บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้เนการสาธิตให้เห็นถึงแนวทางการประมาณการใช้พลังงงานและประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร และสร้างเป็นดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน สามารถ แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

4.1 อิทธิพลของตัวแปร และการทำนายการใช้พลังงานในอาคาร

ในการวิจัยนี้แบ่งรูปแบบของพลังงานที่ใช้ในการประเมินออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

ส่วนที่ 1: พลังงานด้านความร้อนหนาว

ส่วนที่ 2: พลังงานด้านแสงสว่าง

ส่วนที่1: พลังงานด้านความร้อนหนาว

อาคารกรณีศึกษา

ประกอบด้วยอาคารกรณีศึกษา 2 อาคารดังนี้

อาคารกรณีที่ 1 : โรงเรียนคชเผือกอนุสรณ์ เป็นตัวแทนของอาคารเรียนของโรงเรียนทั่วไป แบ่งอาคารออกเป็น 3 ชั้น

อาคารกรณีที่ 2 : โรงเรียนทดสอบ เป็นตัวแทนของอาคารเรียนที่มีการออกแบบเพื่อประสิทธิภาพด้านพลังงาน แบ่งอาคารออกเป็น 2 ชั้น

อธิบายเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์

1. อาคารเรียนทั่วไป ประกอบด้วย ห้องชั้นที่ 1 ห้องชั้นที่ 2 และห้องชั้นที่ 3 โดยมีสถานการณ์จำลองดังนี้ ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อม และไม่มีแหล่งความร้อนภายใน
2. อาคารเรียนทดสอบ ประกอบด้วย ห้องชั้นที่ 1 และห้องชั้นที่ 2 โดยมีสถานการณ์จำลองดังนี้
   - เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน
   - เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงด้วยสภาพแวดล้อม
   - เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงด้วยสภาพแวดล้อม และมีการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวด้วยอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโดยรอบ
   - เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน
   - เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงด้วยสภาพแวดล้อม
   - เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงด้วยสภาพแวดล้อม และมีการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวด้วยอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโดยรอบ

อธิบายขั้นตอนการประมาณปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในด้านความรู้สึกร้อน-หนาว

สำหรับการประมาณปริมาณพลังงานด้านความรู้สึกร้อน-หนาวในกรณีศึกษา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

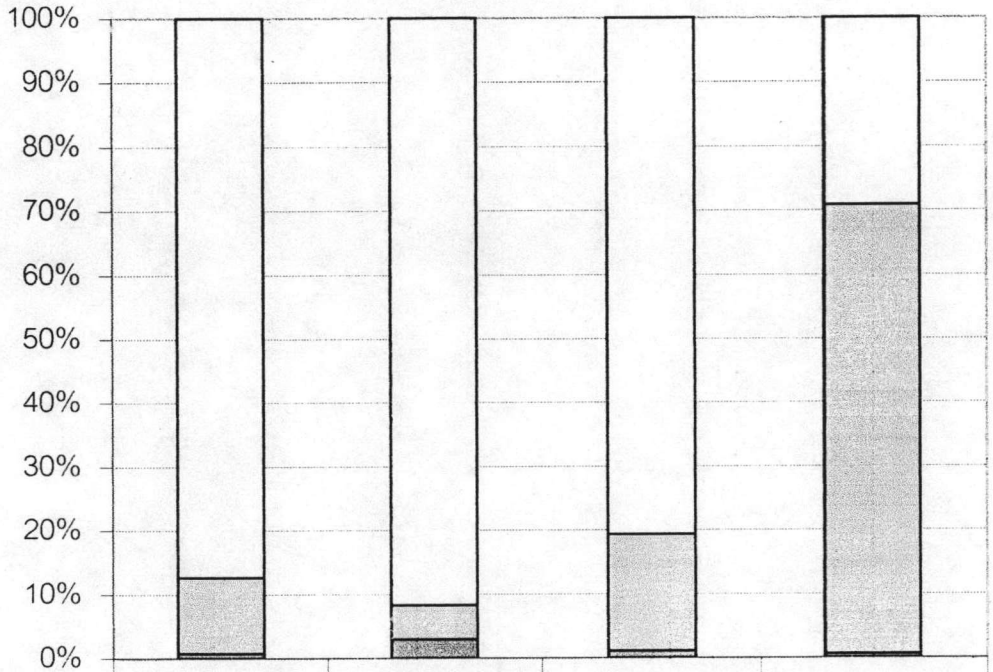
ขั้นตอนที่ 1 ทำนายสภาพภายนอกและภายในอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์รวมกับขอบเขตสบายที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์เลือกระบบอาคารเพื่อใช้ในการปรับสภาพอากาศ และเพิ่มความรู้สึกสบายในกับอาคาร

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์หาปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้

ขั้นตอนที่ 1 ทำนายสภาพอากาศ และวิเคราะห์รวมกับขอบเขตสบายที่กำหนด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานครโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ. 2542 พบว่าจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายสามารถแสดงเป็นแผนภูมิดังนี้



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
☐ ร้อนเกินไป	2870	3014	2651	957
☐ สบาย	390	175	599	2309
▩ เย็นเกินไป	25	96	35	19

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศภายนอกอาคารที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00 – 16:00

การทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไป

ผลการทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคาร โดยการทำนายอุณหภูมิห้อง ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย[1]

สมการทำนาย[2]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 1

ta_rm11 = (26.283)+(0.00000646)time+(0.185)db+(-0.0069)rad

เมื่อ

ta_rm11	คือ อุณหภูมิห้องเรียนอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1
time	คือ เวลา
rad	คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ

สมการทำนาย[3]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 2

ta_rm12 = (22.838) + (0.806)db +(-0.0074)rad + (-0.598)wb
+ (0.0000059)time

เมื่อ

ta_rm12	คือ อุณหภูมิห้องเรียนอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่2
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
rad	คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
wb	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ
time	คือ เวลา

---

[1] ดูรายละเอียดในภาคผนวก

[2] ค่า R-square = 0.592

[3] ค่า R-square = 0.906

สมการทำนาย[4]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 3

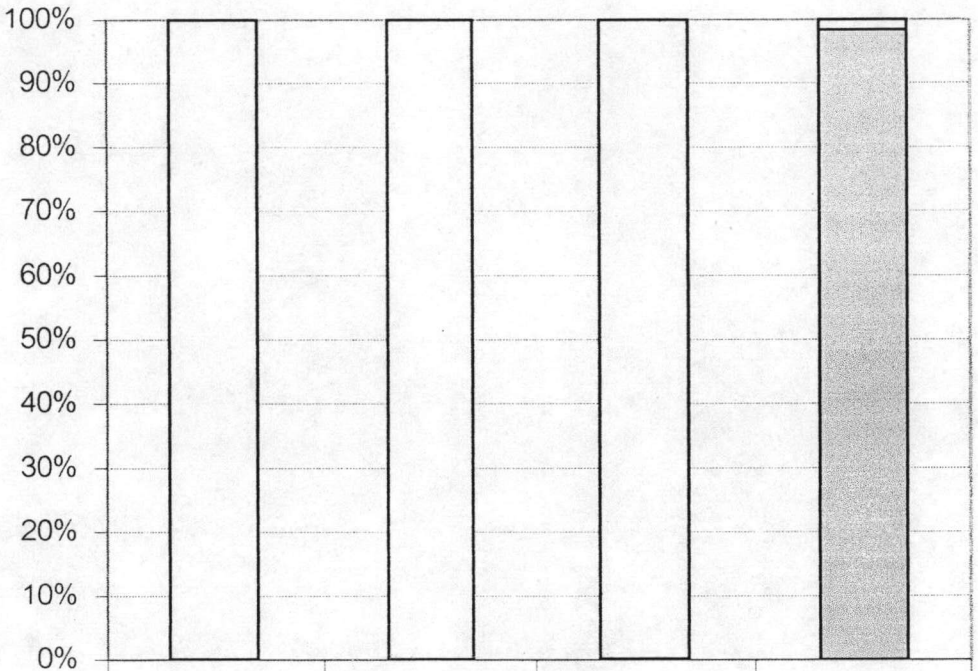
ta_rm13 = (17.59) + (0.975)db + (0.611)wb + (-0.0061)rad
+ (0.0000067)time

เมื่อ

ta_rm13	คือ อุณหภูมิห้องเรียนอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่3
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
wb	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ
rad	คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
time	คือ เวลา

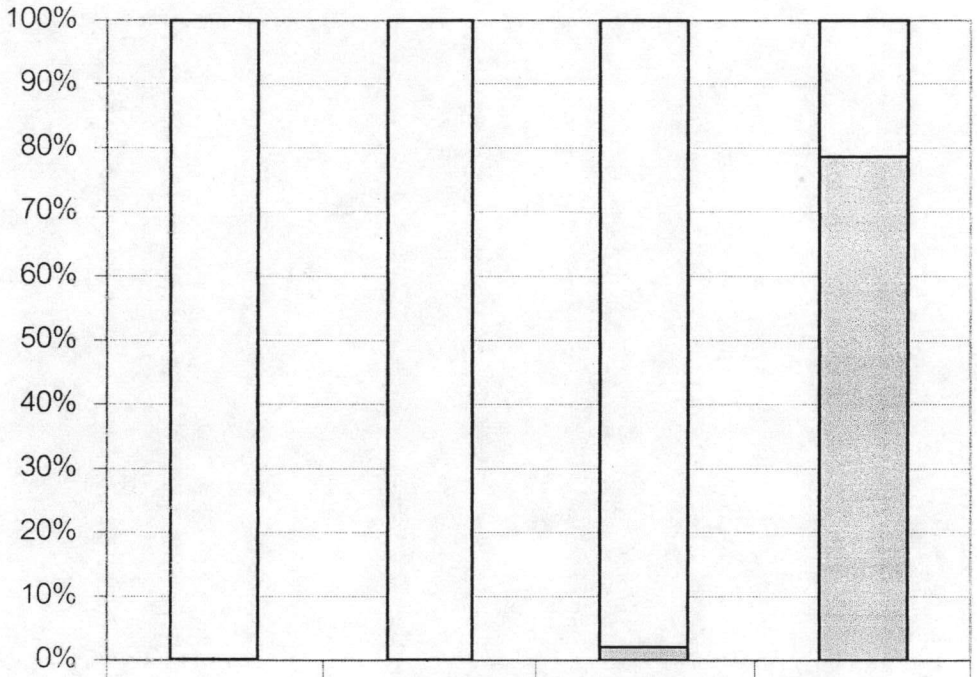
ผลการทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไป โดยมีสถานการณ์จำลองที่ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อม และไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร สามารถ แสดงเป็นแผนภูมิดังนี้

[4] ค่า R-square = 0.939



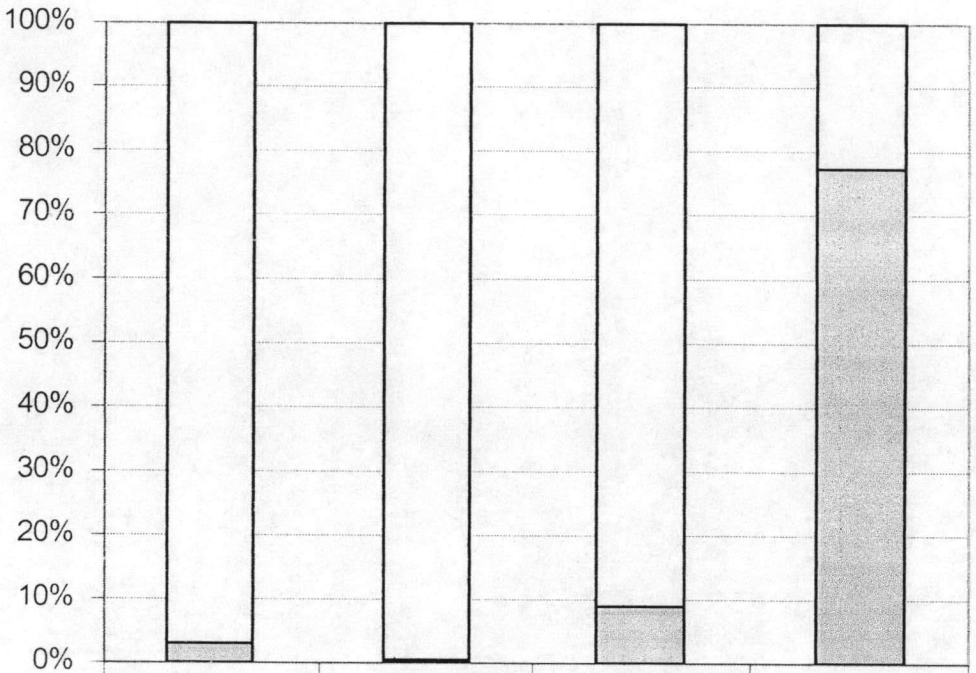
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3283	2383	2381	52
สบาย	2	2	4	3233
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
☐ ร้อนเกินไป	3279	3281	3216	701
☐ สบาย	6	2	68	2584
▩ เย็นเกินไป	0	2	1	0

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3186	3567	2990	747
สบาย	98	16	294	2537
เย็นเกินไป	1	2	1	1

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 3 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00

การทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคารกรณีศึกษาที่ 2 อาคารเรียนทดสอบ

ผลการทำนายสภาพภายในอาคาร โดยการทำนายอุณหภูมิห้อง ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย[1]

สมการทำนาย[2]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 2: อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1 (กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน)

ta_rm21 = (0.00026) + (0.686)t_soil + (0.287)db + (0.620)vent
+ (-0.233)top_w

เมื่อ

ta_rm21	คือ อุณหภูมิห้องอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1
t_soil	คือ อุณหภูมิดินที่ถม
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
vent	คือ การเปิดประตู-หน้าต่าง
top_w	คือ การเปิดช่องระบายอากาศที่หน้าต่างด้านบน

สมการทำนาย[3]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 2: อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2 (กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน)

ta_rm22 = (23.436) + (0.568)db + (0.989)top_w + (-0.0026)rad
+ (0.546)vent + (-0.408)wb + (0.000008)time

เมื่อ

ta_rm22	คือ อุณหภูมิห้องอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2

---

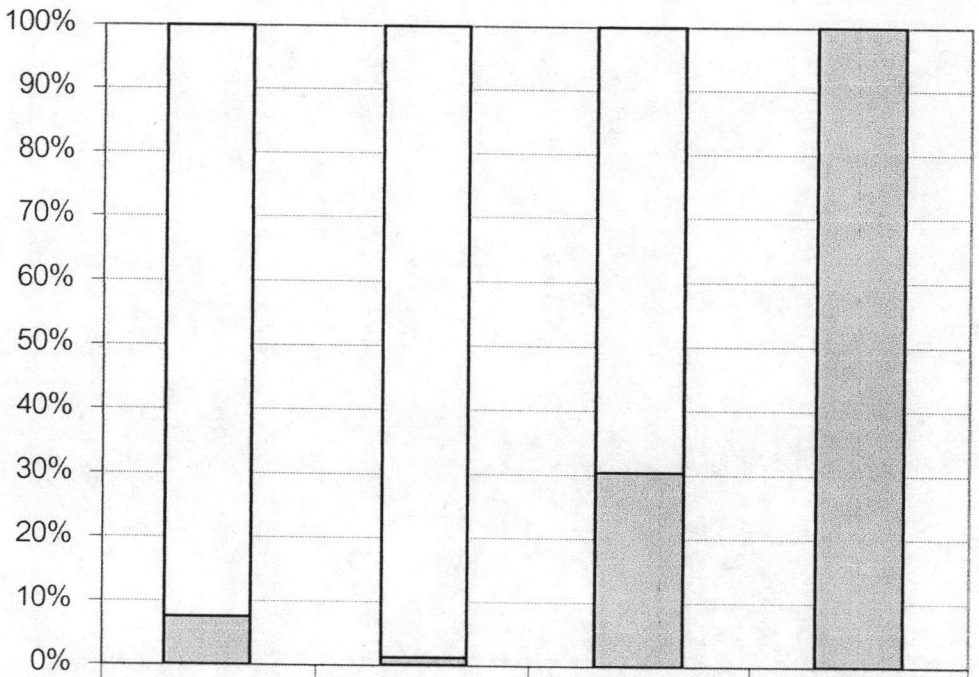
[1] ดูรายละเอียดในภาคผนวก

[2] ค่า R-square = 0.915

[3] ค่า R-square = 0.910

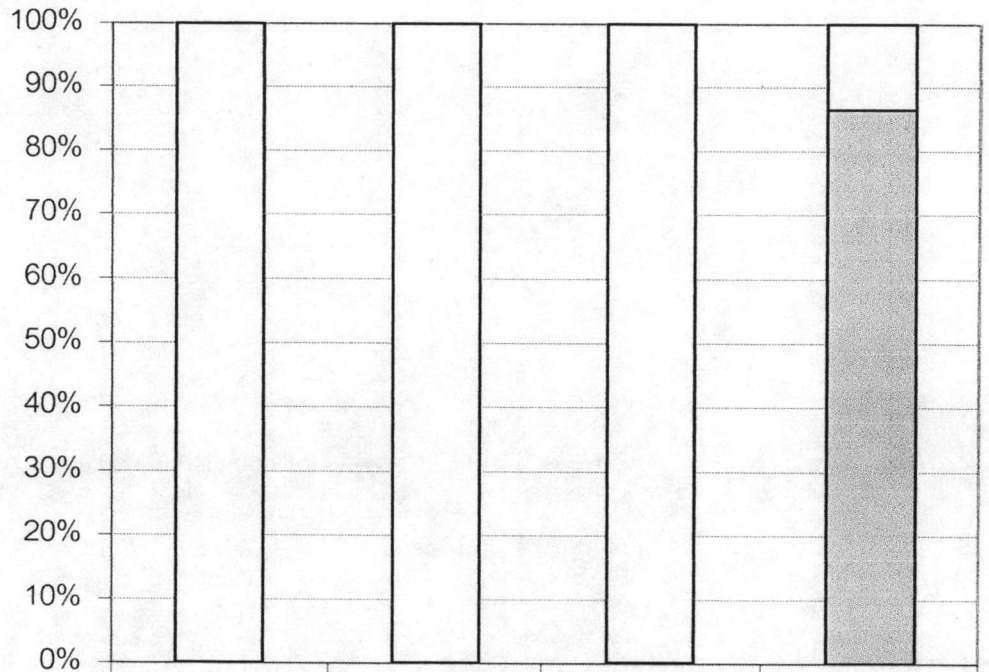
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
top_w	คือ การเปิดช่องระบายอากาศที่หน้าต่างด้านบน
rad	คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
vent	คือ การเปิดประตู-หน้าต่าง
wb	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ
time	คือ เวลา

ผลการทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคารทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร และเมื่อแทนค่าในสมการทำนายในส่วนการควบคุมอาคาร โดยเลือกการควบคุมอาคารที่ทำให้สภาพภายในอาคารเข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด นั้นคือการเลือกปิดประตู หน้าต่าง แต่เปิดช่องระบายอากาศทางช่องแสงข้างด้านบน จะได้ผลดังนี้



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3039	3242	2286	0
สบาย	246	41	999	3285
เย็นเกินไป	0	2	0	0

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3282	3282	3280	444
สบาย	3	2	5	2841
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.6 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน

สมการทำนาย[4]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 2: อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1 (กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน)

ta_rm21 = (0.246) + (0.286)db + (0.683)t_soil + (0.002)in_h_g
+ (0.235)vent + (0.000002)time

เมื่อ

ta_rm21	คือ อุณหภูมิห้องอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
t_soil	คือ อุณหภูมิดินที่ถม
in_h_g	คือ ความร้อนภายในอาคาร
vent	คือ การเปิดประตู-หน้าต่าง
time	คือ เวลา

สมการทำนาย[5]สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่ 2: อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2 (กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน)

ta_rm22 = (21.376) + (0.656)db + (0.742)vent + (-0.417)wb
+ (0.515)top_w + (0.004)in_h_g + (-0.0039)rad
+ (0.000005)time

เมื่อ

ta_rm22	คือ อุณหภูมิห้องอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่2
db	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ
vent	คือ การเปิดประตู-หน้าต่าง
wb	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ
top_w	คือ การเปิดช่องระบายอากาศที่หน้าต่างด้านบน

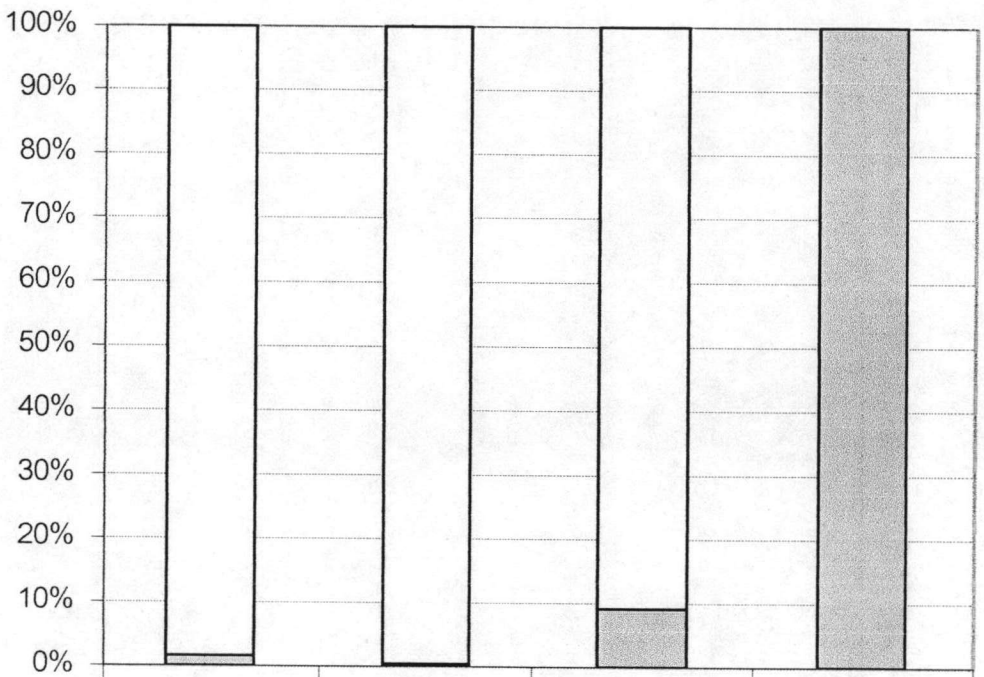
---

[4] ค่า R-square = 0.915

[5] ค่า R-square = 0.883

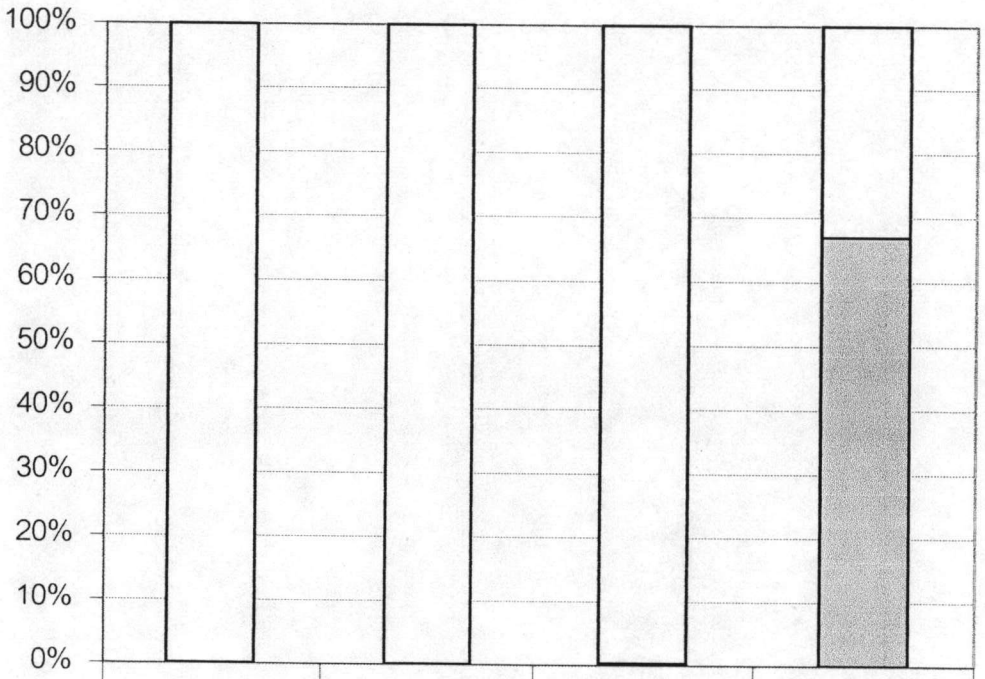
in_h_g	คือ ความร้อนภายในอาคาร
rad	คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
time	คือ เวลา

ผลการทำนายสภาพอุณหภูมิภายในอาคารทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายในอาคาร และเมื่อแทนค่าในสมการทำนายในส่วนการควบคุมอาคาร โดยเลือกการควบคุมอาคารที่ทำให้สภาพภายในอาคารเข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด นั้นคือการเลือกปิดประตู หน้าต่าง แต่เปิดช่องระบายอากาศทางช่องแสงข้างด้านบน จะได้ผลดังนี้



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
☐ ร้อนเกินไป	3232	3270	2985	0
☐ สบาย	53	15	300	3285
▩ เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.7 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3282	3282	3275	1086
สบาย	3	2	10	2199
เย็นเกินไป	0	1	0	0

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน

พิจารณาปรับปรุงสภาพภายในอาคารเพิ่มเติมด้วยการปรับปรุงสภาพอากาศเฉพาะที่ตั้ง (micro climate) โดยการทำนายสภาพภายในอาคารที่เกิดขึ้นภายในสภาพอากาสที่มีการปรับปรุงแล้ว จากนั้นนำค่าที่ประมาณได้มาแทนในการทนายอุณหภูมิภายในอาคาร (ที่มีแหล่งความร้อนภายใน)

ผลการทำนายสภาพอากาศที่มีการปรับปรุงสภาพอากาศเฉพาะที่ตั้ง โดยทำนายอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย[1] และทำนายอุณหภูมิกระเปาะเปียก ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย[2]

สมการทำนาย[3]อุณหภูมิกระเปาะแห้งสำหรับสภาพแวดล้อมที่มีการปรับปรุงภูมิอากาศเฉพาะที่ตั้งดังนี้

$$db_micro = (-1.252) + (0.521)db + (0.583)wb$$

เมื่อ

db_micro คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งในสภาพภูมิอากาศเฉพาะที่ตั้ง

db คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ

wb คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ

---

[1] ดูรายละเอียดในภาคผนวก

[2] ดูรายละเอียดในภาคผนวก

[3] ค่า R-square = 0.975

สมการทำนาย[4]อุณหภูมิกระเปาะเปียกสำหรับสภาพแวดล้อมที่มีการปรับปรุงภูมิอากาศเฉพาะที่ตั้ง ดังนี้

wb_micro = (-0.507) + (1.326)wb + (-0.272)db + (0.0014)rad

เมื่อ

wb_micro คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกในสภาพภูมิอากาศเฉพาะที่ตั้ง

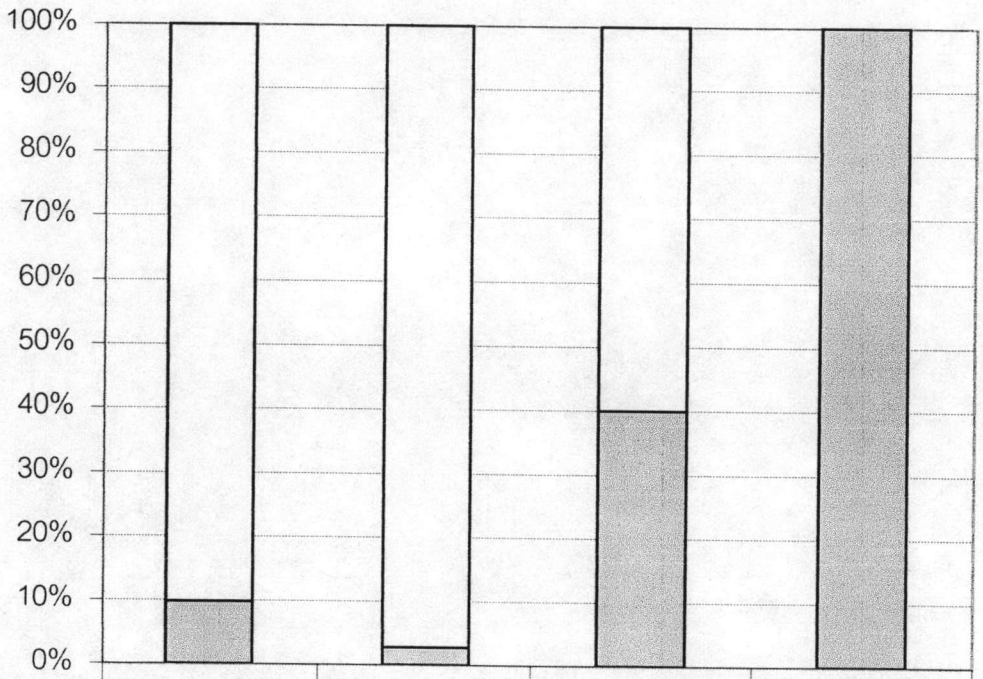
wb คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของสภาพอากาศ

db คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาพอากาศ

rad คือ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

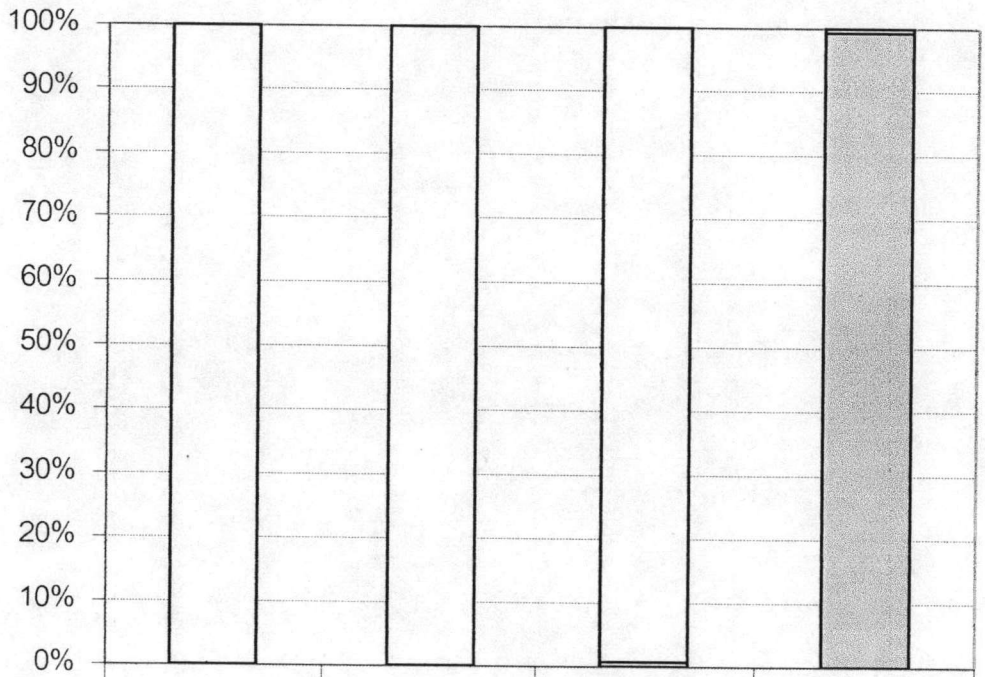
เมื่อนำผลที่ได้จากการทำนายเมื่อสภาพแวดล้อมมีการปรับปรุง ในสมการทำนายของสภาพอุณหภูมิอากาศภายในอาคารเรียนทดสอบ ทั้งในกรณีที่มีแหล่งความร้อนภายในและที่ไม่มีแหล่งความร้อนภายใน เมื่อวิเคราะห์กับเขตสบายจะได้ผลจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบาย และที่ไม่อยู่ในเขตสบายดังนี้

[4] ค่า R-square = 0.985



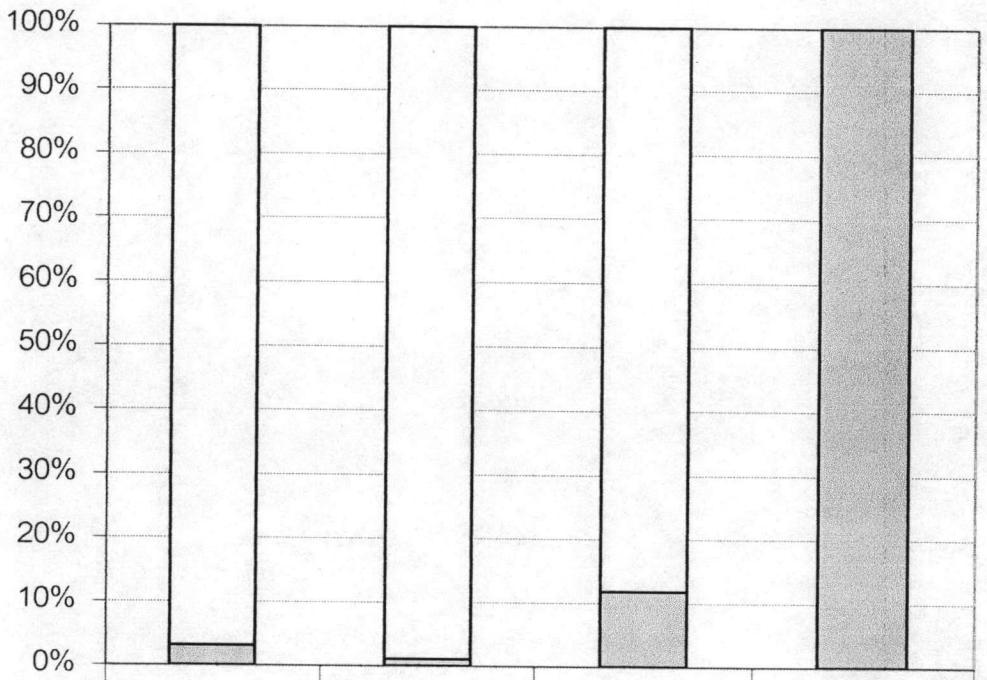
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2964	3194	1971	0
สบาย	321	91	1314	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.9 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม



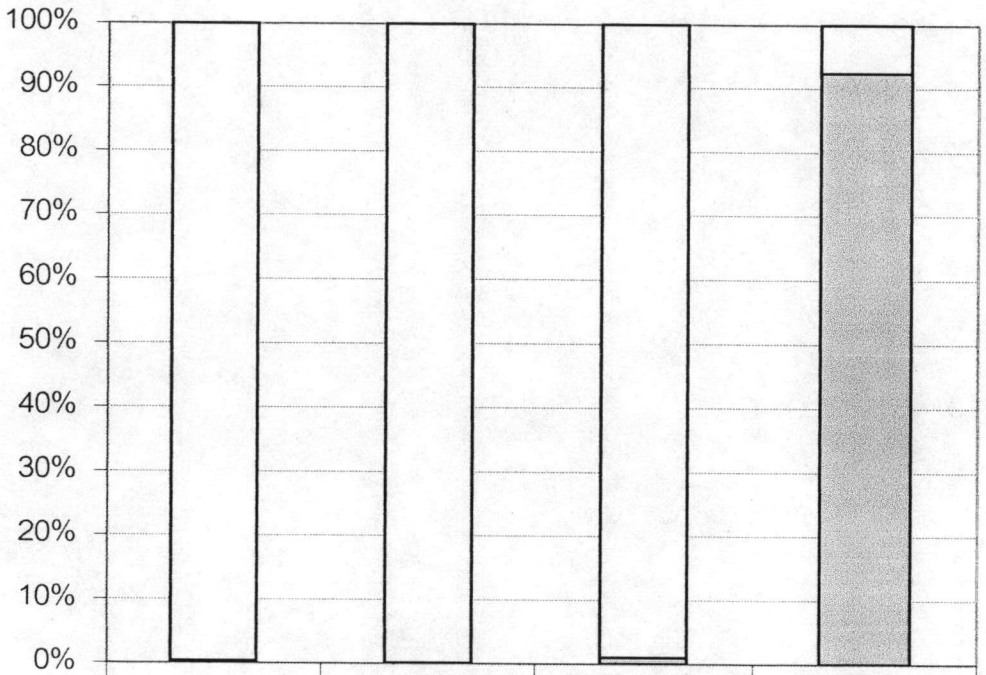
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3281	3283	3260	23
สบาย	4	2	25	3262
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.10 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3183	3250	2897	0
สบาย	102	35	388	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.11 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3273	3281	3251	249
สบาย	12	4	34	3036
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.12 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

จากนั้นพิจารณาปรับปรุงสภาพภายในอาคารเพิ่มเติมด้วยการพิจารณาอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (mrt)[5] โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลต่างของอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ กับอุณหภูมิอากาศภายในห้อง[6] ได้ดังนี้

ห้องชั้นที่ 1 มีค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (mrt) กับอุณหภูมิอากาศภายในห้อง เท่ากับ –0.44 องศาเซลเซียส

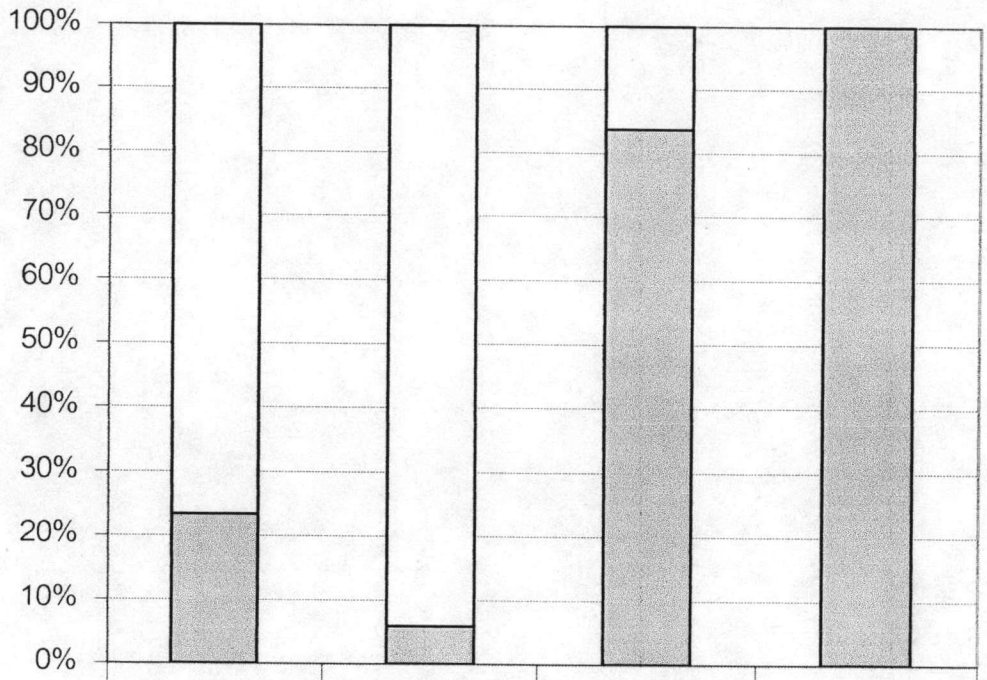
ห้องชั้นที่ 2 มีค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (mrt) กับอุณหภูมิอากาศภายในห้อง เท่ากับ –0.28 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ขอบเขตสบายเมื่ออาคารได้รับการปรับปรุงสภาพแวดล้อมและใช้อิทธิพลของอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ ในอาคารเรียนทดสอบทั้งในกรณีที่ไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และที่มีแหล่งความร้อนภายใน เป็นดังนี้

---

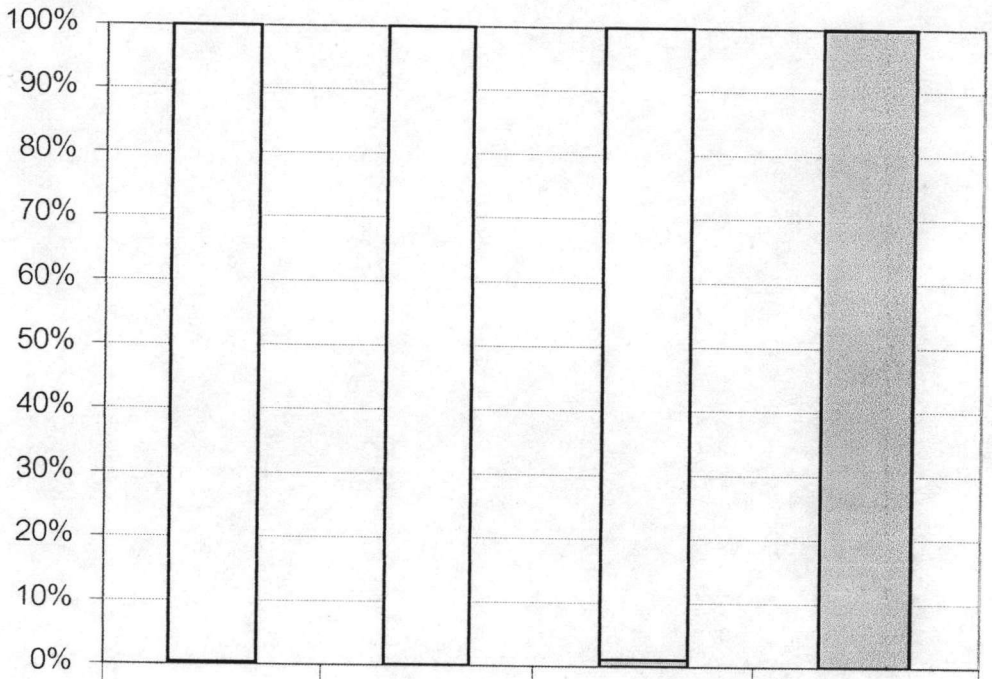
[5] อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ เป็นเทคนิคหนึ่งของการสร้างสภาวะน่าสบายโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อนกับสภาพแวดล้อม โดยการทำให้ค่าเฉลี่ยของพื้นผิวรอบตัวเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยถ้าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรอบตัวเราเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียสเราจะรู้สึกเสมือนหนึ่งว่าอุณหภูมิอากาศนั้นเย็นลงกว่าเดิม 1.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 40)

[6] ดูรายละเอียดภาคผนวก



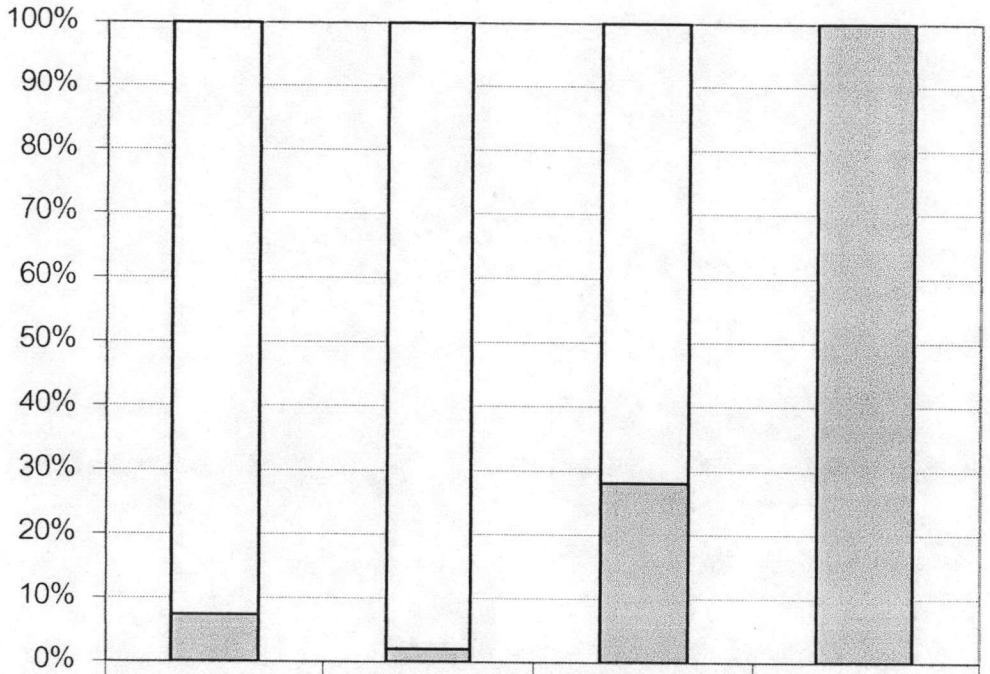
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2517	3090	535	0
สบาย	768	195	2750	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.13 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ



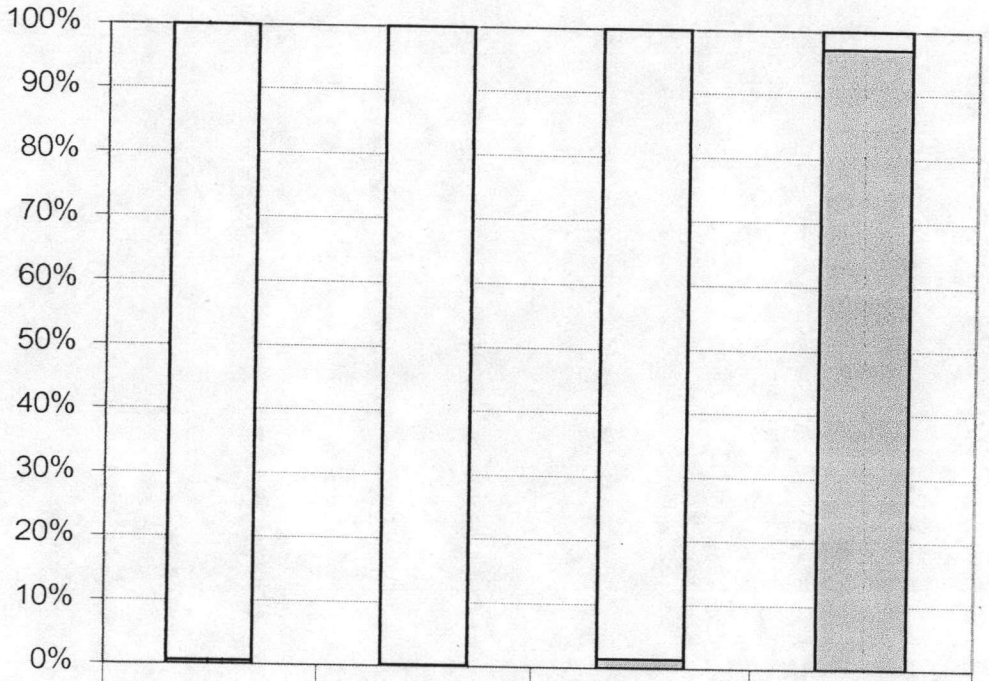
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3275	3282	3250	6
สบาย	10	3	35	3279
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.14 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3044	3219	2319	0
สบาย	241	66	906	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.15 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	3266	3279	3237	93
สบาย	19	6	48	3192
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.16 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์เลือกระบบอาคาร

จากข้อมูลสภาพอากาศ ของกรุงเทพมหานคร พบว่าสภาพอากาศส่วนใหญ่จะสูงกว่าขอบเขตสบาย กล่าวคือในช่วงเวลาที่ใช้งานอาคาร 8:00 – 16: 00 น.อุณหภูมิอากาศจะสูงกว่าของเขตสบาย มากกว่าร้อยละ 80 นั้นคือ ในการเลือกเครื่องกลจึงเป็นการเลือกเครื่องกลเพื่อปรับสภาพอากาศให้รู้สึกเย็นขึ้นดังนี้

แบ่งพิจารณาระบบเครื่องกลที่ใช้ในอาคารออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1 พัดลม เพื่อเพิ่มความเร็วลมภายในอาคารเพื่อให้ความรู้สึกเย็นขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ ดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ความรู้สึกเย็นลง (^{o}C) = 0.381 V + 0.016 RH

เมื่อ

V คือ ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

ในการวิจัยนี้ใช้ระดับความเร็วลมที่ 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 300 ฟุตต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วลมสูงสุดที่ไม่รบกวนการทำงาน ที่มนุษย์ยอมรับได้

2 ระบบเครื่องปรับอากาศ เพื่อปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้เย็นลง

การคำนวณปริมาณพลังงานจากพัดลม

กรณีศึกษาอาคารที่ 1: อาคารเรียนทั่วไป

ขนาดห้องเรียน	=	6.00 x 8.00	ตารางเมตร
	=	48.00	ตารางเมตร
จำนวนพัดลม(เครื่องละ 75 วัตต์)	=	4	เครื่อง
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานทั้งหมดที่ต้องเปิดพัดลม	=	300	วัตต์/ห้อง
หรือ	=	6.25	วัตต์/ตรารงเมตร

กรณีศึกษาอาคารที่ 2: โรงเรียนอาคารทดสอบ

ขนาดห้องเรียน	=	7.00 x 10.00	ตารางเมตร
	=	70.00	ตารางเมตร
จำนวนพัดลม(เครื่องละ 75 วัตต์)	=	5	เครื่อง
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานทั้งหมดที่ต้องเปิดพัดลม	=	375	วัตต์/ห้อง
หรือ	=	5.36	วัตต์/ตรารงเมตร

การคำนวณปริมาณพลังงานจากเครื่องปรับอากาศ

เนื่องจากในการวิจัยนี้เป็นการสาธิตให้เห็นถึงแนวทางการประมาณการใช้พลังงาน สำหรับการพัฒนาสร้างดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร ดังนั้นในการคิดพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศ จึงพิจารณาเพียง ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคารเท่านั้น โดยถือว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศของอาคารทั้ง 2 กรณีศึกษามีประสิทธิภาพสูงเท่ากัน โดยใช้วิธีประมาณภาระการทำความเย็นแบบ Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load / Cooling Load Factor (ASRAE, Load Calculation Manual: Cooling and Heating, 1994) ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็นใช้เป็นหลัก

ภาระในการทำความเย็นของอาคาร

สำหรับการคำนวณในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1 แหล่งความร้อนจากภายนอกอาคาร โดยการนำความร้อนและแผ่รังสี

1.1 หลังคา

1.2 ผนังทึบ

1.3 ช่องกระจก

1.4 ช่องประตู

1.5 พื้นหรือฝ้าเพดานที่ติดต่อระหว่างห้อง

(ในที่นี้ยกเว้นความร้อนที่ผ่านการถมอาคารเข้ามา เนื่องจากดินภายนอก ถูกปรับให้มีอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งปรับให้เท่ากับอุณหภูมิที่ทำการออกแบบในการปรับอากาศสำหรับการวิจัยครั้งนี้)

2 แหล่งความร้อนจากภายนอกอาคาร โดยการรั่วซึมของอาคาร ในการวิจัยนี้พิจารณาความร้อนสัมผัสเป็นหลัก

3 แหล่งความร้อนจากภายในอาคาร

3.1 ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร(sensible + latent)

= (75 + 75)*50/70 = 107.14 วัตต์/ตารางเมตร

= (255 + 255)*50/70 = 364.28 บีทียู/ตารางเมตร

3.2 ความร้อนจากระบบแสงสว่าง แบ่งเป็นอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 อาคารที่มีการออกแบบที่แตกต่างกันดังนี้

กรณีที่ 1 : อาคารเรียนทั่วไป (16 วัตต์/ตารางเมตร)

กรณีที่ 2 : อาคารเรียนทดสอบ (6.09 วัตต์/ตารางเมตร)

3.3 ความร้อนจากอุปกรณ์ในการวิจัยนี้ถือว่าไม่มี

สรุปภาระการทำความเย็นของอาคารกรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไป

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1

อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่1	ภาระการทำความเย็น		
	บีทียูต่อชั่วโมง	วัตต์	วัตต์ต่อตารางเมตร
1) แหล่งความร้อนจากภายนอก			
1.1) จากผนังทึบ	6,560.95	1,922.90	40.06
1.2) จากกระจก / หน้าต่าง	7,590.53	2,224.66	46.35
1.3) จากประตู	217.69	63.80	1.33
1.4) จากผนัง-เพดานระหว่างห้อง	316.36	92.72	1.93
1.5) จากการรั่วซึมอากาศ (เฉพาะ sensible)	91.18	26.72	0.56
รวมความร้อนจากภายนอก			90.23
2) แหล่งความร้อนจากภายใน			
2.1) จากผู้ใช้อาคาร			107.14
2.2) จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			17.50
รวมความร้อนจากภายใน			124.64
รวมภาระการทำความเย็นทั้งหมด			**214.87**

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2

อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	ภาระการทำความเย็น		
	บีทียูต่อชั่วโมง	วัตต์	วัตต์ต่อตารางเมตร
1) แหล่งความร้อนจากภายนอก			
1.1) จากผนังทึบ	6,560.95	1,922.90	40.06
1.2) จากกระจก / หน้าต่าง	7,590.53	2,224.66	46.35
1.3) จากประตู	217.69	63.80	1.33
1.4) จากผนัง-เพดานระหว่างห้อง	632.72	185.44	3.86
1.5) จากการรั่วซึมอากาศ (เฉพาะ sensible)	91.18	26.72	0.56
รวมความร้อนจากภายนอก			92.16
2) แหล่งความร้อนจากภายใน			
2.1) จากผู้ใช้อาคาร			107.14
2.2) จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			17.50
รวมความร้อนจากภายใน			124.64
รวมภาระการทำความเย็นทั้งหมด			**216.80**

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3

อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	ภาระการทำความเย็น		
	บีทียูต่อชั่วโมง	วัตต์	วัตต์ต่อตารางเมตร
1) แหล่งความร้อนจากภายนอก			
1.1) จากหลังคา	12,064.71	3,535.96	73.67
1.2) จากผนังทึบ	6,560.95	1,922.90	40.06
1.3) จากกระจก / หน้าต่าง	7,590.53	2,224.66	46.35
1.4) จากประตู	217.69	63.80	1.33
1.5) จากผนัง-เพดานระหว่างห้อง	316.36	92.72	1.93
1.6) จากการรั่วซึมอากาศ (เฉพาะ sensible)	91.1	26.70	0.56
รวมความร้อนจากภายนอก			163.89
2) แหล่งความร้อนจากภายใน			
2.1) จากผู้ใช้อาคาร			107.14
2.2) จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			17.50
รวมความร้อนจากภายใน			124.64
รวมภาระการทำความเย็นทั้งหมด			**288.53**

ตารางที่ 4.4 แสดงสรุปปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป

	วัตต์ต่อตารางเมตร
ภาระการทำความเย็นอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	**214.87**
ภาระการทำความเย็นอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	**216.80**
ภาระการทำความเย็นอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	**288.53**

กรณีศึกษาที่ 2 อาคารเรียนทดสอบ

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1

อาคารที่ 2 ห้องชั้นที่ 1	ภาระการทำความเย็น		
	บีทียูต่อชั่วโมง	วัตต์	วัตต์ต่อตารางเมตร
1) แหล่งความร้อนจากภายนอก			
1.1) จากหลังคา	26.94	7.89	1.58
1.2) จากผนังทึบ	56.13	16.45	3.29
1.3) จากกระจก / หน้าต่าง	237.20	69.52	13.90
1.4) จากประตู	8.90	2.61	0.52
1.5) จากการรั่วซึมอากาศ (เฉพาะ sensible)	2.63	0.77	0.15
รวมความร้อนจากภายนอก			19.44
2) แหล่งความร้อนจากภายใน			
2.1) จากผู้ใช้อาคาร			107.14
2.2) จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			9.06
รวมความร้อนจากภายใน			116.20
รวมภาระการทำความเย็นทั้งหมด			**135.65**

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2

อาคารที่ 2 ห้องชั้นที่ 2	ภาระการทำความเย็น		
	บีทียูต่อชั่วโมง	วัตต์	วัตต์ต่อตารางเมตร
1) แหล่งความร้อนจากภายนอก			
1.1) จากหลังคา	67.36	19.74	3.95
1.2) จากผนังทึบ	69.13	20.26	4.05
1.3) จากกระจก / หน้าต่าง	237.20	69.52	13.90
1.4) จากประตู	8.90	2.61	0.52
1.5) จากผนัง-เพดานระหว่างห้อง	32.95	9.66	1.93
1.6) จากการรั่วซึมอากาศ (เฉพาะ sensible)	2.63	0.77	0.15
รวมความร้อนจากภายนอก			24.51
2) แหล่งความร้อนจากภายใน			
2.1) จากผู้ใช้อาคาร			107.14
2.2) จากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			9.06
รวมความร้อนจากภายใน			116.20
รวมภาระการทำความเย็นทั้งหมด			**140.71**

ตารางที่ 4.7 แสดงสรุปปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ

	วัตต์ต่อตารางเมตร
ภาระการทำความเย็นอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	**135.65**
ภาระการทำความเย็นอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	**140.71**

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์หาปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้

จากการหาปริมาณพลังงานที่ใช้ คือ

$$E = P \times time$$

เมื่อ

E คือ ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ หน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง

P คือ กำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า หน่วยเป็น วัตต์

Time คือ จำวนเวลาที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า หน่วยเป็น ชั่วโมง

พิจารณาระบบอาคารประเภทพัดลม

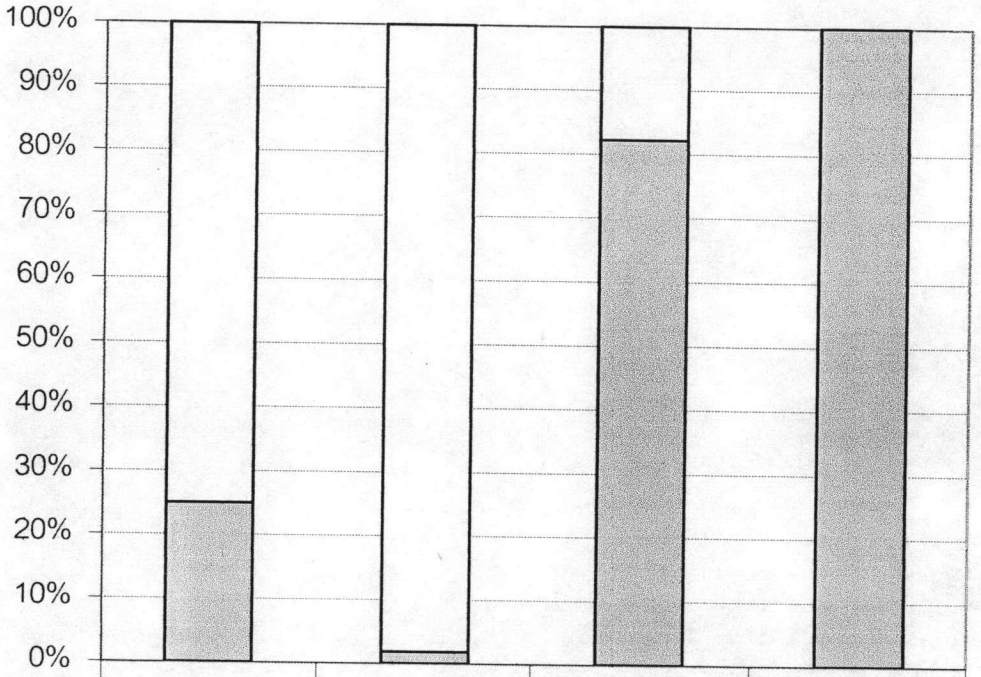
ที่ความเร็วลม เท่ากับ 5.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (300 fpm)

การใช้พลังงานพัดลมในอาคารเรียนทั่วไป

ตารางที่ 4.8 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พัดลมปรับสภาพภายใน

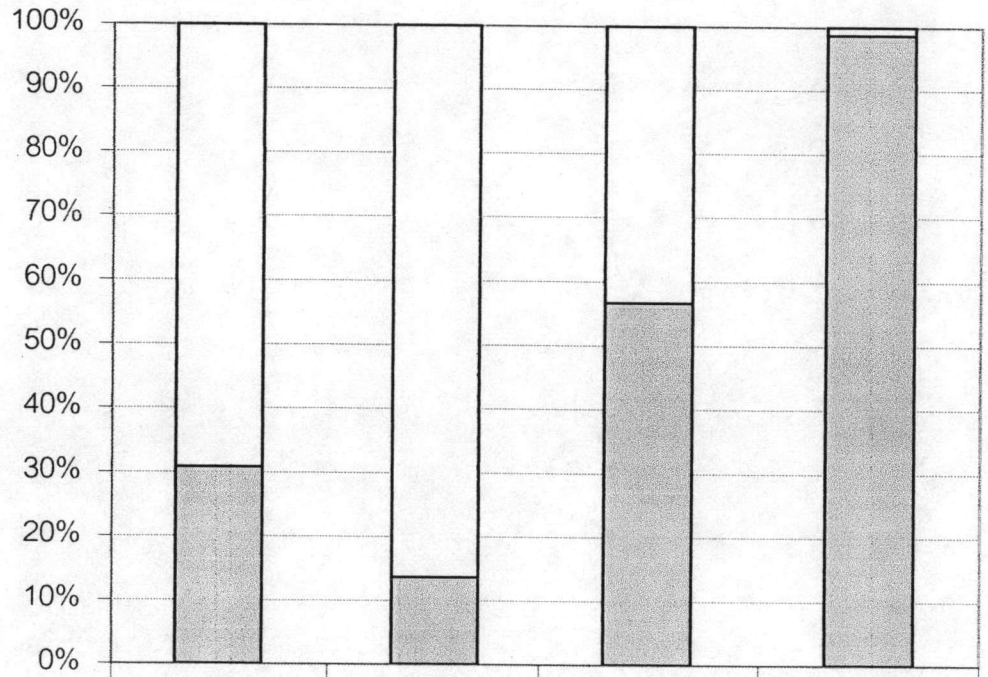
ห้องเรียน	จำนวนชั่วโมงที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	3286	3283	3281	52
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่2	3279	3281	3216	701
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่3	3186	3267	2990	747

กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ต้องเปิดพัดลม = 6.25 วัตต์/ตารางเมตร



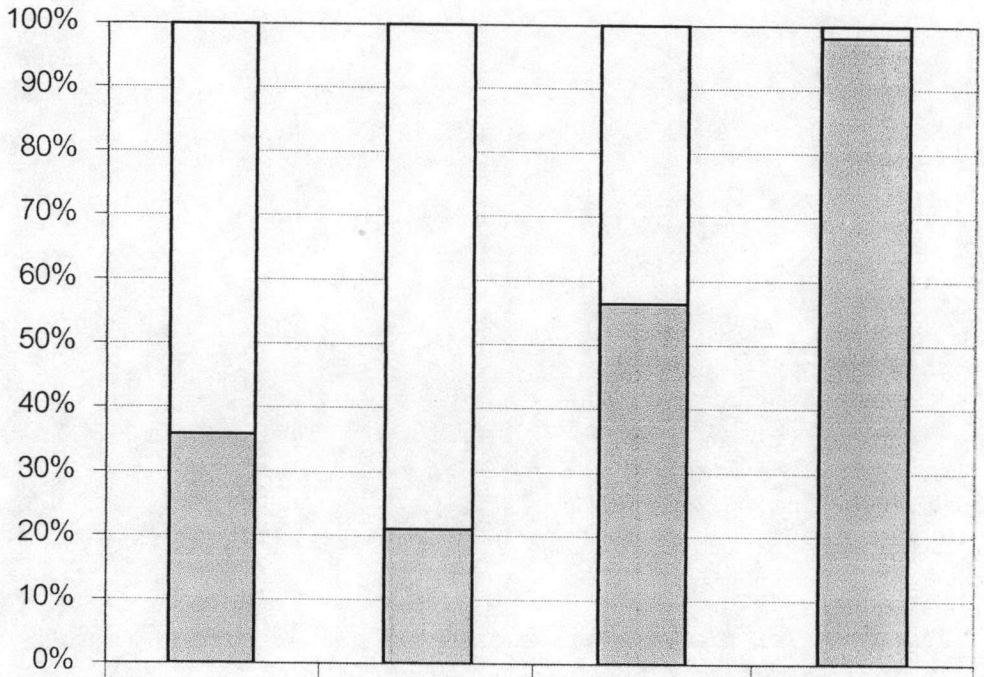
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2463	3224	585	0
สบาย	822	61	2700	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2271	2836	1422	41
สบาย	1014	449	1863	3244
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.18 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2105	2594	1433	62
สบาย	1180	691	1852	3223
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.19 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 3 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม

การใช้พลังงานพัดลมในอาคารเรียนทดสอบ

ตารางที่ 4.10 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พัดลมปรับสภาพภายใน

ห้องเรียน	จำนวนชั่วโมงที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	2517	3090	535	0
อาคารเรียนทดสอบ ห้อชั้นที่2	3275	3282	3250	6
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	3044	3219	2379	0
อาคารเรียนทดสอบ ห้อชั้นที่2	3266	3279	3237	93

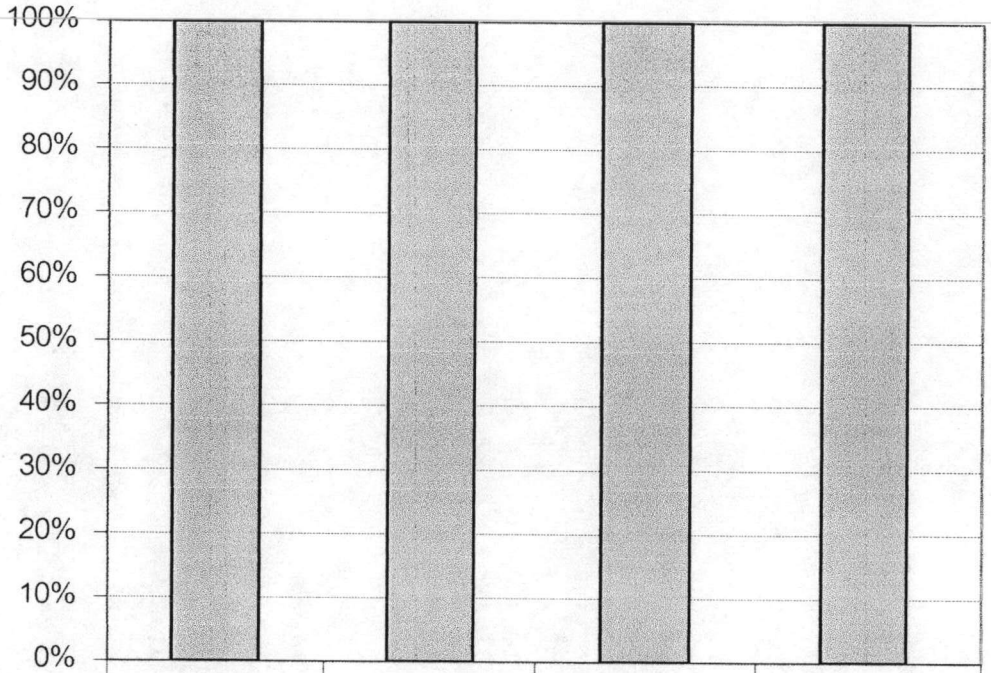
กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ต้องเปิดพัดลม = 5.36 วัตต์/ตารางเมตร

นั้นคือเป็นปริมาณการใช้พลังงานดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้พัดลมในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะของอาคารเรียนทดสอบ

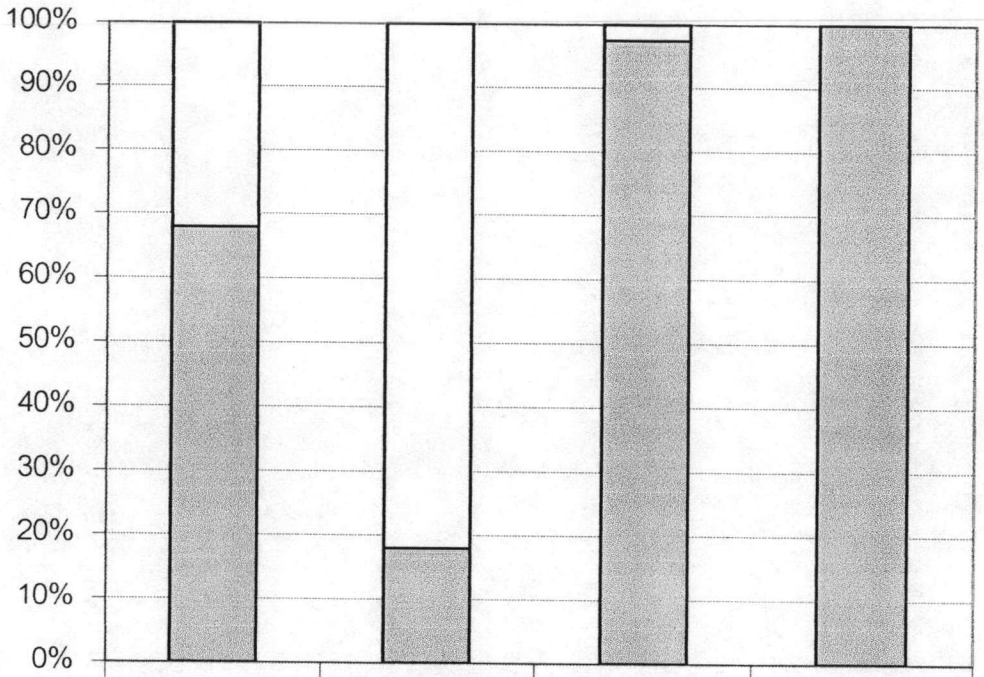
ห้องเรียน	จำนวนพลังงานที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (วัตต์-ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	13,491.12	16,562.40	2,867.60	0.00
อาคารเรียนทดสอบ ห้อชั้นที่2	17,554.00	17,591.52	17,420.00	32.16
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารที่ 1 ห้องชั้นที่ 1	16,315.80	17,253.80	12,751.40	0.00
อาคารที่ 1 ห้องชั้นที่ 2	17,505.80	17,575.40	17,350.30	498.48

จากการปรับปรุงความรู้สึกให้เย็นขึ้นด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลมข้างต้น สามารถสรุปเป็นปริมาณชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบาย และที่อยู่นอกเขตสบาย ของอาคารเรียนทดสอบได้ดังนี้



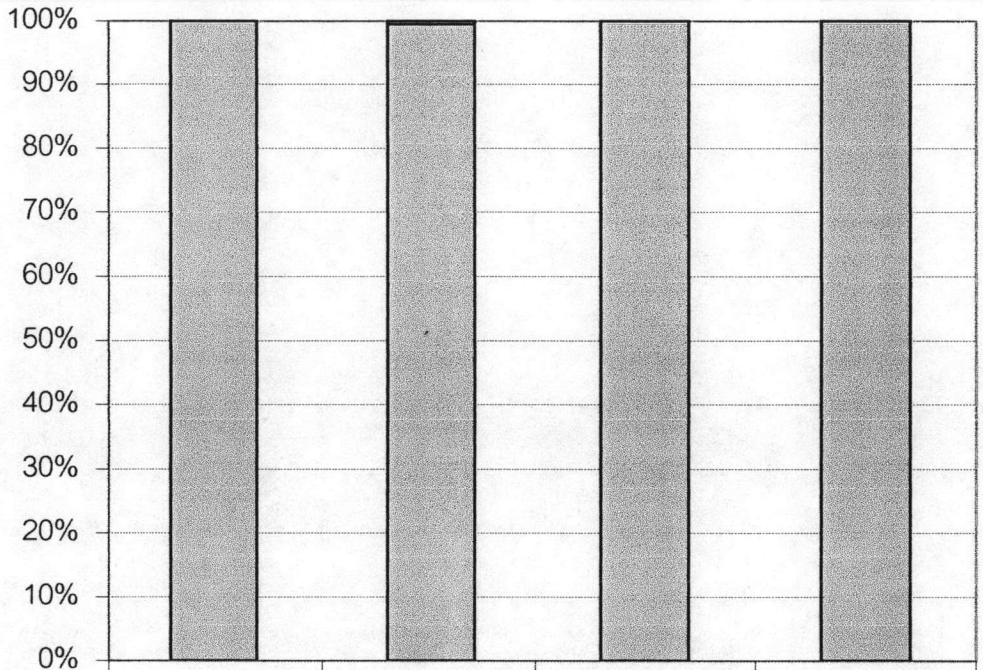
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	0	0	0	0
สบาย	3285	3285	3285	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.20 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ และมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม



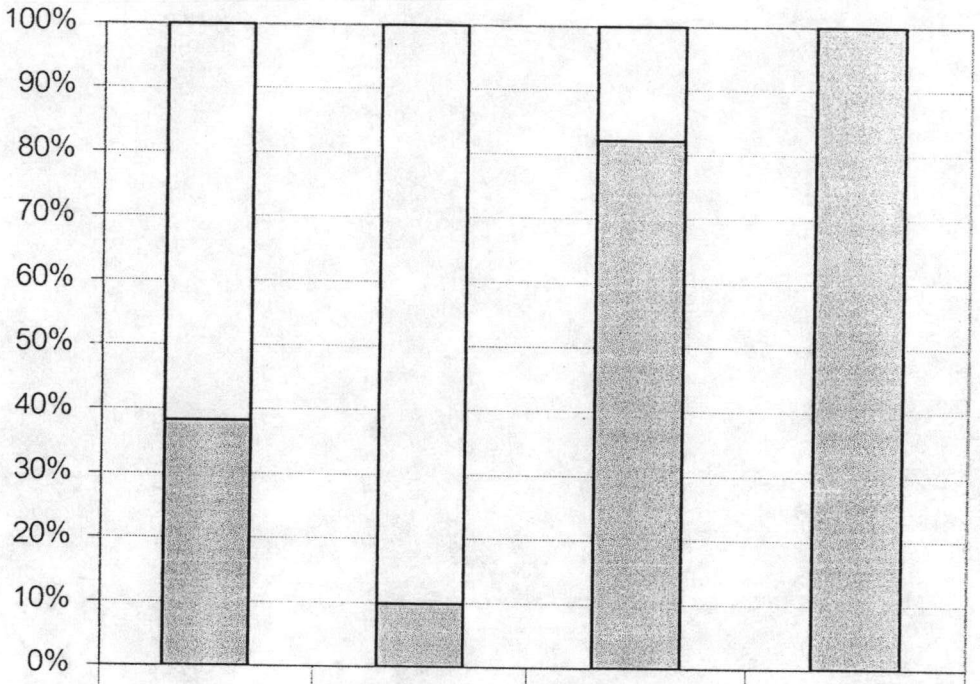
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	1053	2693	82	0
สบาย	2232	592	3203	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ และมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	0	18	0	0
สบาย	3285	3267	3285	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบและมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม(24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28 C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
ร้อนเกินไป	2029	2959	588	0
สบาย	1256	326	2697	3285
เย็นเกินไป	0	0	0	0

แผนภูมิที่ 4.23 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบและมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม

พิจารณาระบบอาคารประเภทระบบปรับอากาศ

โดยใช้ภาระการทำความเย็นมาคำนวณปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารเรียนทั่วไป

ตารางที่ 4.12 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้ระบบปรับอากาศในการปรับสภาพภายใน

ห้องเรียน	จำนวนชั่วโมงที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	2463	3224	585	0
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่2	2271	2836	1422	41
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่3	2105	2594	1433	62

กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบปรับอากาศใช้ค่าภาระการทำความเย็น นั้นคือเป็นปริมาณการใช้พลังงานดังนี้

ตารางที่ 4.13 ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ของระบบปรับอากาศในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ ของอาคารเรียนทั่วไป

ห้องเรียน	จำนวนพลังงานที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (วัตต์-ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	529,224.81	692,740.88	125,698.95	0.00
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่2	492,352.80	614,844.80	308,289.60	8,888.80
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่3	607,355.65	748,446.82	413,463.49	17,888.86

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคารเรียนทดสอบ

ตารางที่ 4.14 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศในการปรับสภาพภายใน

ห้องเรียน	จำนวนชั่วโมงที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0	0	0	0
อาคารที่เรียนทดสอบชั้นที่2	1053	2693	82	0
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0	18	0	0
อาคารที่เรียนทดสอบชั้นที่2	2029	2959	588	0

กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบปรับอาคารใช้ค่าภาระการทำความเย็น นั้นคือเป็นปริมาณการใช้พลังงานดังนี้

ตารางที่ 4.15 ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ของระบบปรับอากาศในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะของอาคารเรียนทดสอบ

ห้องเรียน	จำนวนพลังงานที่ต้องปรับเพื่อให้เข้าสู่ขอบเขตสบายต่าง (วัตต์-ชั่วโมง)			
	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	0.00	0.00	0.00
อาคารที่เรียนทดสอบชั้นที่2	148,169.74	378,937.42	11,538.38	0.00
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน				
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	2441.70	0.00	0.00
อาคารที่เรียนทดสอบชั้นที่2	285,505.00	416,367.00	82,738.70	0.00

นั้นคือสามารถสรุปปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ออาคารต้องใช้ในด้านความร้อน-หนาวดังนี้

อาคารกรณีศึกษาที่ 1: อาคารเรียนทั่วไป

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป

สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	20,537.50	529,224.81	549,762.31
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	20,493.80	492,352.80	512,846.60
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	19,912.50	607,355.65	627,268.15
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	20,314.60	542,977.75	563,292.35

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป

สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	20,518.80	692,740.88	713,259.68
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	20,506.30	614,844.80	635,351.10
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	20,418.80	748,446.82	768,865.62
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	20,481.30	685,344.17	705,825.47

ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป

สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	20,506.30	125,698.95	146,205.25
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	20,100.00	308,289.60	328,389.60
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	18,687.50	413,463.49	432,150.99
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	19,764.60	282,484.01	302,248.61

ตารางที่ 4.19 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป

สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	325.00	0.00	325.00
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	4,281.25	8,888.80	13,170.05
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	4,668.75	17,888.86	22,557.61
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	3,091.67	8,925.89	12,017.56

อาคารกรณีศึกษาที่ 2: อาคารเรียนทดสอบ

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ

สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	13,491.12	0.00	13,491.12
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,554.00	148,169.74	165,723.74
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	15,522.56	74,084.87	89,607.43
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	16,315.80	0.00	16,315.80
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,505.80	285,505.00	303,011.00
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	16,910.80	142,753.00	159,663.00

ตารางที่ 4.21 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ

สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	16,562.40	0.00	16,562.40
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,591.52	378,937.42	396,528.94
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	17,076.96	189,468.71	206,545.67
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	17,253.80	2,441.70	19,695.50
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,575.40	416,367.00	433,942.00
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	17,414.60	209,404.00	226,819.00

ตารางที่ 4.22 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ

สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	2,867.60	0.00	2,867.60
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,420.00	11,538.38	28,958.38
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	10,143.80	5,769.19	15,912.99
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	12,751.40	0.00	12,751.40
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	17,350.30	82,738.70	100,089.00
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	15,050.90	41,369.40	56,420.20

ตารางที่ 4.23 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ

สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร-ปี)		
	พัดลม	ระบบปรับอากาศ	รวม
เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	0.00	0.00
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	32.16	0.00	32.16
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	16.08	0.00	16.08
เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	0.00	0.00
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	498.48	0.00	498.48
อาคารเรียนทดสอบ (เฉลี่ย)	249.24	0.00	249.24

ส่วนที่ 2: พลังงานด้านแสงสว่าง

อาคารกรณีศึกษา

ประกอบด้วยอาคารกรณีศึกษา 2 อาคาร โดยพิจารณาลักษณะห้องที่มีการใช้งานแบบการเรียนธรรมดา ที่ระดับความส่องสว่างที่ต้องการในระนาบนอนที่ระดับพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 500 ลักซ์

อาคารกรณีที่ 1 : อาคาเรียนทั่วไป ขนาดห้อง 6.00 x 8.00 ตารางเมตรโดยมีช่องแสงตลอดทางด้านยาวด้านข้างห้อง ลักษณะของช่อง เป็นช่องแสงด้านข้างส่วนล่าง ขนาด 2.00 x 8.00 ตารางเมตร ทิศทางของช่องแสงอยู่ทางทิศเหนือ

อาคารกรณีที่ 2 : อาคารเรียนทดสอบ ขนาดห้อง 7.00 x 10.00 ตารางเมตรโดยมีช่องเปิดทางด้านหลังห้อง แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้ ช่องแสงด้านข้าง ขนาด 1.00 x 5.00 ตารางเมตร และช่องแสงข้างด้านบน ขนาด 0.60 x 5.00 ตารางเมตร ทิศทางของช่องแสงอยู่ทางทิศเหนือ

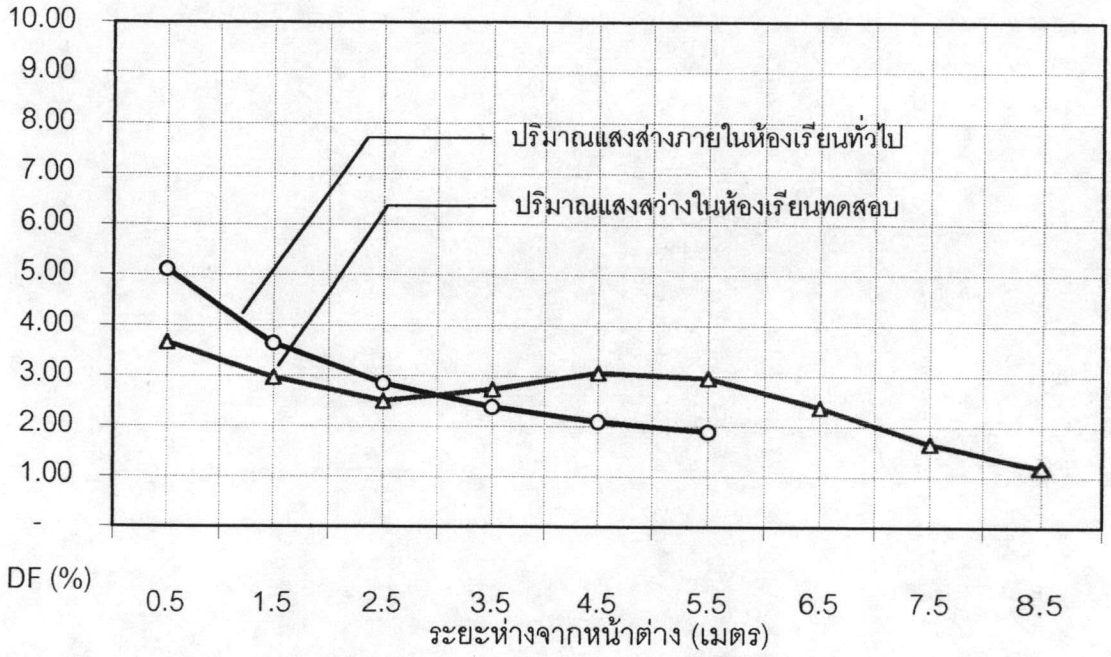
อธิบายขั้นตอนการประมาณปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ด้านแสงสว่าง

สำหรับการประมาณปริมาณพลังงานด้านแสงสว่างในกรณีศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำนายระดับแสงสว่างภายในอาคาร
ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร
ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์เป็นปริมาณพลังงานที่ต้องใช้

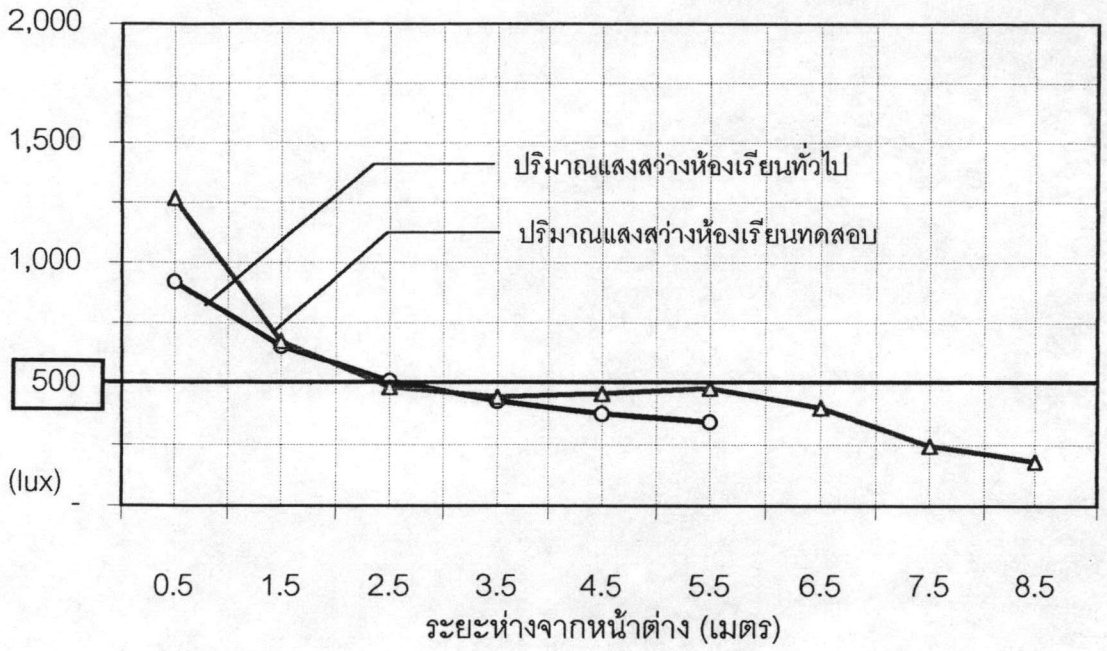
ขั้นตอนที่ 1 ทำนายระดับแสงสว่างภายในอาคาร

เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณีพบว่า ลักษณะของ daylight factor เป็นดังนี้

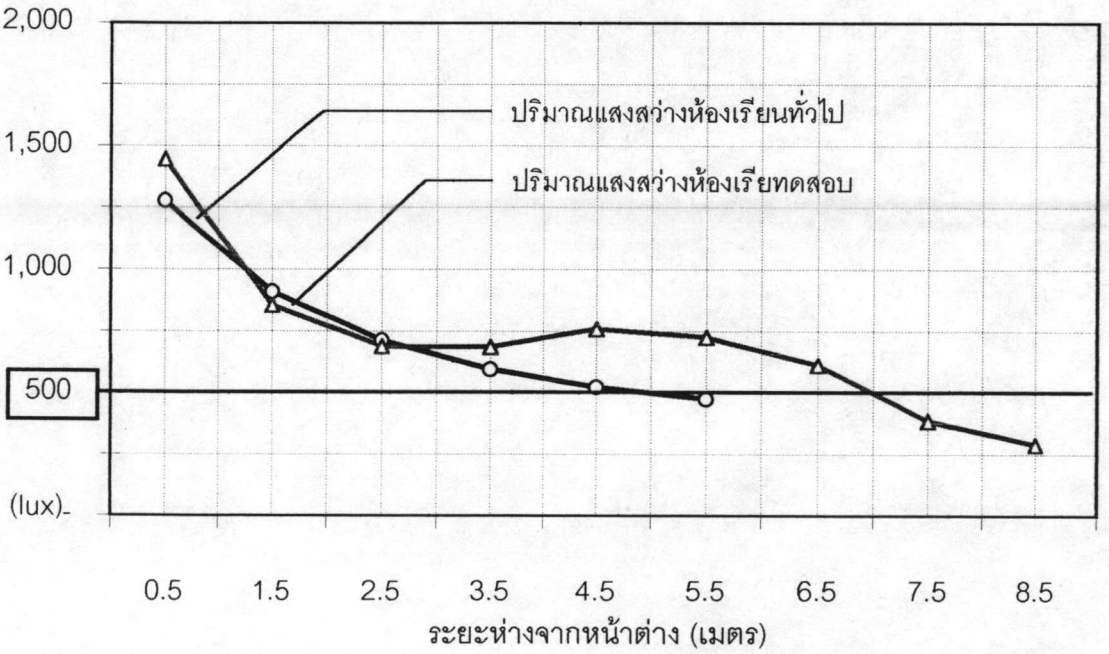


แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน โดยใช้วิธี Daylight factor

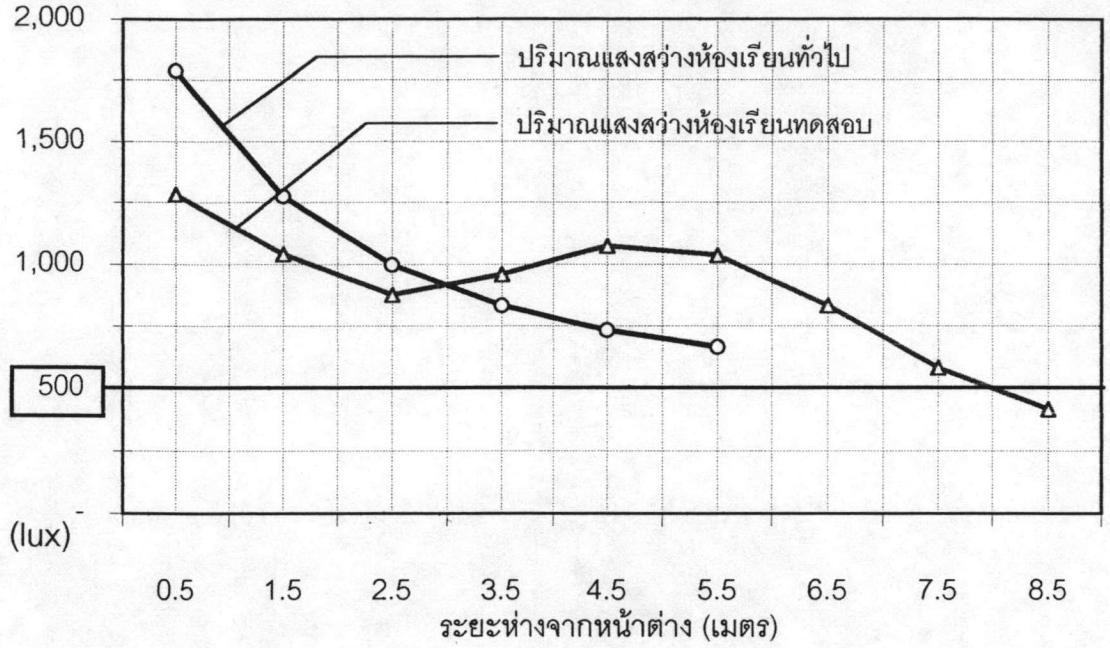
และเมื่อแทนค่าความส่องสว่างภายนอกในเวลาต่างๆ กัน จะได้ระดับของปริมาณความส่องสว่างภายในห้องตามเวลา 8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น.และ 16.00 น. จะได้เส้นระดับความส่องสว่างภายในดังนี้ โดยกำหนดให้ ระดับความส่องสว่างที่ต้องการสำหรับการใช้งานนี้เท่ากับ 500 ลักซ์ หรือ ประมาณ 50 ฟุตแคนดิล



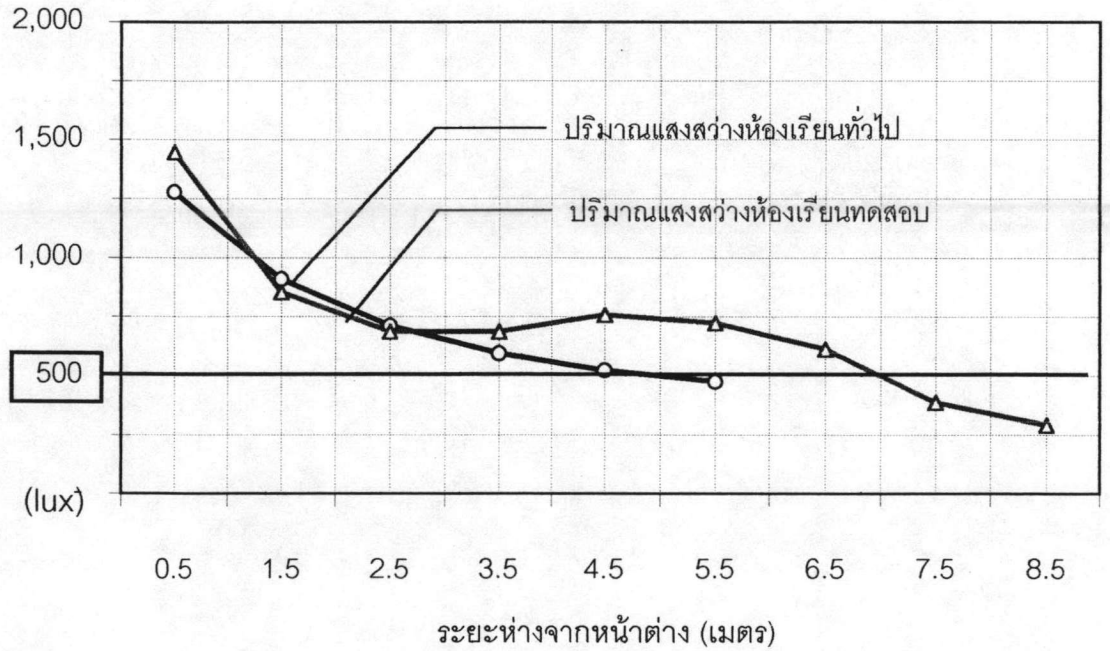
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 8.00 น.



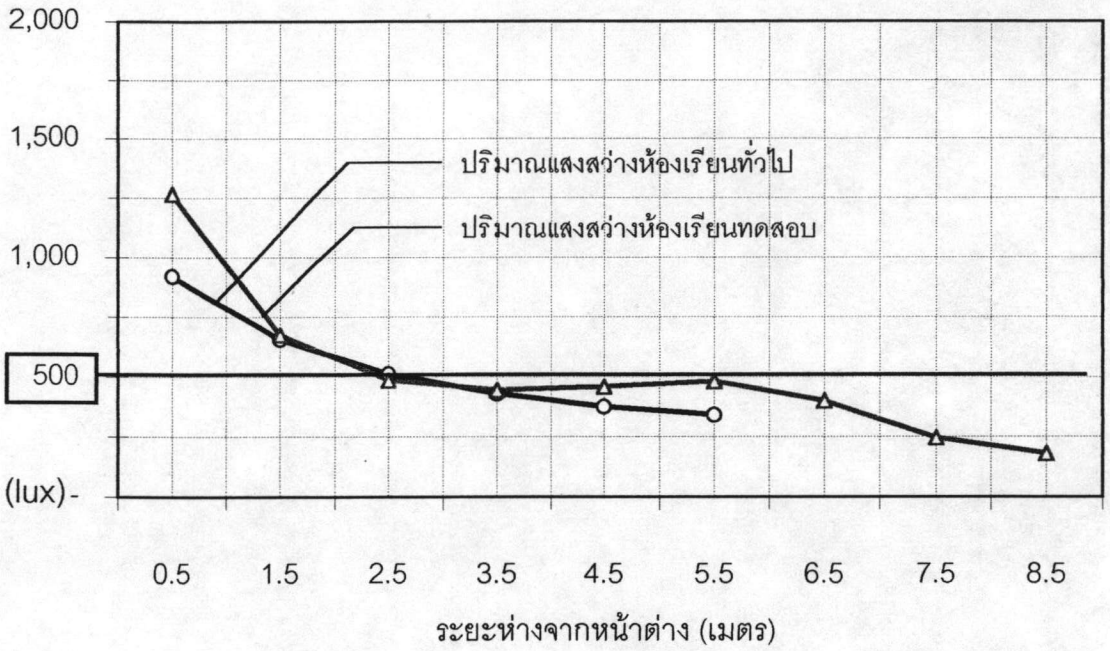
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 10.00 น.



แผนภูมิที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 12.00 น.



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 14.00 น.



แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 16.00 น.

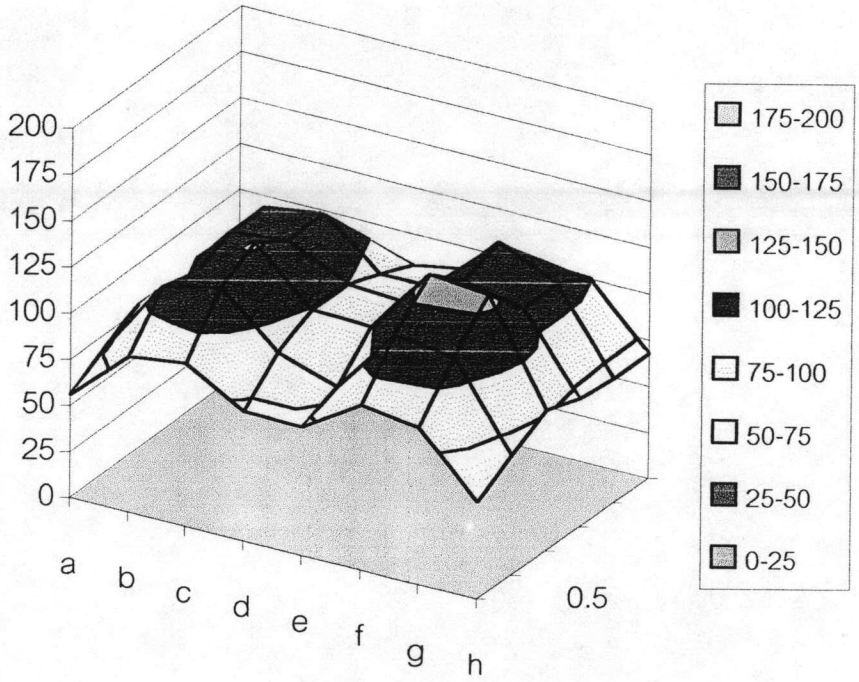
ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารกรณีศึกษา ใน ของเขตของการวิจัยได้กำหนด ประสิทธิภาพของหลอดไฟและบัลลาสต์ให้เท่ากัน ดังนี้

1. หลอดประสิทธิภาพสูง 3250 ลูเมน 36 วัตต์ มีค่า Life-Loss Factor เท่ากับ 90% ค่าการสะท้อนแสงของโคม เท่ากับ 95 %
2. บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์

อาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไป

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการสำรวจ สภาพเดิมของระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ พบว่าระดับความส่องสว่างภายในห้องมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 93.39 ลักซ์ และระดับความส่องสว่างเฉพาะบริเวณใช้งาน (task light) เท่ากับ 109.03 ลักซ์ ซึ่งไม่เพียงพอตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 500 ลักซ์ และสามารถแสดงให้เห็นดังนี้



แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ในสภาพเดิมของอาคารทั่วไป

ดังนั้นในอาคารกรณีที่ 1 จึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณหลอดไฟ เพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่างตามมาตรฐาน

การคำนวณหาปริมาณหลอดไฟที่ต้องเพิ่มจาก (Stein, Benjamin and Reynolds, John S., 1999)

$$E = \frac{L \times CU \times LLF}{A}$$

เมื่อ

E คือ lux ต่อ พื้นที่ใช้งาน

L คือ lamp lumens

CU คือ Coefficient of utilization

LLF คือ Life-Loss Factor

ลักษณะของระบบแสงสว่างเดิม

1. หลอดมาตรฐาน 2600 ลูเมน 36 วัตต์จำนวน 8 หลอด มีค่า Life-Loss Factor เท่ากับ 80% ค่าการสะท้อนแสงของโคม เท่ากับ 75 %
2. บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็ก 10 วัตต์
3. พื้นที่ใช้งานของห้องเท่ากับ 35 ตารางเมตร

หาค่า CU ของห้อง

109.03 = 8(2600*75%) x CU x (80%) / 35 ลักซ์

นั้นคือ

CU = 0.3

หาปริมาณหลอดไฟเมื่อมีการปรับปรุงมาใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพเท่ากัน และมีระดับความส่องสว่าง ตามมาตรฐานคือ 500 ลักซ์ ได้ดังนี้

500 = จำนวนหลอด (3250*95%) x 0.3 x (90%) / 35 ลักซ์

นั้นคือ

จำนวนหลอด = 20 หลอด

อาคารกรณีศึกษาที่ 2 อาคารเรียนทดสอบ

สำหรับอาคารทดสอบ เนื่องจากเป็นการออกแบบระบบแสงประดิษฐ์เพื่อประสิทธิภาพโดยตรง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จะเป็นการแสดงผลของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

ลักษณะของระบบแสงสว่างที่ออกแบบสำหรับอาคารทดสอบ

1. หลอดมาตรฐาน 3250 ลูเมน 36 วัตต์ มีค่า Life-Loss Factor เท่ากับ 90% ค่าการสะท้อนแสงของโคม เท่ากับ 95 %
2. บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์
3. พื้นที่ใช้งานของห้องเท่ากับ 36.4 ตารางเมตร

จาก

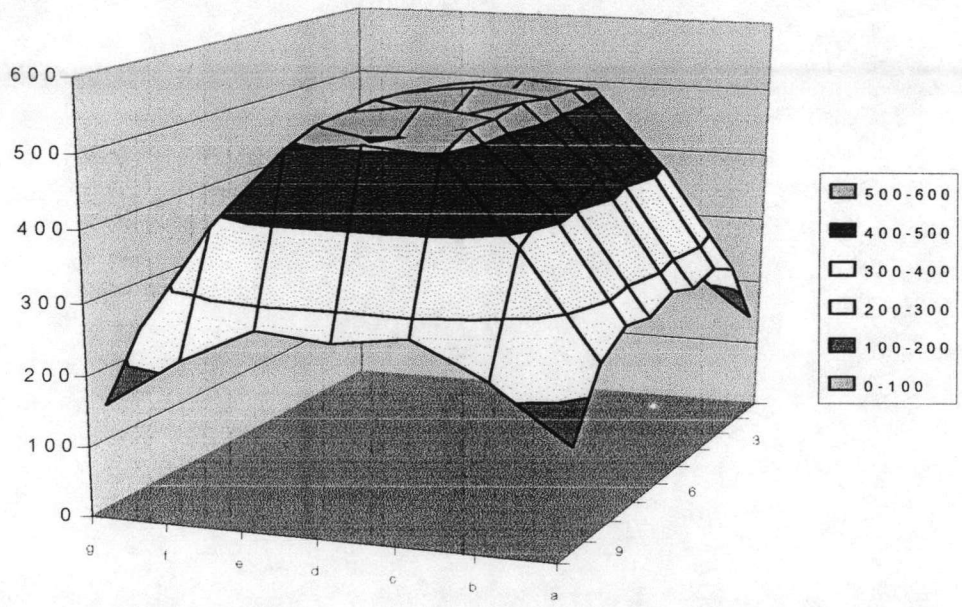
$$E = \frac{L \times CU \times LLF}{A}$$

500 = จำนวนหลอด(3250 x 95%) x (0.73) x (90%) / 36 ลักซ์

นั้นคือ

จำนวนหลอด = 10 หลอด

ซึ่งสามารถแสดงเป็นระดับความส่องสว่างได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ของอาคารทดสอบ

จากการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถสรุปเป็นปริมาณพลังงานการส่องสว่างต่อ หน่วยพื้นที่ ได้ดังนี้

1. กรณีอาคารเรียนทั่วไป จากการคำนวณเพื่อให้ได้ระดับการส่องสว่างเท่ากับ 500 ลักซ์ จะต้องใช้ปริมาณหลอดไฟทั้งหมด 20 หลอด หรือคิดเป็นปริมาณพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ได้เท่ากับ 17.5 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
2. กรณีอาคารเรียนทั่วไป จะต้องใช้ปริมาณหลอดไฟทั้งหมด 10 หลอด หรือคิดเป็นปริมาณพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ได้เท่ากับ 9.06 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์เป็นปริมาณพลังงานที่ต้องใช้

จากการวิเคราะห์ร่วมกันทั้งในขั้นตอนที่ 1 และที่ 2 นั้นคือ ในช่วงเวลาการใช้งานที่กำหนดไว้ คือ 8.00 – 16.00 หาปริมาณแสงธรรมชาติไม่เพียงพอ จึงจะมีการเปิดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์เสริม ซึ่งเมื่อวิเคราะห์รวมกับข้อมูลระดับการส่องสว่างภายนอกตลอดปี สามารถสรุปเป็นจำนวนหลอดไฟทั้งหมดแและปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จะต้องใช้ตลอดเวลา 1 ปี ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.24 แสดงปริมาณหลอดไฟที่ต้องใช้และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ของอาคารเรียนทั่วไป ตลอดเวลา 1 ปี

เวลา	จำนวนหลอดที่ต้องเปิด (หลอด)	ปริมาณพลังงาน (วัตต์ชั่วโมง ต่อ ปี)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร ต่อ ปี)
8.00	7,300	306600	6,387.50
9.00	7,300	306600	6,387.50
10.00	3,650	153300	3,193.75
11.00	0	0	0.00
12.00	0	0	0.00
13.00	0	0	0.00
14.00	0	0	0.00
15.00	3,650	153300	3,193.75
16.00	7,300	306600	6,387.50
รวม	29,200	1,226,400	25,550.00

สรุปเป็นปริมาณพลังงานด้านแสงสว่างทั้งหมดที่อาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารเรียนทั่วไปใช้ทั้งหมด เท่ากับ 25,550.00 วัตต์ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อปี

ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณหลอดไฟที่ต้องใช้และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ของอาคารเรียนทดสอบ ตลอดเวลา 1 ปี

เวลา	จำนวนหลอดที่ต้องเปิด (หลอด)	ปริมาณพลังงาน (วัตต์ชั่วโมง ต่อ ปี)	ปริมาณพลังงานต่อพื้นที่ (วัตต์ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร ต่อ ปี)
8.00	3590	150780	2,185.22
9.00	2122	89124	1,291.65
10.00	62	2604	37.74
11.00	0	0	0.00
12.00	0	0	0.00
13.00	0	0	0.00
14.00	0	0	0.00
15.00	124	5208	75.48
16.00	1582	66444	962.96
รวม	7480	314160	4,553.04

สรุปเป็นปริมาณพลังงานด้านแสงสว่างทั้งหมดที่อาคารกรณีศึกษาที่ อาคารเรียนทดสอบใช้ทั้งหมด เท่ากับ 4,553.04 วัตต์ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อปี

สรุปปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ทั้งหมดต่อปี

จากการทำนายการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษา สามารถสรุปเป็นปริมารพลังงานที่อาคารต้องใช้ เพื่อสร้างสภาพภายในอาคารให้สบายตามความต้องการได้ โดยสามารถแบ่งได้ตามเงื่อนไขของระดับสบายที่ต้องการ ได้ดังนี้

1. ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)
2. ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)
3. ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)
4. ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)

ตารางที่ 4.26 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)

ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C)	พลังงาน (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี)		
	พลังงานด้านความร้อน-หนาว	พลังงานด้านแสงสว่าง	รวม
อาคารเรียนทั่วไป			
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	549,762.31	25,550.00	575,312.31
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	512,846.60	25,550.00	538,396.60
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	627,268.15	25,550.00	652,818.15
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	563,292.35	25,550.00	588,842.35
อาคารเรียนทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	13,491.12	4,553.04	18,044.16
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	165,723.74	4,553.04	170,276.78
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	89,607.43	4,553.04	94,160.47
อาคารเรียนทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	16,315.80	4,553.04	20,868.84
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	303,011.00	4,553.04	307,564.04
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	159,663.00	4,553.04	164,216.04

ตารางที่ 4.27 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)

ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)	พลังงาน (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี)		
	พลังงานด้านความร้อน-หนาว	พลังงานด้านแสงสว่าง	รวม
อาคารเรียนทั่วไป			
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	713,259.68	25,550.00	738,809.68
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	635,351.10	25,550.00	660,901.10
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	768,865.62	25,550.00	794,415.62
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	705,825.47	25,550.00	731,375.47
อาคารเรียนทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	16,562.40	4,553.04	21,115.44
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	396,528.94	4,553.04	401,081.98
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	206,545.67	4,553.04	211,098.71
อาคารเรียนทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	19,695.50	4,553.04	24,248.54
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	433,942.00	4,553.04	438,495.04
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	226,819.00	4,553.04	231,372.04

ตารางที่ 4.28 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)

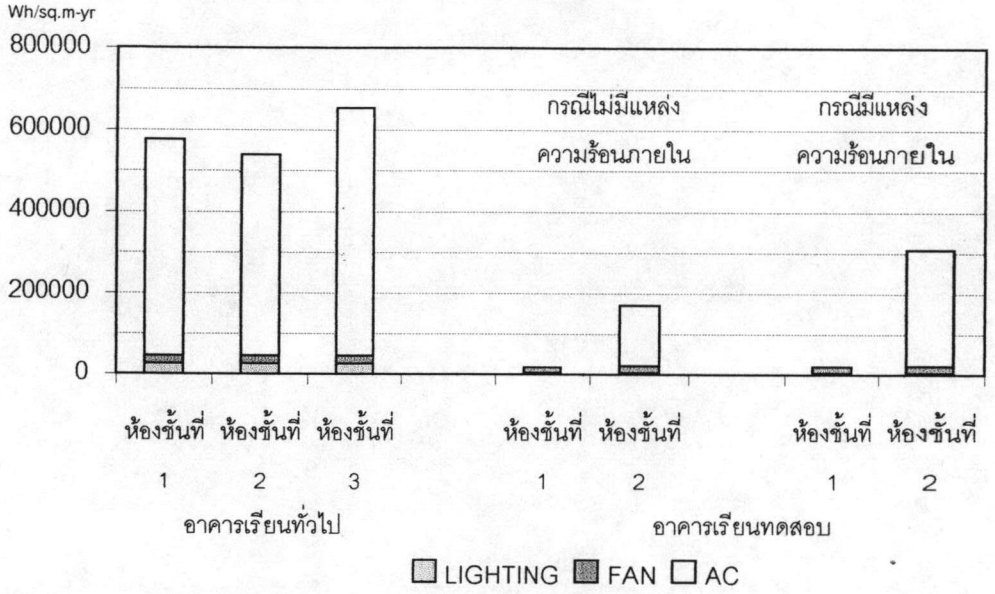
ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)	พลังงาน (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี)		
	พลังงานด้านความร้อน-หนาว	พลังงานด้านแสงสว่าง	รวม
อาคารเรียนทั่วไป			
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	146,205.25	25,550.00	171,755.25
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	328,389.60	25,550.00	353,939.60
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	432,150.99	25,550.00	457,700.99
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	302,248.61	25,550.00	327,798.61
อาคารเรียนทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	2,867.60	4,553.04	7,420.64
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	28,958.38	4,553.04	33,511.42
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	15,912.99	4,553.04	20,466.03
อาคารเรียนทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	12,751.40	4,553.04	17,304.44
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	100,089.00	4,553.04	104,642.04
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	56,420.20	4,553.04	60,973.24

ตารางที่ 4.29 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)

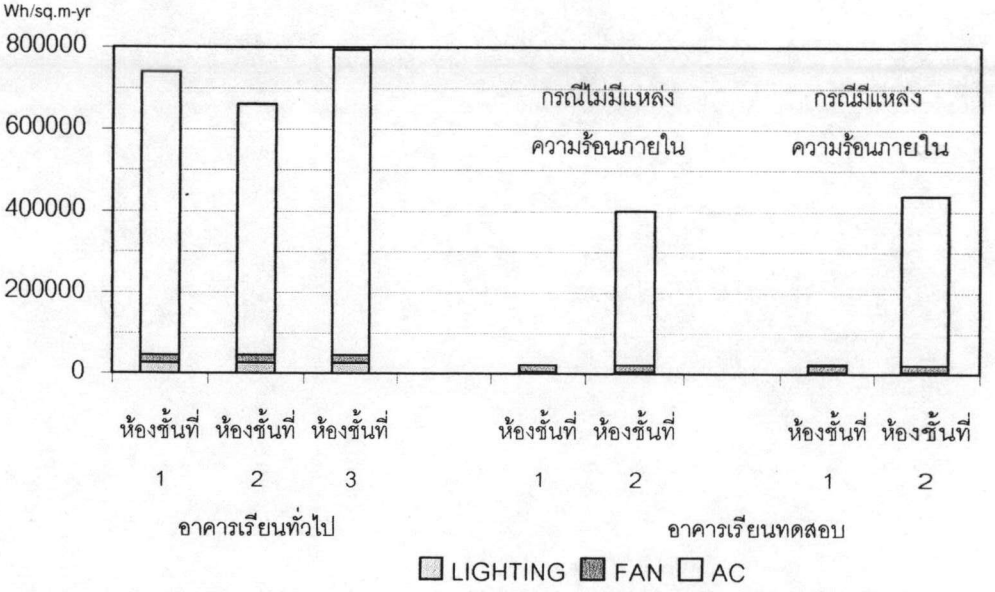
ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)	พลังงาน (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี)		
	พลังงานด้านความร้อน-หนาว	พลังงานด้านแสงสว่าง	รวม
อาคารเรียนทั่วไป			
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	325.00	25,550.00	25,875.00
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	13,170.05	25,550.00	38,720.05
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	22,017.56	25,550.00	47,567.56
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	12,017.56	25,550.00	37,567.56
อาคารเรียนทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	4,553.04	4,553.04
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	32.16	4,553.04	4,585.20
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	16.08	4,553.04	4,569.12
อาคารเรียนทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน			
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	0.00	4,553.04	4,553.04
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	498.48	4,553.04	5,051.52
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	249.24	4,553.04	4,802.28

ทั้งหมดสามารถสรุปเป็นแผนภูมิที่แสดงให้เห็นปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในแต่ละส่วนของอาคาร ตามระดับความสบายต่างๆ โดยส่วนต่างๆของพลังงาน ประกอบด้วย

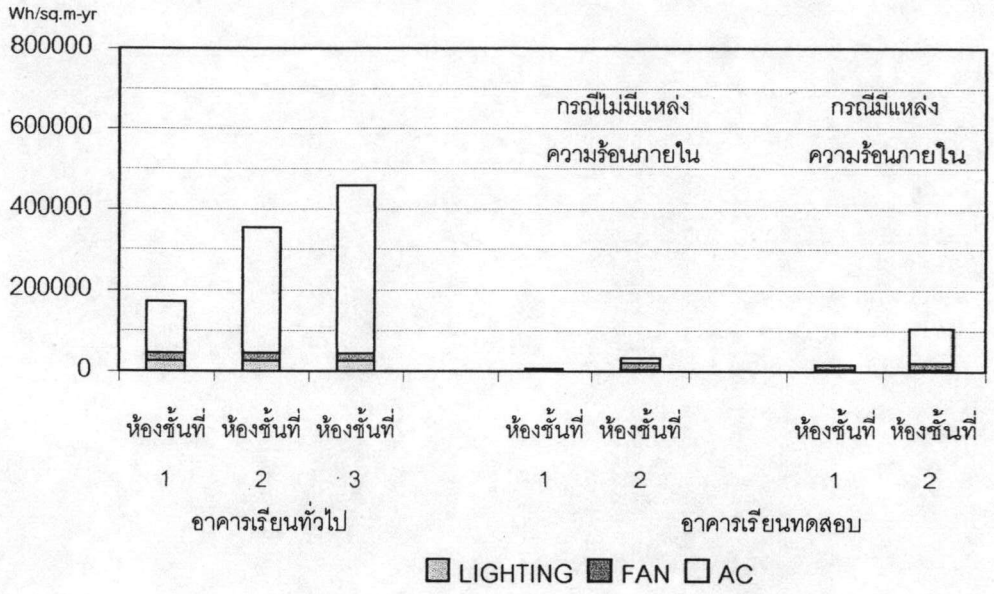
1. พลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง (LIGHT)
2. พลังงานที่ใช้ในส่วนพัดลม (FAN)
3. พลังงานที่ใช้ในส่วนระบบปรับอากาศ (AC)



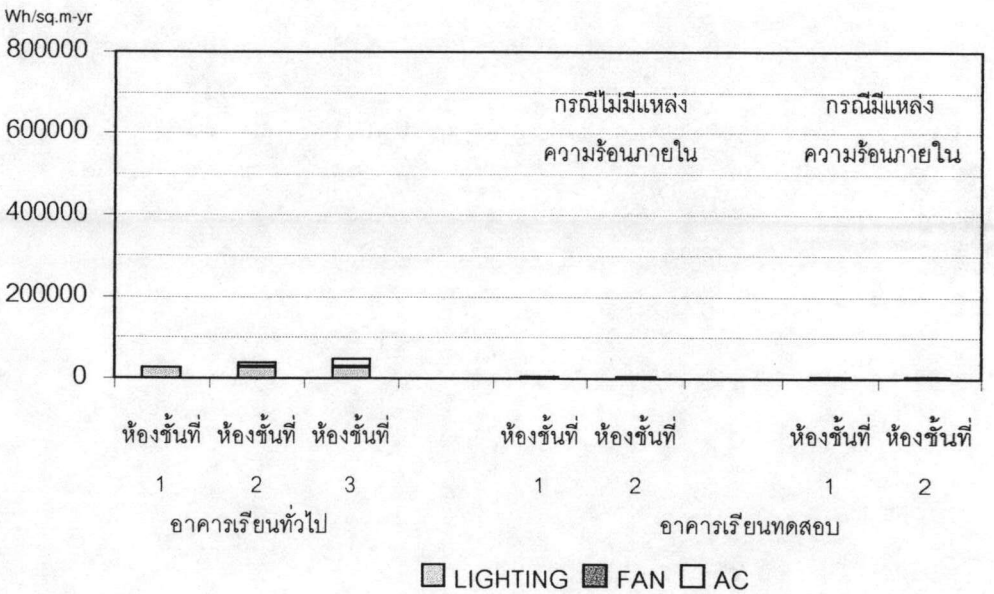
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายมาตรฐาน(21-27 C)



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C)



แผนภูมิที่ 4.34 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C)



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C)

4.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลกับการใช้พลังงานในอาคาร

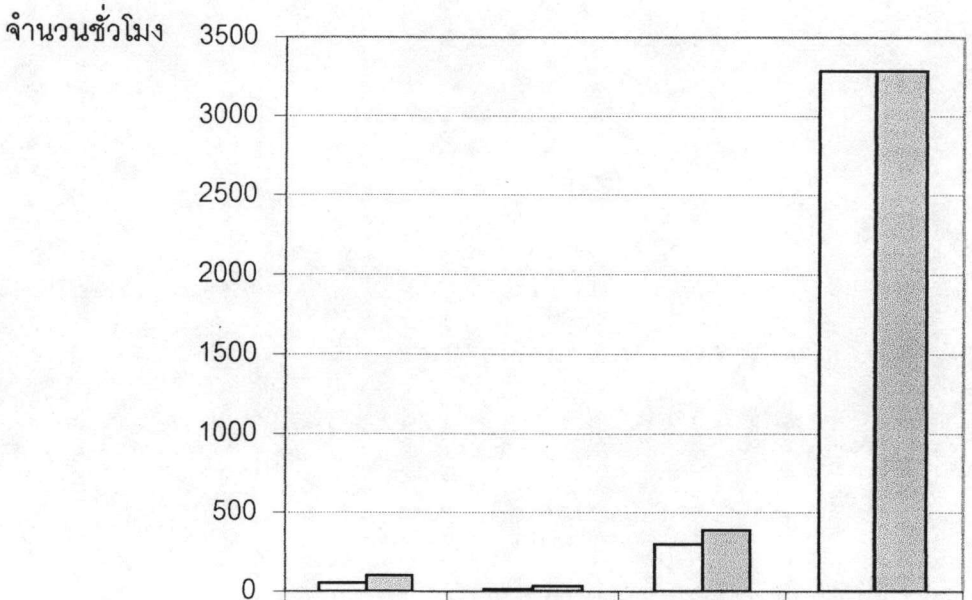
เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร จากผลการทำนายปริมาณพลังงานในเงื่อนไขต่างๆ โดยแบ่งตามกลุ่มของตัวแปรต้นดังนี้

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายนอกอาคาร
2. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในอาคารและระบบอาคาร
3. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระดับขอบเขตสบาย

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายนอกอาคาร

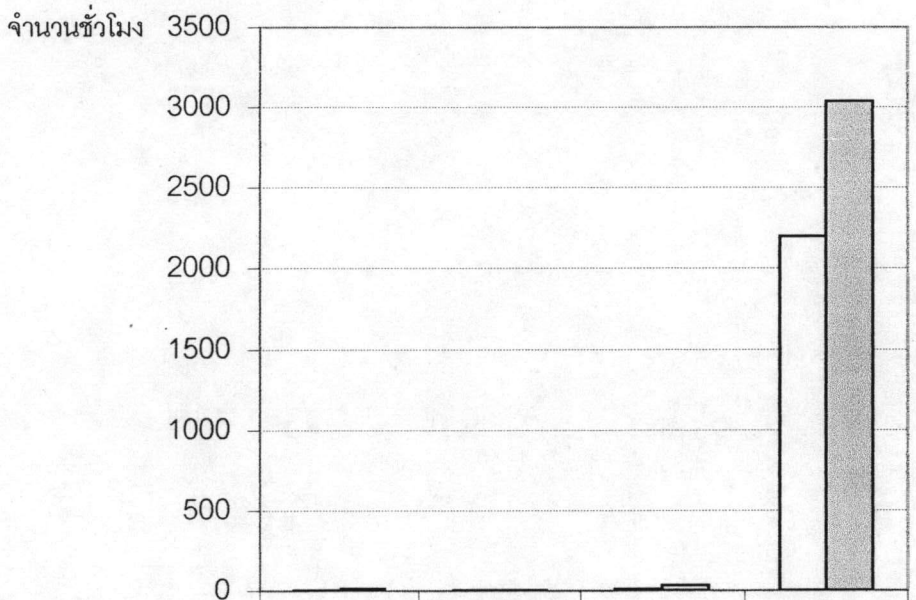
พลังงานด้านความร้อน-หนาว

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากอาคารเรียนทดสอบในกรณีที่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร ระหว่างอาคารที่ไม่มีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอก กับอาคารที่มีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกพบว่าจำนวนของชั่วโมงที่ปรับให้เข้าสู่ขอบเขตสบายมีมากขึ้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ
☐ ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อม	53	15	300	3285
☐ มีการปรับปสภาแวดล้อม	102	35	388	3285

แผนภูมิที่ 4.36 การเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และทีไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม



	ระดับสบายมาตรฐาน (21-27C)	ระดับสบายแบบควบคุม (24-26C)	ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28C)	ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ
ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อม	3	2	10	2199
มีการปรับปสภาแวดล้อม	12	4	34	3036

แผนภูมิที่ 4.37 การเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และทีไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

จากข้อมูลจำนวนชั่วโมงข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารมีผลทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายของอาคารที่จำนวนชั่วโมงเพิ่มขึ้นดังนี้

ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารทดสอบมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอก

ระดับความสบาย	ห้องชั้นที่ 1		ห้องชั้นที่ 2	
	จำนวนชั่วโมง	(%)	จำนวนชั่วโมง	(%)
ระดับสบายมาตรฐาน (21-27C)	49	(1.49%)	9	(0.27%)
ระดับสบายแบบควบคุม (24-26C)	20	(0.61%)	2	(0.06%)
ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)	88	(2.68%)	24	(0.73%)
ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32C)	0	(0.00%)	837	(25.48%)

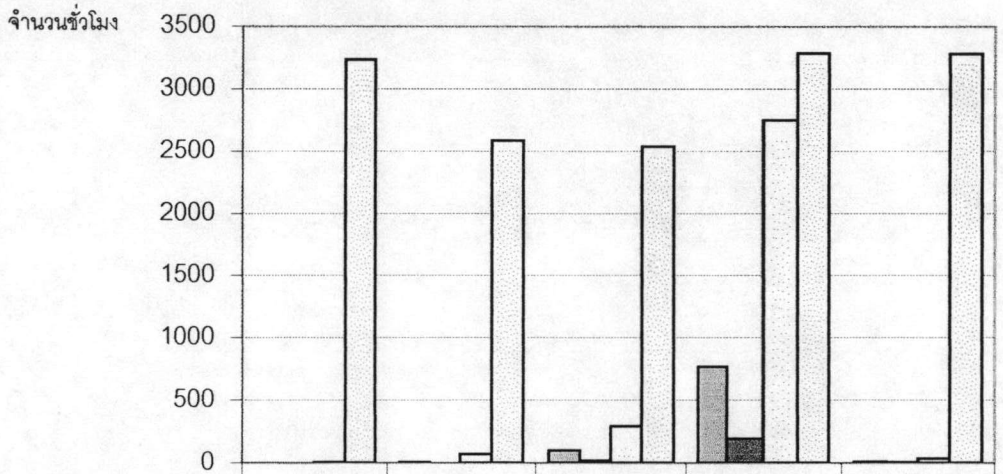
นั้นคือหากอาคารมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากขึ้น จะส่งผลให้จำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พลังงานลดลง และหากสามารถปรับให้ลดความรุนแรงได้ดี เมื่อใช้เครื่องกลที่ใช้พลังงานน้อย (ในที่นี้คือพัดลม) ก็สามารถปรับอาคารให้เข้าสู่ขอบเขตสบายได้

2. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในอาคารและระบบอาคาร

ด้านความร้อน-หนาว

2.1 จากเทคนิคการออกแบบอาคารที่ใช้ระบบธรรมชาติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณีพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาคารทั่วไป กับอาคารทดสอบที่มีการออกแบบเพื่อประสิทธิภาพด้านพลังงาน ในกรณีที่ไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร จะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตบายในระดับต่างๆ แตกต่างกันดังนี้



	ห้องชั้นที่ 1 อาคารทั่วไป	ห้องชั้นที่ 2 อาคารทั่วไป	ห้องชั้นที่ 3 อาคารทั่วไป	ห้องชั้นที่ 1 อาคารทดสอบ	ห้องชั้นที่ 2 อาคารทดสอบ
ระดับสบายมาตรฐาน(21-27C)	2	6	98	768	10
ระดับสบายแบบควบคุม(24-26C)	2	2	16	195	3
ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม(22-28C)	4	68	294	2750	35
ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32C)	3233	2584	2537	3285	3279

แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารทั่วไป กับอาคารทดสอบ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างห้องที่อยู่ชั้นล่าง และที่อยู่ชั้นบน โดยใช้ห้องชั้น 1 ของอาคารเรียนทั่วไปกับห้องชั้น 1 ของอาคารเรียนทดสอบเป็นตัวแทนของห้องชั้นล่าง และใช้ห้องชั้น 3 ของอาคารเรียนทั่วไปกับห้องชั้น 2 ของอาคารเรียนทดสอบเป็นตัวแทนของห้องชั้นบน ผลที่ได้จากการวิจัยเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับสบายมาตรฐาน และระดับสบายระบบธรรมชาติที่มีขอบเขตกว้างที่สุดแล้ว

พบว่า ในส่วนของห้องข้างบนเมื่อใช้ระดับความสบายมาตรฐาน อาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายน้อยกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 2.67% และเมื่อใช้ระดับสบายระบบธรรมชาติ อาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 22.58% โดยเฉลี่ยอาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 2.91%

ส่วนห้องชั้นล่าง เมื่อใช้ระดับความสบายมาตรฐาน อาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 23% และเมื่อใช้ระดับสบายระบบธรรมชาติ อาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 1.58% โดยเฉลี่ยอาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 28.51%

เฉลี่ยรวมอาคารทั้ง 2 ชั้น อาคารเรียนทดสอบจะมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 15.71%

2.2 **จากการออกแบบและเลือกวัสดุอาคารและระบบอาคาร**

ในด้านระบบอาคารที่ใช้ เปรียบเทียบระหว่างกำลังที่ระบบอาคารนั้นต้องใช้ กับความสามารถที่ระบบอาคารนั้นสามารถทำให้สภาพภายในอาคารอยู่ในเขตสบายที่ต้องการ

จากการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ระบบอาคารที่สร้างความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะให้กับอาคาร โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ระบบพัดลม และระบบปรับอากาศ ซึ่งจะพบว่าระบบพัดลมนั้นจะใช้กำลังไฟฟ้าที่น้อยกว่า ระบบปรับอากาศ โดยที่ในการวิจัยครั้งนี้ระบบปรับอากาศจะมีค่ากำลังไฟฟ้าขึ้นกับภาระการทำความเย็นของห้อง ซึ่งสามาเปรียบเทียบให้เห็นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของระบบอาคารด้านความรู้สึกร้อน-หนาว

	พัดลม (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร)	ภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร)
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	6.25	214.87
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	6.25	216.80
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	6.25	288.53
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	5.36	135.65
อาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	5.36	140.71

และจากการคำนวณพบว่าถึงแม้พัดลมจะมีกำลังไฟฟ้าที่น้อยกว่าระบบปรับอากาศ แต่พัดลมก็มีข้อจำกัดในการสร้างความรู้สึกเย็นลง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

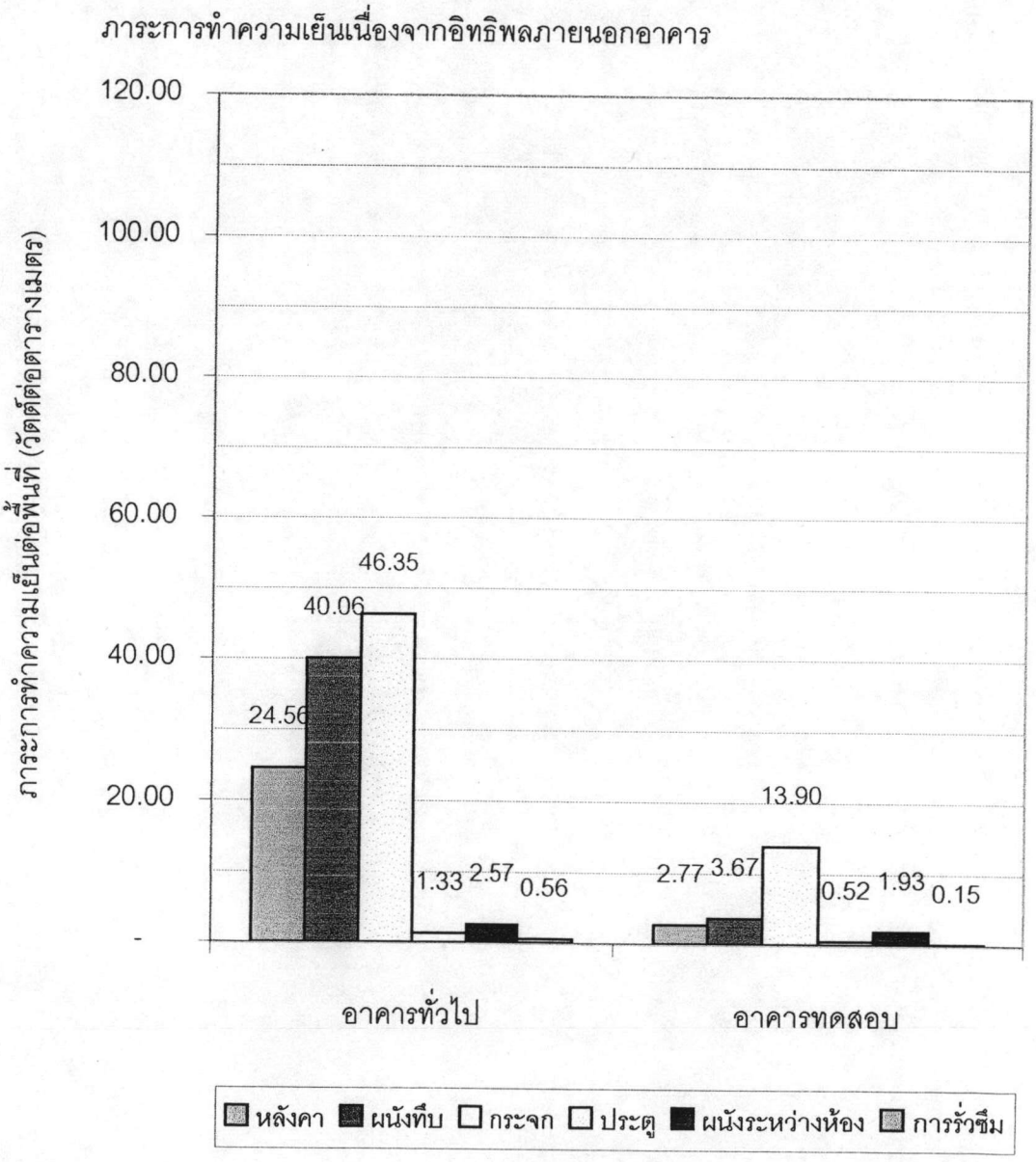
จาก ความรู้สึกเย็นลง (C) $= 0.381V + 0.016RH$

(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

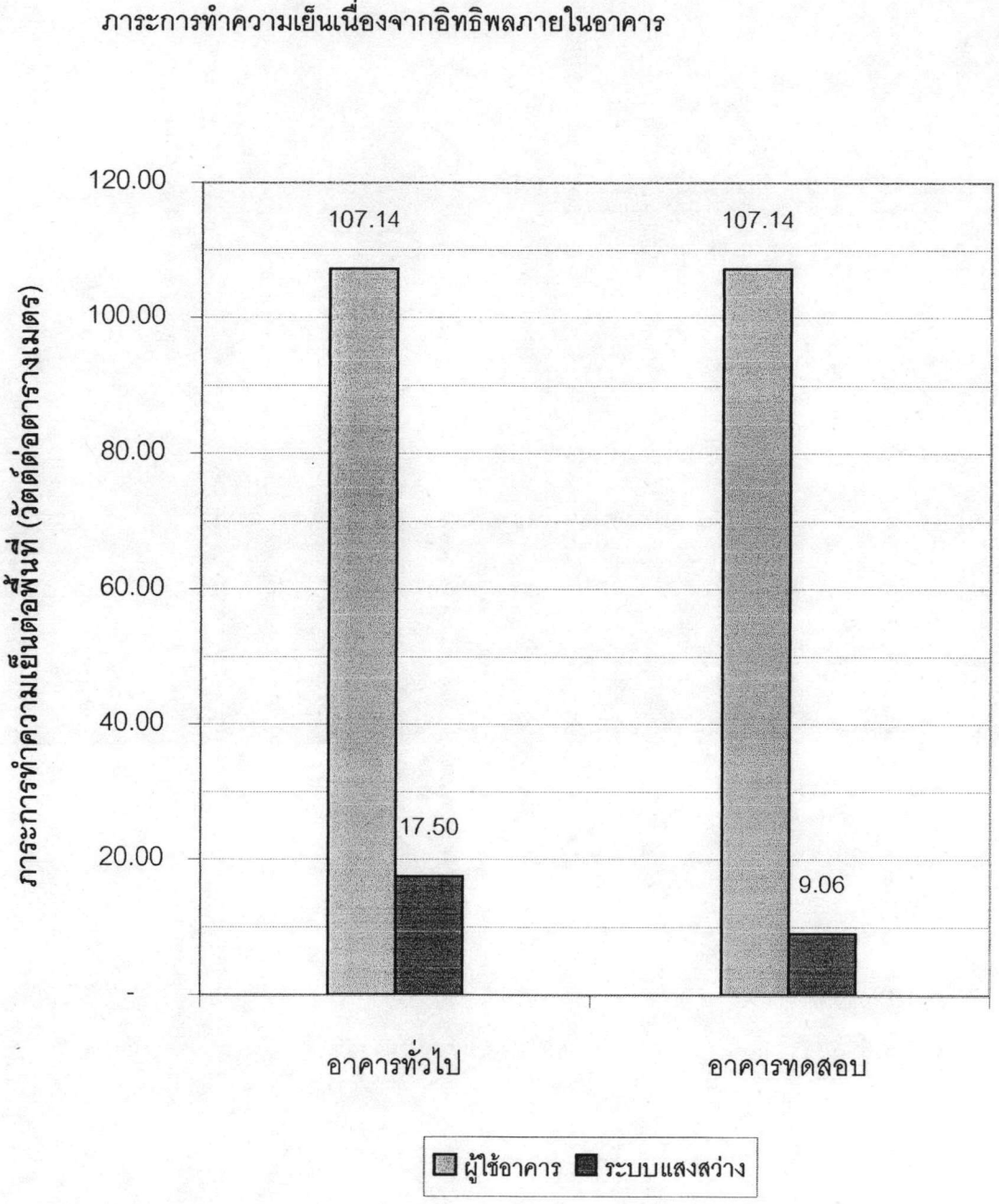
หากกำหนดระดับความเร็วลมที่ 5.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 300 ฟุตต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วลมสูงสุดที่ไม่รบกวนการทำงานของผู้ใช้อาคาร และกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 80% วึ่งเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์สุงสุดที่ระดับความสบายแบบระบบธรรมชาติยอมรับได้ เมื่อแทนค่าในสมการจะพบว่าด้วยสถานการณ์นี้จะทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงเท่ากับ 3.36 องศา

เซลเซียส ซึ่งเมื่อแทนค่าความเร็วลมดังกล่าวแล้วจะพบว่า ในระดับความสบายบางระดับพัดลมไม่สามารถที่จะประให้รู้สึกร้อน-หนาวที่เหมาะสมได้ จึงต้องใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาช่วย

เมื่อพิจารณาระบบปรับอากาศจะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่พิจารณาในการวิจัยนี้ขึ้นอยู่กับภาระการทำความเย็น ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของอาคารทั้งสองอาคารจะพบว่า มีความแตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่าเป็นดังนี้



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงปริมาณภาระการทำวามเย็นของอาคาร เนื่องมาจากแหล่งความร้อนภายนอก



แผนภูมิที่ 4.40 แสดงปริมาณภาระการทำวามเย็นของอาคาร เนื่องมาจากแหล่งความร้อนภายใน

พลังงานด้านแสงสว่าง

2.3 **จากเทคนิคการออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสม**

เมื่อเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงสว่างจาก การวิเคราะห์แสงสว่างด้วยวิธี daylight factor จากแผนภูมิที่ 4.24 ถึง 4.29 ในอาคารเรียนทดสอบจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าอาคารเรียนทั่วไป ทำให้มีพื้นที่ที่ต้องเปิดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในอาคารเรียนทดลอบน้อยกว่าอาคารเรียนทั่วไป

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ช่องเปิด ขนาดพื้นที่ช่องเปิดของอาคารเรียนทั่วไปมีขนาดใหญ่กว่าอาคารเรียนทดสอบ ทั้งๆที่สามารถทำให้ระดับการส่องสว่างภายในได้ใกล้เคียงกับ โดย

- อาคารเรียนทั่วไปมีพื้นที่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 33%
- อาคารเรียนทดสอบมีพื้นที่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานเท่ากับ11%

ซึ่งการที่อาคารเรียนทั่วไปต้องมีขนาดช่องเปิดที่ใหญ่เพื่อที่จะให้ได้ระดับแสงสว่างที่เท่ากับอาคารเรียนทดสอบแล้ว ยังส่งผลต่อพลังงานด้านความร้อน-หนาว เพราะช่องเปิดที่กว้างนี้จะทำให้มีปริมาณความร้อนเข้ามาสู่อาคารมากกว่า

2.4 **การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม**

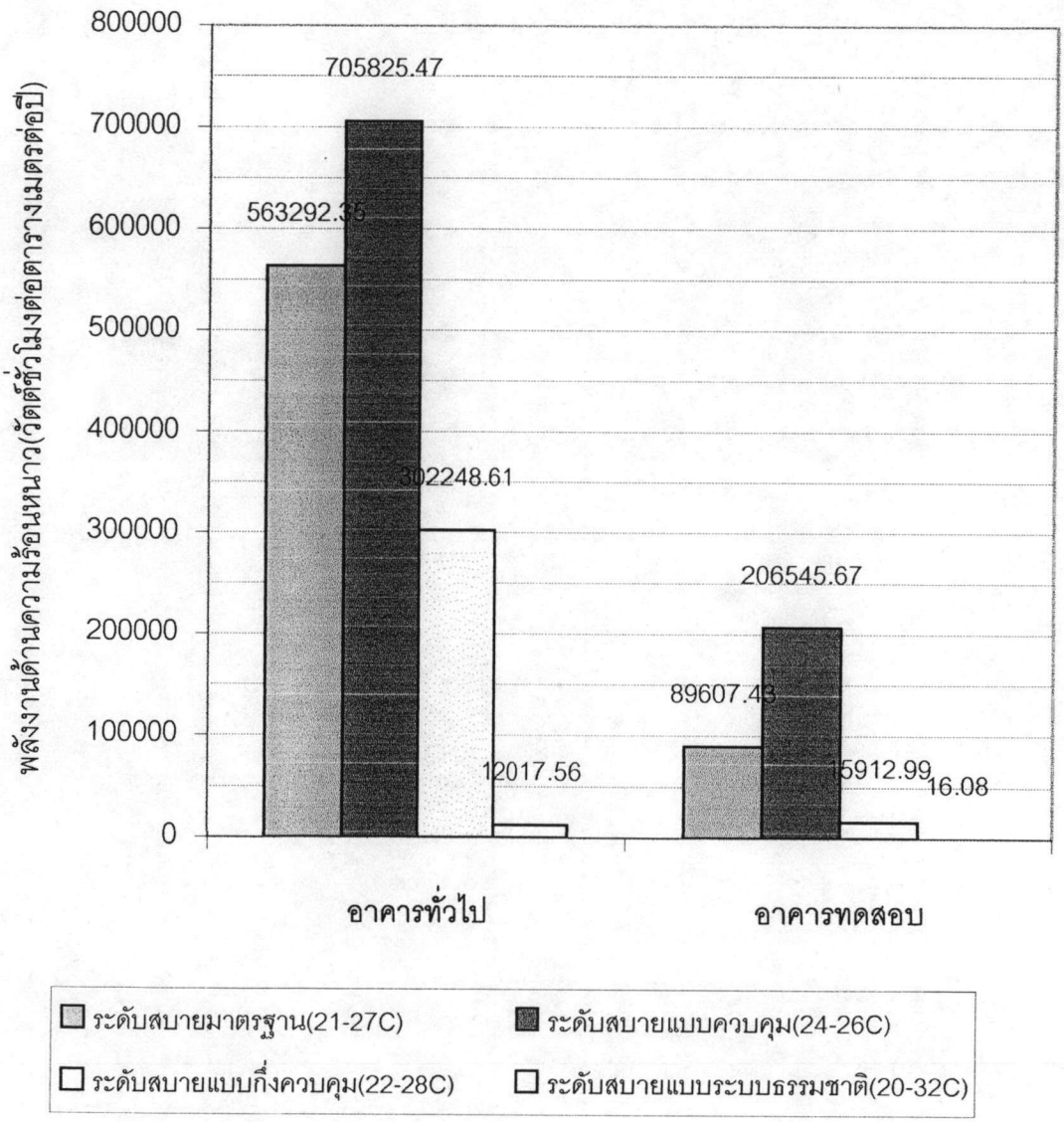
เปรียบเทียบระบบแสงประดิษฐ์ จากการคำนวนพบว่าเมื่อใช้ระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพที่เท่ากันแล้ว แต่ด้วยการออกแบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม กล่าวคือการออกแบบที่สามรถควบคุมทิศทางของการกระจายแสงได้ตามพื้นที่ที่ต้องการ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของห้องร่วมกัน จึงทำให้ปริมาณหลอดไฟในห้องอาคารเรียนทั่วไปมีจำนวนมากกว่า ซึ่งทำให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยมีมากกว่า เมื่อมีการเปิดไฟจึงทำให้อาคารเรียนทั่วไปใช้พลังงานมากกว่า อาคารเรียนทดสอบ

นั้นคือกำลังไฟฟ้าของห้องเรียนทั่วไปที่คำนวณได้จาการวิจัยนี้เท่ากับ 17.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนกำลังไฟฟ้าของห้องเรียนทดสอบที่คำนวณได้จาการวิจัยนี้เท่ากับ 9.06 วัตต์ต่อตารางเมตร

3. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระดับขอบเขตสบาย

พลังงานด้านความร้อน-หนาว

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารที่ระดับความสบายที่แตกต่างกันจะมีการใช้พลังงานแตกต่างกัน ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ด้านความรู้สึกร้อน-หนาว ในระดับความสบายต่างๆ

4.3 การสร้างดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ของตัวแปร มาวิเคราะห์สร้างเป็นแบบประเมิน และการให้คะแนนประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน ประกอบด้วย

1. คะแนนที่ให้กับอาคาร
2. ปริมาณพลังงานที่อาคารนั้นใช้
3. ระดับความสบายที่อาคารต้องการ

1. คะแนนที่ให้กับอาคาร

การให้คะแนน

- ใช้การเปรียบเทียบหาค่าคะแนน สูงสุด และต่ำสุด
- กำหนดการให้คะแนนในการวิจัยครั้งนี้ คือ คะแนน 0 – 100 คะแนน โดยที่คะแนนฐาน พิจารณาดังนี้

คะแนน 0 คะแนน

ในการวิจัยนี้หมายถึง พลังงานด้านความร้อนหนาวเทียบเท่าภาระในการทำความเย็น 20 ตารางเมตร ต่อ ตันความเย็น และ พลังงานด้านแสงสว่าง เทียบเท่า 25 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าภาระการทำวามเย็นเฉลี่ยของอาคารประเภทสำนักงานทั่วไป

นั้นหมายถึงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ตลอด 1 ปี โดยเวลาในการใช้งานอาคาร 8:00 – 16:00 น.(9ชั่วโมง)

จาก

$$E = P \times time$$

ส่วนที่ 1 พลังงานด้านความร้อน-หนาว

นั้นคือกำลังของเครื่องปรับอาคารขนาด 20 ตารางเมตร ต่อ ตันความเย็น[1] หมายถึงพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะต้องใช้กำลังเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 600 บีทียู ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร หรือเท่ากับ 175.85 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากจำนวนชั่วโมงในการใช้งานเท่ากับ 9x 365 = 3285 ชั่วโมง

ดังนั้นพลังงานทั้งหมด = 3285 x 175.85 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

= 577,667.25 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

ส่วนที่ 2 พลังงานด้านแสงสว่าง

นั้นคือ กำลังระบบไฟฟ้าแสงสว่างเท่ากับ 25 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร เมตร และจากจำนวนชั่วโมงในการใช้งานเท่ากับ 9x 365 = 3285 ชั่วโมง

ดังนั้นพลังงานทั้งหมด = 3285 x 25 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

= 82,125 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

นั้นคือรวมทั้งหมด = 577,667.25 + 85,125.00 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

= 662,792.25 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

คะแนน 100 คะแนน

ในการวิจัยนี้หมายถึง คะแนนที่อาคารไม่ใช้พลังงาน นั้นคือเป็นอาคารที่ใช้พลังงานเท่ากับศูนย์ (zero energy) และสามารถสร้างเขตสบายได้ตลอดเวลาการใช้งาน

---

[1] ตันความเย็น หมายถึง ภาระการทำความเย็นเท่ากับ 12,000 บีทียู

2. ปริมาณพลังงานที่อาคารนั้นใช้

จากเกณฑ์การให้คะแนนที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว นำมาพิจารณากับปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ ในระดับความสบายมาตรฐาน (21-27C) ซึ่งสามารถแสดงการให้คะแนนได้ดังนี้

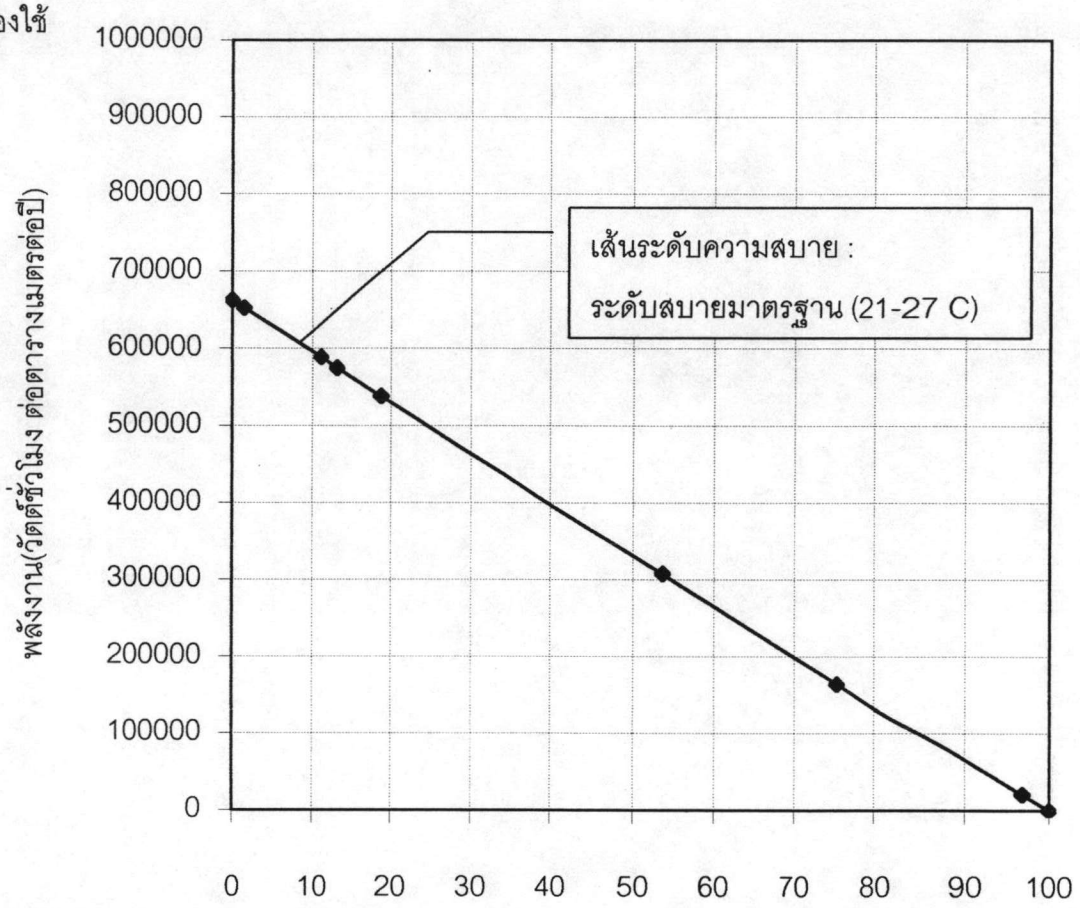
ตารางที่ 4.32 แสดงการให้คะแนนกับปริมาณพลังงานที่อาคารใช้

	พลังงาน (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี)	คะแนน
อาคารเรียนทั่วไป		
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1	575,312.31	13.20
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2	538,396.60	18.77
อาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3	652,818.15	1.50
อาคารเรียนทั่วไป (เฉลี่ย)	588,842.35	11.16
อาคารเรียนทดสอบ กรณีไม่มีแหล่งความร้อนภายใน		
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	18,044.16	97.28
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	170,276.78	74.31
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	94,160.47	85.79
อาคารเรียนทดสอบ กรณีมีแหล่งความร้อนภายใน		
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 1	20,868.84	96.85
อาคารทดสอบ ห้องชั้นที่ 2	307,564.04	53.60
อาคารทดสอบ (เฉลี่ย)	164,216.04	75.22

แกน Y

หมายถึงปริมารพลังงานที่อาคาร

ต้องใช้



แกน X **0 คะแนน**

หมายถึงอาคารที่ใช้พลังงานเท่า

กับค่าเฉลี่ยทั่วไป

100 คะแนน

หมายถึงอาคารที่ไม่ใช้พลังงาน

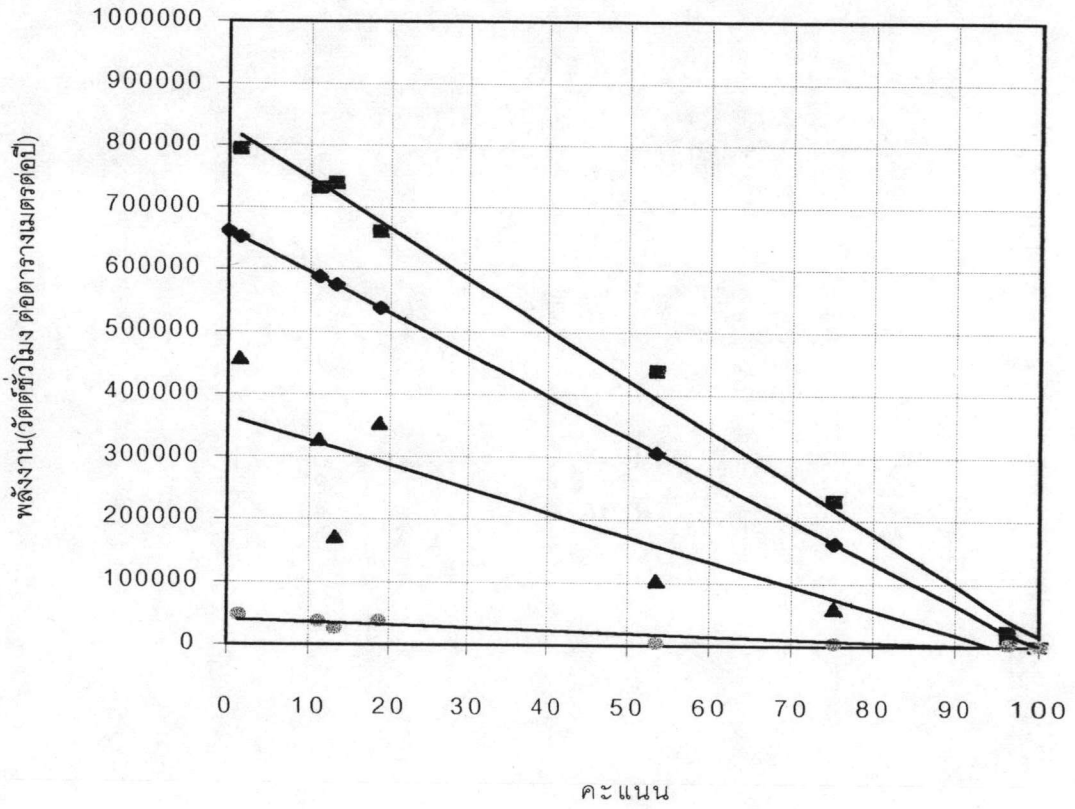
และได้ความสบายตามมาตรฐาน

แผนภูมิที่ 4.42 แสดงการสร้างดัชนีการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน

3. ระดับความสบายที่อาคารต้องการ

ประกอบด้วยเส้นระดับ 4 ระดับดังนี้

- ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4.42 แสดงเส้นระดับความสบายที่ใช้ดัชนีการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน