียวกันผลการศึกษาก็ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของร่มเงาต้นไม้ต่อแสงสว่างภายในอาคารเนื่องจากแสงธรรมชาติเข้าถึงอาคารได้น้อยลง มีผลทำให้ต้องใช้แสงประดิษฐ์มากขึ้น อย่างไรก็ตามสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 90 เป็นการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศดังนั้นการปลูกต้นไม้ให้ร่มเงากับอาคารจึงเป็นทางเลือกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่สำคัญและยังมีผลกระทบในเชิงบวกอื่น ๆ ทั้งในด้านการส่งเสริมสภาพแวดล้อมธรรมชาติและการสร้างสุนทรียภาพในการมองเห็น

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในการ  
ทำความเย็นของห้องเรียนโดยคัดเลือกห้องเรียนกรณีศึกษาในอาคารบรรยายรวม 3 จำนวน 4 ห้อง  
ได้แก่ ห้อง 105 ห้อง 107 ห้อง 106 และห้อง 108 ในบทนี้เป็นการสรุปผลการศึกษาและ  
ข้อเสนอแนะในการจัดการพลังงานที่สำคัญดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

##### 1) สภาพแวดล้อมทั่วไปอาคารและห้องเรียนกรณีศึกษา

- อาคารบรรยายรวม 3 เป็นอาคารขนาดใหญ่ที่มีการออกแบบอาคารที่มุ่งให้มีการใช้ธรรมชาติช่วยในการสร้างสภาวะน่าสบาย ทำให้มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศโดยรอบอาคาร  
และภายในอาคาร

##### 2) การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ

- ห้องเรียนที่มีผนังรับแดดทางทิศใต้ ได้แก่ห้อง 105 และห้อง 107 มีอุณหภูมิ  
ภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 25.53 และ 25.06 องศาเซลเซียส มีความแตกต่าง  
ของอุณหภูมิมระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 5.30 และ 6.18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ  
ภายนอกอาคาร มีค่าเท่ากับ 30.83 และ 31.25 ตามลำดับ

- ห้องเรียนที่มีผนังรับแดดทางทิศเหนือได้แก่ห้อง 106 และห้อง 108 โดยห้อง  
106 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 26.04 องศาเซลเซียส มีความ  
แตกต่างของอุณหภูมิมระหว่างภายในห้องเรียนและภายนอกอาคาร 5.63 องศาเซลเซียส ในขณะที่ห้อง  
108 มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนขณะใช้เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 27.22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ  
ภายนอกมีค่าเท่ากับ 31.91 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างของอุณหภูมิมระหว่างภายในห้องเรียนและ  
ภายนอกอาคาร 4.7 องศาเซลเซียส

- การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิภายนอกอาคาร  
เฉลี่ยรายชั่วโมงของห้อง 105 และ ห้อง 107 (ห้องทางด้านทิศใต้) พบว่าผนังที่ด้านทิศตะวันตกมี  
อุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดหรือมีความเย็นมากที่สุด ผนังที่มีความแตกต่าง  
ระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกน้อยที่สุดคือผนังด้านทิศใต้ซึ่งเป็นด้านที่โดนแสงแดดมากกว่า  
ด้านอื่น



- การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง 108 พบว่าผนังด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกจะมีแนวโน้มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารมากกว่าทิศตะวันตกและทิศใต้ ในระหว่างเวลา 14.00-16.00 น. จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมากที่สุด ผนังด้านทิศตะวันออกมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกสูงสุดถึง 5.83 องศาเซลเซียสในเวลา 14.00 -15.00 น. ในขณะที่ผนังด้านทิศตะวันตกที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอก 4.33 องศาเซลเซียส

- การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากผนัง 4 ด้านของห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### 3) การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

- ผลการศึกษาการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของห้องที่วางตัวในทิศทางที่แตกต่างกันมีการใช้ไฟฟ้าที่ต่างกัน

- การใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นห้อง 107 เฉลี่ยรวมทั้งห้อง 32.6 kwh มีค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของห้อง 4.66 kwh (ต่อชั่วโมง)มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยตลอดวัน 25.07 องศาเซลเซียส

- การใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นห้อง 108 เฉลี่ยรวมทั้งห้อง 34.0 kwh เฉลี่ยรายชั่วโมง 4.86 kwh มีอุณหภูมิภายในห้องเรียนเฉลี่ยตลอดวันสูงกว่าห้อง 107 เล็กน้อยคือ 25.55 องศาเซลเซียส

- การใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นของห้องเรียนที่มีการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวันจะต่ำกว่าการใช้ไฟฟ้าของห้องเรียนที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศต่อเนื่อง

- เครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานนานจะมีประสิทธิภาพแตกต่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่ระบุไว้มากถึง 18.8 % ทำให้ต้องเสียค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหากเทียบกับการใช้งานเต็มประสิทธิภาพจำนวน 704 บาทต่อเดือน คิดจากห้องเรียนที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 btu จำนวน 2 เครื่อง

- เครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานยังมีข้อจำกัดของเทคโนโลยีการประหยัดไฟ ทำให้มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้เป็นประเภทประหยัดไฟจะทำให้ค่าไฟฟ้าลดลง

## 5.2 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาข้อมูลอุณหภูมิของห้องเรียนในอาคารบรรยายรวม 3 คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทาลัยธรรมศาสตร์ จำนวน 4 ห้องโดยคัดเลือกห้องที่มีการวางตัวต่างกันในด้านทิศเหนือและทิศใต้ พบว่าห้องที่วางตัวในทิศเหนือได้แก่ห้อง 106 และ 108 มีแนวโน้มของอุณหภูมิภายในห้องที่เปิดเครื่องปรับอากาศที่สูงกว่าห้องในทางทิศใต้ ซึ่งได้แก่ห้อง 105 และ 107 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานการศึกษาโดยทั่วไปที่คาดว่าอุณหภูมิของห้องทางทิศใต้จะสูงกว่าอุณหภูมิของห้องทางทิศเหนือ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะของสภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารจะพบว่าพื้นที่ทางด้านทิศใต้มีการจัดภูมิทัศน์ที่มีพืชพรรณไม้ต่าง ๆ และที่สำคัญที่คลองหรือคูน้ำอยู่ใกล้กับบริเวณผนังทำให้ช่วยลดอุณหภูมิของอากาศลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่มีการวัดอุณหภูมิภายนอกอาคารจะพบว่าอุณหภูมิอาคารของห้องทางทิศเหนือมีแนวโน้มสูงกว่าห้องทางทิศใต้ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นสะท้อนให้เห็นว่าการจัดสภาพภูมิทัศน์ที่เหมาะสมสามารถช่วยในการลดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการทำความเย็นได้

การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของผนังในแต่ละด้านส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับทฤษฎี โดยผนังห้องเรียนด้านที่ได้รับแสงแดดมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่สูงกว่าผนังห้องด้านที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง

ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแสดงให้เห็นว่าห้องทางด้านทิศใต้คือห้อง 105 และ 107 มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าห้อง 106 และ 108 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านอุณหภูมิที่พบว่าห้องทางด้านทิศใต้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าห้องทางด้านทิศเหนือ ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นที่สูงขึ้น

ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแสดงให้เห็นว่าห้องทางด้านทิศใต้คือห้อง 105 และ 107 มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าห้อง 106 และ 108 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านอุณหภูมิที่พบว่าห้องทางด้านทิศใต้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าห้องทางด้านทิศเหนือ ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นที่สูงขึ้น

การทดลองเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างการเปิดเครื่องปรับอากาศ ต่อเนื่องกับการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวันจะพบว่าการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยงทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นลดลง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาายังแสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศในห้องที่มีการปิดเครื่องในช่วงพักเที่ยงมีการใช้พลังงานสูงขึ้นในช่วงแรกที่เริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงบ่าย ดังนั้นหากมีการปิดและเปิดเครื่องปรับอากาศบ่อยครั้งมากจนเกินไป อาจทำให้มีการใช้พลังงานในภาพรวมที่สูงขึ้นได้

ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานนานและไม่ใช้เครื่องปรับอากาศที่ประหยัดไฟมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเป็นอย่างมาก จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนกรณีศึกษาซึ่งมีอายุการใช้งานยาวนานถึง 18 ปี มีประสิทธิภาพแตกต่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่ระบุไว้มากถึงเกือบ 20% นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานนานยังมีข้อจำกัดของเทคโนโลยีการประหยัดไฟ ทำให้มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดการการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารทั้งในด้านพฤติกรรมกรรมการใช้งานเครื่องปรับอากาศและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

### 5.3 แนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการจัดการเครื่องปรับอากาศ

จากผลการศึกษาในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศในห้องเรียนอาคารบรรยาย 3 ของอาคารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต พบว่าอาคารบรรยายรวม 3 หลัง ควรจะมีการปรับปรุงที่ใช้ให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น และผนังของอาคารด้านที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีแนวทางในการดำเนินงานเพื่อการประหยัดพลังงานที่จะนำไปสู่การประหยัดพลังงานไฟฟ้าทั้งในส่วนของอาคารบรรยายรวม 3 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมไปถึงประเทศชาติได้ต่อไป ซึ่งจะทำให้มีพลังงานไว้ใช้ต่อไปในอนาคต

#### 1) การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศ

การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้องที่จะติดตั้ง ควรรู้ขนาดห้องเรียนเสียก่อน เพื่อให้ได้ความเย็นที่เหมาะสม กรณีซื้อเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป การทำความเย็นจะมากเกิน การควบคุมความชื้นไม่ดี (เนื่องจากเครื่องต้องเดิน-หยุดบ่อย) ราคาเครื่องและค่าติดตั้งก็จะสูงตามไปด้วย ถ้าซื้อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเกินไป การทำความเย็นก็ไม่เพียงพอ และเครื่องก็ต้องทำงานตลอดเวลา อายุการใช้งานก็จะสั้น ดังนั้นจึงควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีความสามารถในการทำความเย็นให้เหมาะสมกับพื้นที่ห้อง

#### 2) การใช้งานเครื่องปรับอากาศ

การใช้งานเครื่องปรับอากาศอย่างถูกต้อง ช่วยให้เครื่องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงานไฟฟ้า สามารถทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

- ปรับตั้งอุณหภูมิของห้องให้เหมาะสม ห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น และห้องอาหาร อาจตั้งอุณหภูมิไม่ให้ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส สำหรับห้องนอนนั้นอาจตั้งอุณหภูมิสูงกว่านี้ได้ ทั้งนี้เพราะร่างกายมนุษย์ขณะหลับมิได้เคลื่อนไหว อีกทั้งการคายเหงื่อก็ลดลง หากปรับ

อุณหภูมิ เป็น 26-28 องศาเซลเซียสก็ไม่ทำให้รู้สึกร้อนเกินไป แต่จะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 15-20%

- ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่ไม่ได้ใช้งาน หากสามารถทราบเวลาที่แน่นอน ควรตั้งเวลาการทำงานของตัวเครื่องไว้ล่วงหน้า เพื่อให้เครื่องหยุดเองโดยอัตโนมัติ
- ยอย่านำสิ่งของไปกีดขวางทางลมเข้าและลมออกของคอนเดนซึ่งยูนิต จะทำให้เครื่องระบายความร้อนไม่ออก และต้องทำงานหนักมากขึ้น
- ยอย่านำรูปภาพหรือสิ่งของไปขวางทางลมเข้าและลมออกของแฟนคอยล์ยูนิต จะทำให้ห้องไม่เย็น
- ควรเปิดหลอดไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในห้องเฉพาะเท่าที่จำเป็นต่อการใช้งานเท่านั้น และเปิดทุกครั้งเมื่อใช้งานเสร็จ เพราะหลอดไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด ขณะเปิดใช้งานจะมีความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิในห้องสูงขึ้น
- หลีกเลี่ยงการนำเครื่องครัว หรือภาชนะที่มีผิวหน้าร้อนจัด เช่น เตาไฟฟ้า กระทะร้อน หม้อต้มน้ำ หม้อต้มสุกี้ เข้าไปในห้องที่มีการปรับอากาศ ควรปรุงอาหารในครัวแล้วจึงนำเข้ามารับประทานภายในห้อง
- ในช่วงเวลาที่ไม่ใช้ห้องหรือก่อนเปิดเครื่องปรับอากาศสัก 2 ชั่วโมง ควรเปิดประตูหน้าต่างทิ้งไว้ เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าไปแทนที่อากาศเก่าในห้อง จะช่วยลดกลิ่นต่าง ๆ ใ้ให้น้อยลงโดยไม่จำเป็นต้องเปิดพัดลมระบายอากาศ ซึ่งจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้น
- ควรปิดประตู หน้าต่างให้สนิทขณะใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพื่อป้องกันมิให้อากาศร้อนชื้นจากภายนอกเข้ามา อันจะทำให้เครื่องต้องทำงานมากขึ้น
- ไม่ควรปลุกต้นไม้ หรือตากผ้าภายในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ เพราะความชื้นจากสิ่งเหล่านี้จะทำให้เครื่องต้องทำงานหนักขึ้น

### 3) การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

การบำรุงรักษาที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ ทำให้เครื่องปรับอากาศมีอายุใช้งานได้ยาวนาน มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลา ซึ่งควรปฏิบัติดังนี้

- หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุก ๆ 2 สัปดาห์ เพื่อให้เครื่องสามารถจ่ายความเย็นได้เต็มที่ตลอดเวลา
- หมั่นทำความสะอาดแผงท่อทำความเย็นด้วยแปรงนิ่ม ๆ และน้ำผสมสบู่เหลวอย่างอ่อนทุก 6 เดือน เพื่อให้เครื่องทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

- ทำความสะอาดพัดลมส่งลมเย็นด้วยแปรงขนขนาดเล็ก เพื่อขจัดฝุ่นละอองที่จับกันเป็นแผ่นแข็งและติดกันอยู่ตามซี่ใบพัดทุก 6 เดือน จะทำให้พัดลมส่งลมได้เต็มสมรรถนะตลอดเวลา
- ทำความสะอาดแผงท่อระบายความร้อน โดยการใช้แปรงนิ่ม ๆ และน้ำฉีดล้างทุก ๆ 6 เดือน เพื่อให้เครื่องสามารถนำความร้อนภายในห้องออกไปทิ้งให้แก่อากาศ ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- มอเตอร์พัดลมทั้งแผงคอยล์ยูนิตและคอนเด็นซิ่งยูนิตต้องทำการตรวจเช็คทุก 6 เดือน และทำการหล่อลื่น โดยการอัดจาระบีหรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ
- ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง ทำความสะอาดเพื่อให้การไหลของน้ำทิ้งเป็นไปอย่างสมบูรณ์
- ตรวจสอบทิศทางลมเข้าออกของแผงคอยล์ยูนิต ต้องไม่มีวัสดุปิดขวางทางลม
- ตรวจสอบหน้าต่างและประตูว่ามีรูรั่วทำให้อากาศร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารหรือไม่
- หากปรากฏว่าเครื่องไม่เย็นเพราะสารทำความเย็นรั่วต้องรีบตรวจหารอยรั่วแล้วทำการแก้ไขพร้อมเติมให้เต็มโดยเร็ว มิฉะนั้นเครื่องจะใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ทำให้เกิดความเย็นแต่อย่างใด
- ตรวจสอบฉนวนหุ้มท่อสารทำความเย็นอย่างสม่ำเสมอ อย่าให้เกิดฉีกขาด

#### 5.4 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

- 1) เนื่องจากข้อจำกัดของทำเลที่ตั้งห้องเรียน การคัดเลือกห้องเรียนกรณีศึกษาในครั้งนี้เป็นการเลือกห้องเรียนที่มีการวางตัวในแนวเหนือใต้ ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครอบคลุมห้องเรียนที่อาจมีการวางตัวในแนวตะวันออกและตะวันตก หากมีการศึกษาเพิ่มเติมจะทำให้มีความครบถ้วนของข้อมูลที่สามารถใช้ในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารในรูปแบบอื่น ๆ ได้
- 2) การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาในอาคารบรรยายรวม 3 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งห้องเรียนส่วนใหญ่มีเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 btu. การศึกษาที่เพิ่มความหลากหลายของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่มีเทคโนโลยีช่วยประหยัดไฟและเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าจะทำให้มีผลการศึกษาที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มรูปแบบมากขึ้น
- 3) ควรศึกษาการลดพลังงาน โดยดำเนินการปิดไฟฟ้าแสงสว่าง เปลี่ยนหลอด เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศทั้งคณะ เพื่อหาว่าจะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในคณะได้มากน้อยเพียงใด

## รายการอ้างอิง

1. กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ข้อที่ 1-6 [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558]. จาก: <http://www.kodmhai.com/Kkat/NKkat/Nkkat-1/Newkkat-1-1/N1913.html>
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ภายใต้พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550). [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558]. จาก: [http://www.dede.go.th/ewt\\_news.php?nid=102](http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=102)
3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2539). กฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2535. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
4. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.(2539). พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
5. การประหยัดพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน Energy Saving Magazine [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2558]. จาก: <http://www.energysavingmedia.com/news/>
6. จตุพร บุญชิต (2529) การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงแรมสยามอินเตอร์คอนติเนนตัลและความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์. วศ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2529.ถ่ายเอกสาร
7. เจียรนัย มาสมาน. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงพยาบาลและอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์. วศ.ม กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2529. ถ่ายเอกสาร
8. ชำนาญ ห่อเกียรติ. (2540). เทคนิคการส่องสว่าง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
9. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา. การทำความเย็นและ การปรับอากาศ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2546.
10. ชูชีพ พิพัฒน์คีดี และคณะ. “คู่มือการวิเคราะห์ความเป็นไปได้.” โครงการกรณีศึกษา: โครงการลงทุนเอกชนและโครงการอสังหาริมทรัพย์.” กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทีพีริ่งติ้ง กรุ๊ป จำกัด
11. เทวินทร์ ประสิทธิ์เสรีรัฐ (2546) วงจร Deming Cycle [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558]. จาก: <http://www.cgpcenter.com/generalknowledges/pdca/pdca.html>

12. ชนบุรณ์ ศศิภานุเดช. (2532). การออกแบบระบบไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซี เอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 2546.
13. ชนบุรณ์ ศศิภานุเดช. (2533). การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซี เอ็ดยูเคชั่น จำกัด.
14. บริษัท อรุณชัยเสรี คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง จำกัด. (2546). รายงานการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อรุณชัยเสรีคอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง จำกัด.
15. วรพจน์ งามขมภูและคณะ. (2550). การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในส่วนของ การศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. โครงการความร่วมมือหลักสูตรปริญญาโท มศว. และร.จปร.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.
16. สมจิต วัฒนาชยากุล. (2532). สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประกายพริก.
17. สมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย. [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558]. จาก: <http://www.tieathai.org/know/lamp/ch%202.htm>
18. สำนักนโยบายและแผนพลังงานเอกสารเผยแพร่เรื่องพระราชบัญญัติ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558]. จาก: <http://www.eppo.go.th/admin/cab/law/1-search.html>
19. อรุณ ลาวัลย์ประเสริฐ. การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. โครงการวิจัยเสริมหลักสูตร, 2544.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายจิติพัฒน์ สงวนสิน  
 วันเดือนปีเกิด วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2507  
 ตำแหน่ง วิศวกร

### ผลงานทางวิชาการ

Jittipat Sanguansin, Arun Lawanprasert, and Wanarat Konisranukul, 2016,  
 Management to Optimize the Use of Electricity in University Building: A  
 Case Study of Lecture Classroom Building #3, Faculty of Science &  
 Technology, Thammasat University. International Transaction Journal of  
 Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol 7 (2016),  
 No. 2

### ประสบการณ์ทำงาน

- คณะกรรมการมหาวิทยาลัยทหารสอง  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- คณะกรรมการกำจัดการเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- คณะกรรมการจัดการแข่งขันกีฬา  
เอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 40
- คณะกรรมการการแข่งขันกีฬาระดับอุดมศึกษา