บทที่ 3

ค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี

พลังงานที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อสนองความต้องการในด้านต่าง ๆ นั้น มีมากมายหลายชนิดและหลายรูปแบบ แต่ในปัจจุบันพลังงานที่นำมาใช้ในบ้านพักอาศัยซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตประจำวันส่วนใหญ่นั้นก็คือ พลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่กระแสไฟฟ้าสามารถเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึง[5] ในการนำกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้านี้ไปใช้งานเกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการตั้งแต่การเดินระบบสายส่งไฟฟ้าเชื่อมต่อจากแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า มาถึงยังบ้านพักอาศัยและอาคารต่าง ๆ ที่มีความต้องการ จากนั้นจึงนำพลังงานไฟฟ้านั้นไปแปรรูปเป็นพลังงานในรูปอื่น ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ในสภาพปัจจุบันที่มนุษย์ต้องการความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันอย่างสมบูรณ์ พลังงานจึงกลายเป็นความจำเป็นของการใช้ชีวิตภายในบ้านอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หากจะกล่าวถึงรูปแบบของการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองต่อการใช้ชีวิตในยุคนี้ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

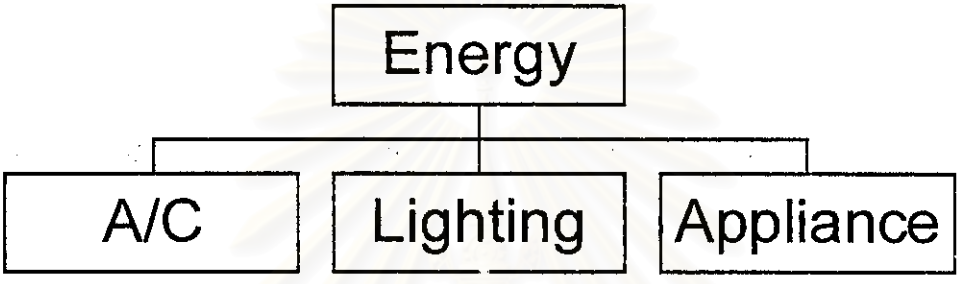
1. การใช้พลังงานในการปรับสภาวะภายในบ้านให้อยู่ในเขตสบาย (Comfort Zone) โดยกำหนดให้เขตสบายเป็นขอบเขตของสภาวะที่เหมาะสมกับร่างกายของมนุษย์ โดยไม่ทำให้รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป ไม่แห้งหรือชื้นจนเกินไป ซึ่งต้องคำนึงถึงตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ (Human Comfort) 4 ประการได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วลม จากการศึกษาถึงสภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบาย (Olgyay, 1973) พบว่ามนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส (ประมาณ 71.6-80.6 องศาฟาเรนไฮต์) และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเร็วลมค่อนข้างสงบ คือตั้งแต่ประมาณ 0-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน บุคคลอยู่ในอิริยาบถผ่อนคลาย และสวมใส่เสื้อผ้าในแบบลำลอง ดังนั้นการใช้พลังงานในรูปแบบแรกนี้จึงเป็นการแปลงพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

---

[5] ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยเท่านั้น โดยจะไม่กล่าวถึงพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ที่ใช้ในบ้าน เช่น พลังงานจากก๊าซหุงต้ม พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์

2. การใช้พลังงานเพื่อทำให้เกิดแสงสว่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืนที่ไม่แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ หรือการใช้แสงสว่างในกรณีอื่น ๆ เช่น เพื่อความสวยงาม ซึ่งเป็นการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงสว่างของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

3. การใช้พลังงานในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เพื่อความสะดวกสบายหรือความบันเทิงภายในบ้าน อาทิเช่น เตาไฟฟ้าสำหรับการปรุงอาหาร เตารีดไฟฟ้า พัดลม โทรทัศน์ วิทยุ ฯลฯ



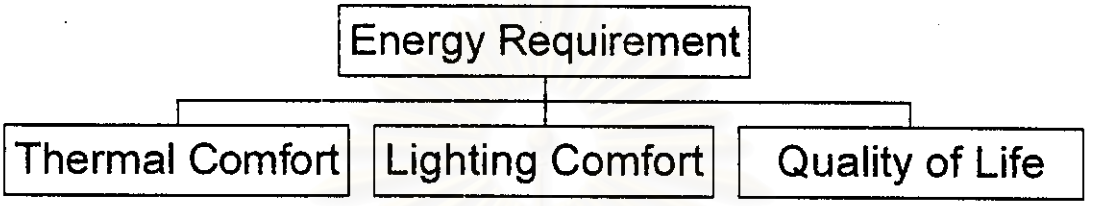
รูป 3-1 แสดงรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารพักอาศัยทั้ง 3 ประเภทที่พบกันทั่วไป

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านพักอาศัยทั่วไป ระหว่างรูปแบบของการใช้พลังงานที่แตกต่างกันทั้ง 3 รูปแบบแล้วจะพบว่า บ้านแต่ละหลังมีสัดส่วนของการใช้พลังงานที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น สภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งของอาคาร การออกแบบอาคารและการเลือกใช้วัสดุทั้งภายในภายนอก รูปแบบของการใช้งาน และตัวแปรอื่น ๆ อีกมากมาย อย่างไรก็ตามในการวิจัยถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ในบ้านพักอาศัยครั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไขให้บ้านพักอาศัยต้องสามารถสนองประโยชน์ใช้สอยได้ครบถ้วน ตามรูปแบบการใช้งานดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้ง 3 ประเภท ซึ่งหมายความว่า บ้านพักอาศัยต้องใช้พลังงานเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการที่ผสมผสานกับความสะดวกสบายของการใช้ชีวิตได้อย่างสมบูรณ์ ได้แก่

- ความรู้สึกร้อนหนาวที่พอเหมาะ (Thermal Comfort) โดยการปรุงแต่งสภาวะภายในบ้านให้อยู่ในเขตสบายได้ตลอดเวลาที่มีการใช้งานกล่าวคือ มีการปรับอากาศในพื้นที่ที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ อาทิเช่น ห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องอาหาร ห้องนอน และห้องอื่น ๆ ตามความเหมาะสม โดยยกเว้นไม่ต้องมีการปรับอากาศในบางส่วนที่ไม่มีความจำเป็นหรือไม่ต้องใช้งานเป็นประจำ เช่น ห้องครัว ห้องน้ำ ห้องคนรับใช้

- การมีแสงสว่างที่เหมาะสมและพอเพียง (Lighting Comfort) โดยการปรุงแต่งสภาวะของแสงให้มีความสว่างเพียงพอตามมาตรฐานในการใช้งานของแต่ละกิจกรรม

- การมีคุณภาพชีวิตที่ดี (Quality of Life) ในที่นี้หมายถึง การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ที่อยู่นอกเหนือไปจากการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศและแสงสว่าง โดยเป็นการตอบสนองความพึงพอใจและช่วยยกระดับมาตรฐานของชีวิตความเป็นอยู่ภายในบ้านให้ดีขึ้น ทั้งด้านความสะดวกสบายและความบันเทิงภายในบ้าน



รูป 3-2 แสดงเงื่อนไข 3 ประการที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัย

3.1 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักจากสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้าน

หากจะพิจารณาถึงสัดส่วนของการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย โดยจำแนกตามรูปแบบของการใช้งานทั้ง 3 ประเภทข้างต้นในเงื่อนไขที่กำหนดไว้จะพบว่า การใช้พลังงานในประเภทแรกคือการใช้ในระบบปรับอากาศนั้น มีปริมาณพลังงานที่ใช้สูงกว่าการใช้พลังงานในประเภทที่สองและสาม คือ การใช้ในระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นอันมากหมายความว่า เพื่อการปรุงแต่งสภาวะภายในบ้านให้เหมาะสมในกรณีที่เป็นบ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีสภาวะภายในบ้านอยู่นอกเหนือเขตสบายเกือบตลอดเวลาทั้งปี จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538 พบว่ามีสภาวะอากาศส่วนใหญ่มีอุณหภูมิและความชื้นมากเกินระดับของความรู้สึกสบายของมนุษย์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของภูมิภาคร้อนชื้นแบบประเทศไทย ดังนั้นพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในบ้านจึงเป็นการใช้เพื่อทำความเย็น (Cooling) ให้กับพื้นที่ใช้สอยส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการภายในบ้าน เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนโดยประมาณของการใช้พลังงานทั้ง 3 ประเภท โดยคำนวณจากจำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่ออกแบบ และใช้งานตามเงื่อนไขข้างต้น[6] พบว่ามีสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากรูปแบบการใช้งานดังแสดงในตารางต่อไปนี้

[6] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากตารางคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านของ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

ตาราง 3.1 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านประหยัดพลังงาน

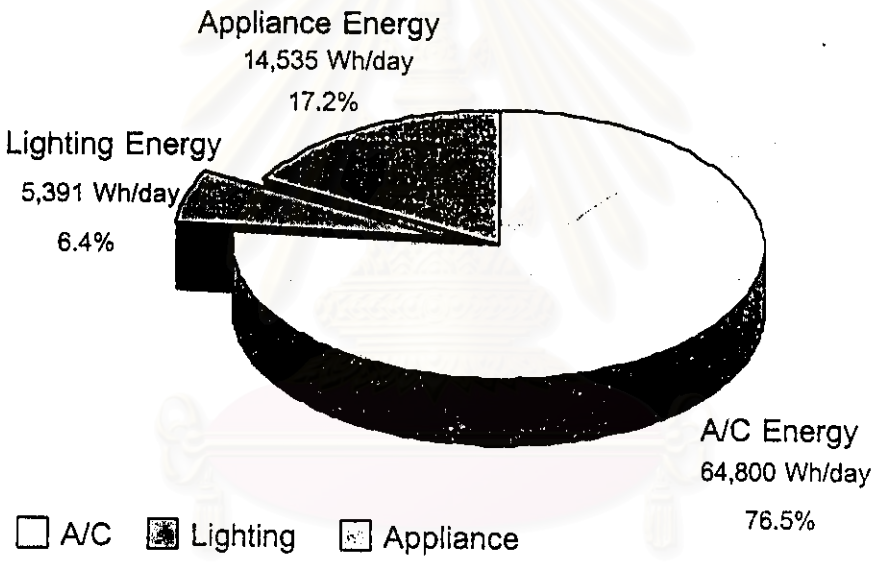
รายการ	จำนวน	วัตต์/หน่วย	การใช้งาน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้
1. Living Room				
1.1 หลอด Compact Fluorescent	6	12	2	144
1.2 หลอด Halogen	9	40	1	360
1.3 Mechanical Space	2	9	0.25	5
1.4 Work Spaceหลอด Fluorescent+บัลลาท 3 ชุด	3	36	1	108
1.5 ไฟส่องบันได (For Hight light)	1	40	1	40
Sub Total				657
2. Dining Room				
2.1 หลอด Halogen (For Hight light)	8	40	2	640
2.2 หลอด Incandecent	5	10	0.25	13
Sub Total				653
3. Pantry				
3.1 หลอด Fluorescent	1	40	2	80
3.2 หลอด Fluorescent	1	20	6	120
Sub Total				200
4. Kitchen				
4.1 หลอด Fluorescent	2	18	4	144
4.2 หลอด Halogen	2	40	0.5	40
4.3 หลอด Fluorescent	4	9	2	72
4.4 เตาอบไฟฟ้า	1	900	0.1	90
4.5 ตู้เย็นขนาด 7.2 คิว (Operation 60%)	1	68	14	952
4.6 Microwave	1	900	0.25	225
Sub Total				1,523
5. ห้องน้ำชั้นล่าง				
5.1 หลอด Halogen	2	40	0.25	20
5.2 หลอด Compact Fluorescent	1	12	1	12
Sub Total				32
6. ครัวนอกบ้าน				
6.1 หลอด Fluorescent	1	40	5	200
6.2 ตู้เย็น 12 คิว (Operation 60%)	1	150	14	2,100
6.3 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1	1,000	1	1,000
Sub Total				3,300
7. หลอดไฟฟ้าบริเวณนอกบ้าน				
7.1 หลอด Fluorescent (บริเวณโรงรถ)	2	40	2	160
7.2 หลอด Fluorescent (Terrace หน้าบ้าน)	6	12	0.25	18
7.3 หลอด Fluorescent (Terrace หน้าบ้าน)	2	10	12	240
7.4 หลอด Halogen	1	40	0.1	4
7.5 หลอด Fluorescent (Terrace ด้านข้างบ้าน)	1	12	12	144
7.6 หลอด Fluorescent (Terrace ด้านข้างบ้าน)	1	12	0.5	6
7.7 หลอด Fluorescent (ห้องเก็บของ)	1	40	0.5	20
7.8 หลอด Incandesent (บริเวณที่เก็บรองเท้า)	3	15	0.25	11
7.9 หลอด Fluorescent (บริเวณหลังบ้าน)	1	12	12	144
7.10 หลอด Fluorescent (บริเวณข้างบ้าน)	1	12	2	24
Sub Total				771
8. ห้องคนรับใช้ และLaundry				
8.1 หลอด Fluorescent	1	40	10	400
8.2 หลอด Fluorescent	1	40	3	120
8.3 เตารีดไฟฟ้า	1	1000	2	2,000
8.4 เครื่องซักผ้า (Washing Mechine)	1	520	0.6	312
8.5 โทรทัศน์	1	40	6	240
8.6 หลอด Incandesent (บริเวณห้องน้ำ)	1	20	3	60
Sub Total				3,132
9. บันได และ โถงบันได				
9.1 หลอด Compact Fluorescent	1	12	10	120
9.2 หลอด Incandesent (บริเวณบันได)	3	5	0.25	4
9.3 หลอด Halogen	1	40	0.5	20

รายการ	จำนวน	วัตต์/หน่วย	การใช้งาน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้
Sub Total				144
10. Family Room				
10.1 หลอด Compact Fluorescent	4	12	2	96
Sub Total				96
11. ห้องนอน 1				
11.1 หลอด Compact Fluorescent	2	12	6	144
11.2 หลอด Fluorescent	6	40	1.5	360
11.3 โทรทัศน์	1	60	5	300
11.4 Stereo	1	40	1	40
11.5 VCR	1	40	0.5	20
11.6 Battery Charge	1	2	5	10
Sub Total				874
12. ห้องน้ำ (ในห้องนอน 1)				
12.1 หลอด Halogen	1	40	1	40
12.2 หลอด Compact Fluorescent	2	12	2	48
12.3 เครื่องเป่าผม	1	1500	0.25	375
Sub Total				463
13. หลอดไฟนอกบ้าน (บริเวณชั้นบน)				
13.1 หลอด Fluorescent	6	20	0.15	18
13.2 หลอด Compact Fluorescent	2	12	0.15	4
Sub Total				22
14. ห้องนอน 2				
14.1 หลอด Compact Fluorescent	2	12	2	48
14.2 Stereo	1	40	0.15	6
14.3 หลอด Halogen (บริเวณห้องน้ำ)	2	40	1	80
14.4 หลอด Compact Fluorescent (บริเวณห้องน้ำ)	1	18	1	18
Sub Total				152
15. ห้องนอน 3				
15.1 หลอด Compact Fluorescent	4	12	2	96
15.2 หลอด Fluorescent	1	36	2	72
15.3 โทรทัศน์	1	40	2	80
15.4 VCR	1	40	0.15	6
Sub Total				254
16. ห้องนอนสำรอง				
16.1 หลอด Fluorescent	1	18	0.5	9
16.2 หลอด Compact Fluorescent	2	12	0.5	12
Sub Total				21
17. ห้องทำงานชั้นบน				
17.1 หลอด Compact Fluorescent	2	12	1	24
17.2 หลอด Fluorescent	18	36	1	648
17.3 หลอด Halogen	4	40	0.2	32
17.4 หลอด เมทัลฮาไลน์	1	180	0.5	90
17.5 หลอด Halogen	2	40	1	80
Sub Total				874
18. Research Center				
18.1 พัดลม (Exhaust Fan)	1	40	0	0
18.2 Automatic Door Opener	1	300	0.05	15
18.3 Intelligent Control Panel	1	20	24	480
18.4 Inverter Acuvator & Controller	1	15	24	360
18.5 Computer and UPS	1	60	24	1,440
Sub Total				2,295
19. Mechanical Equipment				
19.1 Air Condition	2	1800	18	64,800
19.2 Booster Fan	1	186	24	4,464
Sub Total				69,264
Grand Total				84,726

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานของบ้าน รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ พบว่ามีสัดส่วนของการใช้พลังงาน (หน่วยเป็น วัตต์ • ชั่วโมง ต่อวัน) ดังนี้

1. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ เท่ากับ 64,800 วัตต์ • ชั่วโมง ต่อวัน
2. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง เท่ากับ 5,391 วัตต์ • ชั่วโมง ต่อวัน
3. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เท่ากับ 14,535 วัตต์ • ชั่วโมง ต่อวัน

โดยมีพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ในเวลา 1 วัน เท่ากับ 84,726 วัตต์ • ชั่วโมง เมื่อนำไปคิดเป็นสัดส่วนร้อยละระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ต่อ พลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง ต่อ พลังงานที่ใช้ในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 76.5 : 6.4 : 17.2 ดังแสดงในแผนภูมิข้างล่างนี้

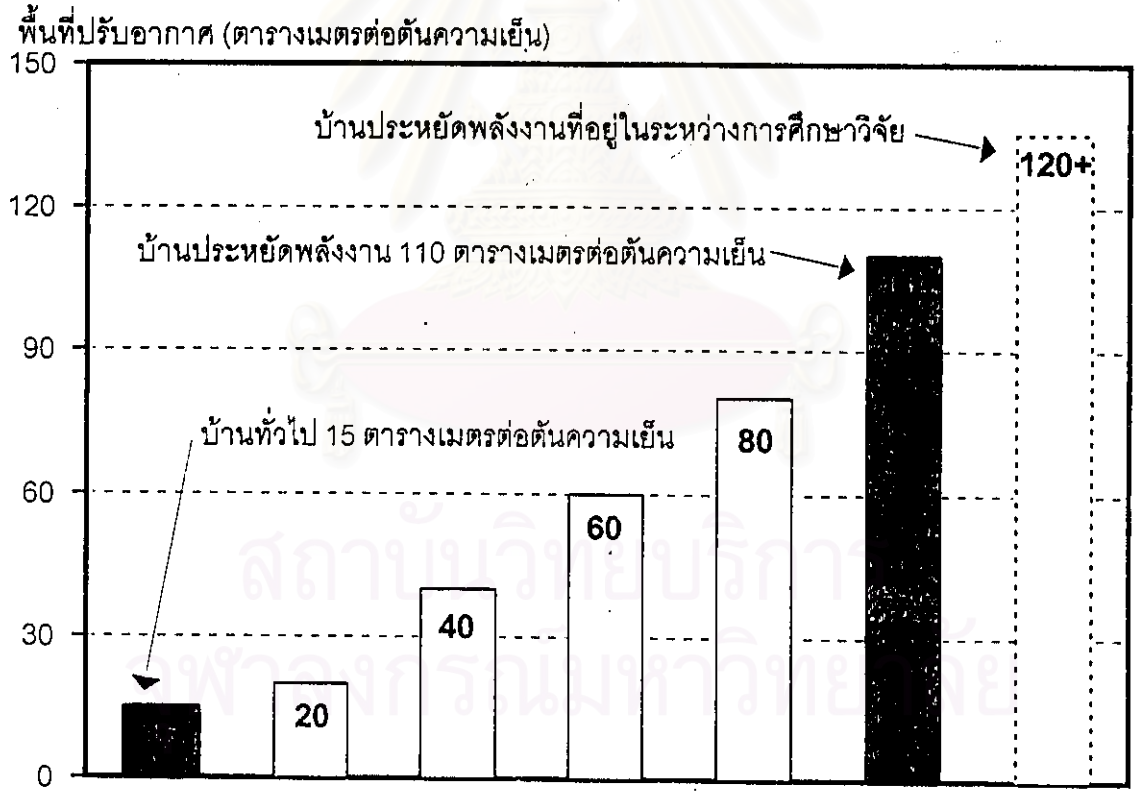


แผนภูมิ 3-1 เปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้า 3 รูปแบบที่ใช้ในบ้านประหยัดพลังงาน ในเวลา 1 วัน (หน่วยเป็น วัตต์•ชั่วโมง) คิดเป็นพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ในเวลา 1 วัน ประมาณ 84,726 วัตต์•ชั่วโมง (ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานเฉลี่ยต่อ 1 วัน)

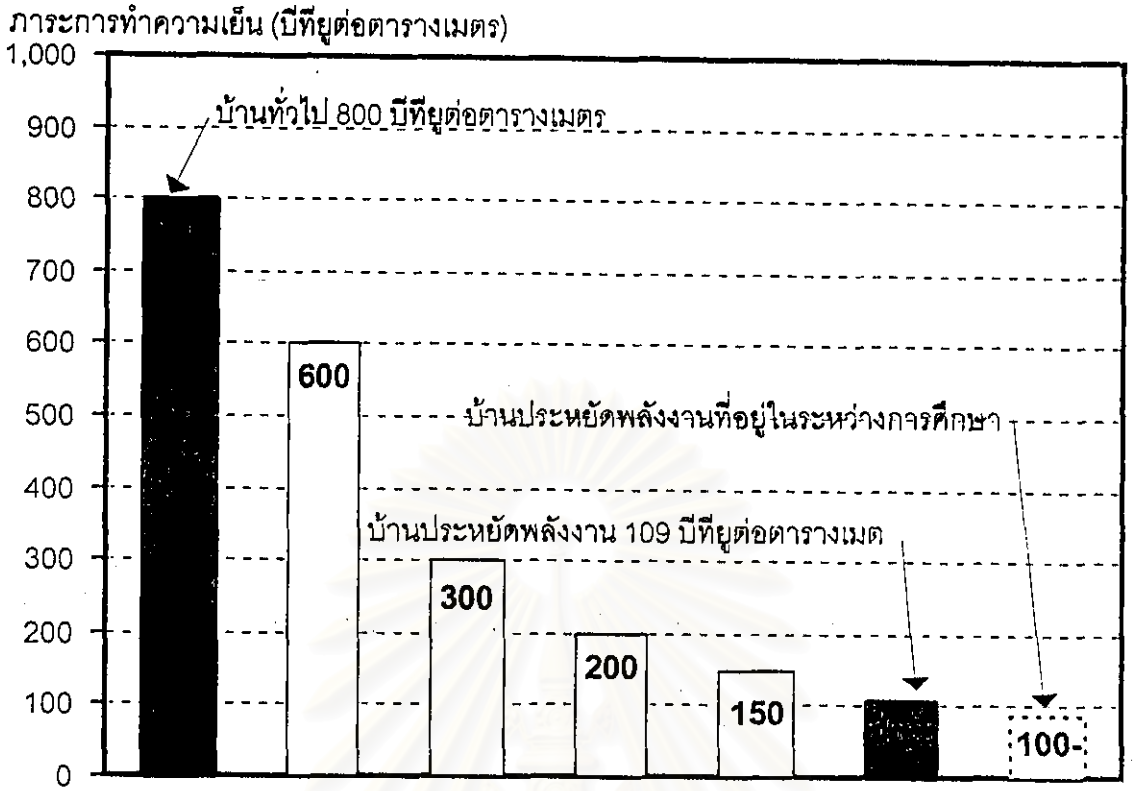
3.2 สัดส่วนการใช้พลังงานของบ้านประหยัดพลังงานและบ้านทั่วไป

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงานข้างต้น ซึ่งบ้านหลังดังกล่าวเป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบขึ้น เพื่อให้มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานมากกว่าบ้านทั่ว ๆ ไปถึงประมาณ 4 เท่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ทำให้

ปริมาณพลังงานโดยรวมที่ใช้ในบ้านลดน้อยลงกว่าบ้านทั่ว ๆ ไปมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสัดส่วนของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านนี้ เมื่อคิดเฉพาะส่วนของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเปรียบเทียบกับปริมาณพลังงานโดยรวมแล้ว คิดเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างน้อยกว่าปกติเมื่อเทียบกับบ้านทั่ว ๆ ไป เพราะถ้าบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงานมีขนาดและพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกันแล้ว ก็จะใช้พลังงานในส่วนของระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าในปริมาณเท่า ๆ กัน ดังนั้นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในบ้าน และทำให้สัดส่วนของการใช้พลังงานที่จำแนกตามรูปแบบการใช้งานแตกต่างกันก็คือ การใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศ เมื่อนำเอาส่วนต่างของอิทธิพลของการใช้พลังงานในส่วนปรับอากาศระหว่างบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงาน มาเปรียบเทียบกันจะพบว่าทำให้สัดส่วนของการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงไปดังนี้



แผนภูมิ 3-2 เปรียบเทียบศักยภาพของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงานที่ออกแบบและก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยเปรียบเทียบจากความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดหนึ่งตัน (ที่มา: จากการสำรวจข้อมูลจริงของบ้านประหยัดพลังงานและบ้านทั่วไป) .

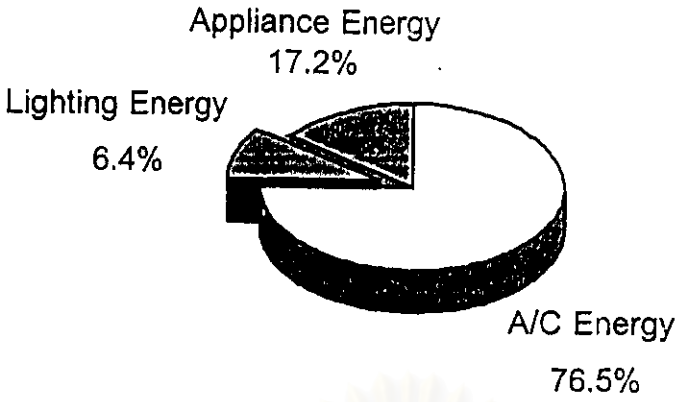


แผนภูมิ 3-3 เปรียบเทียบภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงานที่ออกแบบและก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยเปรียบเทียบจากปริมาณพลังงานต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร (ที่มา: จากการสำรวจข้อมูล)

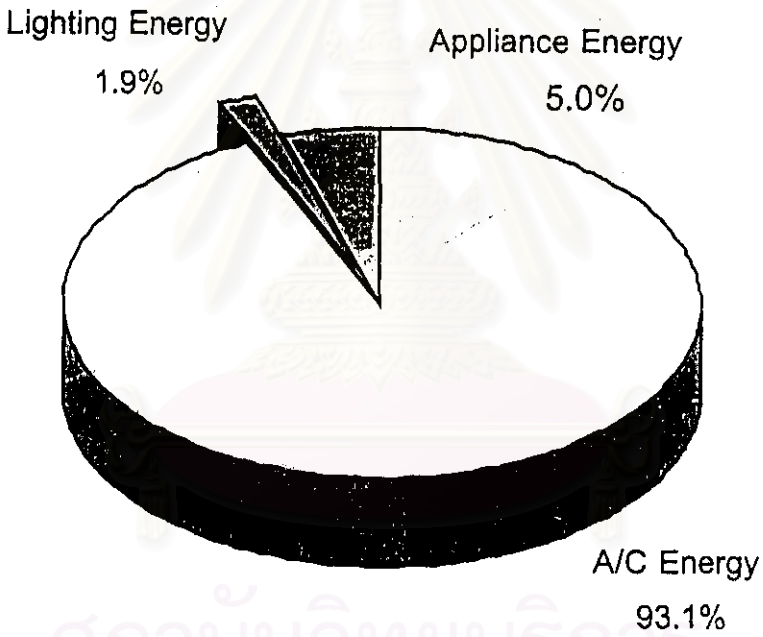
เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงาน เปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป จะพบว่า การใช้พลังงานของบ้านทั่วไปจะมากกว่าบ้านประหยัดพลังงานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ จากการวิเคราะห์ข้อมูลประมาณการได้ว่า บ้านทั่วไปจะต้องใช้พลังงานในส่วนระบบปรับอากาศมากกว่าบ้านประหยัดพลังงานประมาณ 3-6 เท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (ค่า COP) ที่เลือกใช้ ในขณะที่การใช้พลังงานในส่วนระบบแสงสว่างและอื่นๆของบ้านทั่วไปอาจไม่แตกต่างจากบ้านประหยัดพลังงานมากนัก ดังนั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมและสัดส่วนของการใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป สามารถวิเคราะห์เป็นตารางและแผนภูมิได้ดังนี้

ตาราง 3.2 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านประหยัดพลังงานและบ้านทั่วไปในเวลา 1 วัน

พลังงานที่ใช้	บ้านประหยัดพลังงาน	บ้านทั่วไป
ระบบปรับอากาศ	64,800 Wh (76.5%)	324,000 Wh (93.1%)
ระบบแสงสว่าง	5,391 Wh (6.4%)	6,469 Wh (1.9%)
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	14,535 WH (17.2%)	17,442 Wh (5.0%)
รวม	84,726 Wh	347,911 Wh



แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านประหยัดพลังงาน

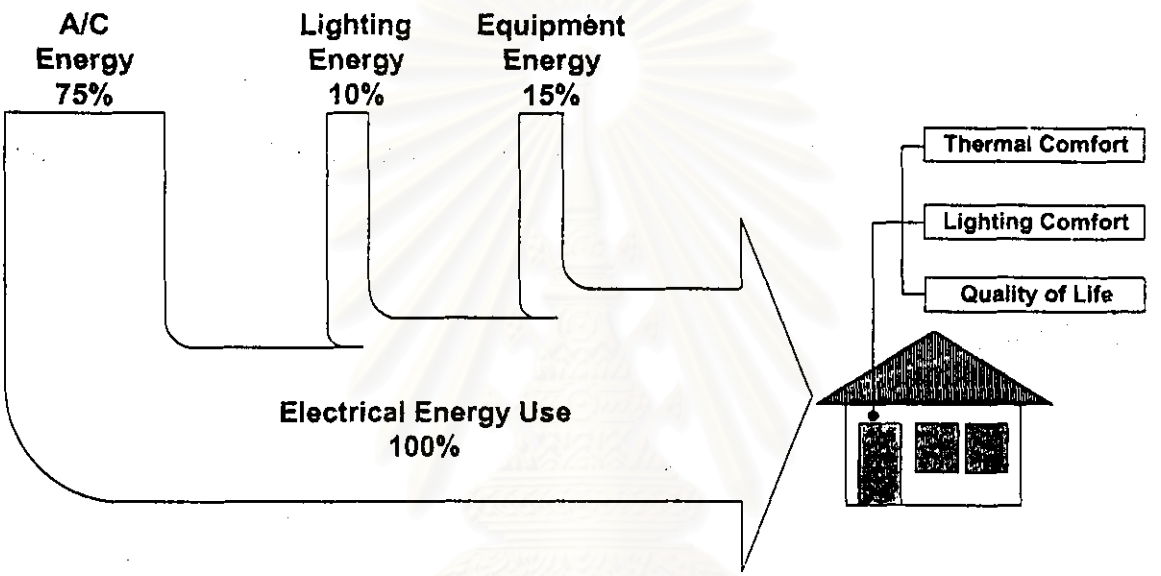


แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านทั่วไป

แผนภูมิ 3-4 เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านประหยัดพลังงานและบ้านทั่วไป

จากแผนภูมิเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า สัดส่วนของการใช้พลังงานในบ้านจะแตกต่างไปจากเดิมถ้าสามารถลดการใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นปริมาณพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ ดังนั้น ในการกำหนดค่าน้ำหนักสำหรับเป็นตัวคูณในการสร้างแบบประเมิน เพื่อให้เหมาะสมและใช้เป็นมาตรฐานสำหรับบ้านในอนาคตต่อไป ที่ควรเป็นบ้านที่ออกแบบให้มีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน จึงนำสัดส่วนของการใช้พลังงานของบ้านประหยัดพลังงานของ รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ

มาวิเคราะห์สัดส่วนในการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริง ผลของตัวเลขได้จากสัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าว จึงกำหนดเป็นสัดส่วนประมาณการของการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยที่จะใช้สร้างดัชนีการใช้พลังงาน ในกรณีที่มีการใช้พลังงานเพื่อปรับสภาวะอากาศภายในบ้านให้อยู่ในเขตสบายตลอดเวลา สำหรับนำไปเป็นค่าน้ำหนักของการสร้างแบบประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานของบ้าน โดยกำหนดให้ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้เท่ากับ 100 ส่วน จะคิดเป็นสัดส่วนของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อการใช้พลังงานในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เท่ากับ 75 ส่วนต่อ 10 ส่วนต่อ 15 ส่วน ดังแสดงในแผนภูมิข้างล่างนี้



รูป 3-3 แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานในบ้าน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ : ระบบแสงสว่าง : อุปกรณ์ไฟฟ้า = 75 : 10 : 15 เพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์ของการใช้งานในบ้านทั้ง 3 ประการ คือ การมีสภาวะภายในบ้านและแสงสว่างที่พอเหมาะ และปัจจัยเพิ่มเติมตามความเหมาะสม

จากรูปจึงกล่าวได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในบ้าน 3 ประการนั้น ปัจจัยในด้านที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด เพราะการเพิ่มหรือลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ จะมีผลต่อปริมาณพลังงานโดยรวมที่ใช้ในบ้านพักอาศัยมากที่สุด อย่างไรก็ตามในปัจจัยทั้ง 3 ประการดังกล่าว ยังมีอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบในการใช้พลังงานจำแนกย่อยลงไปได้อีก ซึ่งแต่ละตัวแปรก็มีค่าน้ำหนักต่อปัจจัยนั้น ๆ แตกต่างกันออกไป โดยสามารถแจกแจกตัวแปรที่แยกย่อยตามรูปแบบหลักของการใช้พลังงานดังนี้

1. การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ (Airconditioning Load) มีตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อภาระการทำความเย็นของบ้าน โดยสามารถแยกย่อยตัวแปรออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่

1.1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคาร (Envelope) โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ ซึ่งแบ่งออกตามองค์ประกอบ (Component) ที่ประกอบกันเป็นเปลือกอาคาร 3 ส่วน คือ

1.1.1. ส่วนที่เป็นผนังอาคาร (Wall) ในที่นี้หมายความรวมถึงทั้งผนังทึบ (Opaque Wall) และผนังโปร่งแสง (Transparent Wall) คุณสมบัติของตัวแปรนี้ที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการคำนวณหาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากตัวแปรนี้

1.1.2. ส่วนที่เป็นกระจก (Glass) ตัวแปรนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจกโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คุณสมบัติของตัวแปรนี้ที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยรวมของช่องเปิดที่เป็นกระจกหรือผนังโปร่งแสง ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดในแต่ละส่วนของช่องเปิดมาเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากตัวแปรนี้

1.1.3. ส่วนที่เป็นหลังคาอาคาร (Roof) ซึ่งหมายถึงส่วนของเปลือกอาคารที่ปกคลุมด้านบนของอาคาร พื้นที่ส่วนนี้เป็นส่วนที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ตัวแปรส่วนหลังคาจึงเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็นของอาคารค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับตัวแปรสองตัวแรก อย่างไรก็ตามคุณสมบัติสำคัญของตัวแปรนี้ที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบหลังคา ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการคำนวณหาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคา โดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากตัวแปรนี้เช่นเดียวกับตัวแปรในส่วนผนัง

1.2. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงของอาคาร (Form) โดยแบ่งประเภทของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1. สัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและพื้นที่ใช้สอยของอาคาร (Surface Area to Floor Area Ratio) โดยตั้งสมมุติฐานว่าพื้นที่ผิวของอาคารเป็นพื้นที่ส่วนที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่ม (Heat Gain) เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งจะกลายเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ดังนั้นในอาคารที่มีพื้นที่ใช้งานส่วนปรับอากาศ 1 ตารางหน่วย ถ้าอาคารนั้นมีพื้นที่ผิวส่วนที่ยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้เกิดภาระการทำความเย็นมาก การคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและพื้นที่ใช้สอยของอาคารในที่นี้คิดเฉพาะพื้นที่ผิวของอาคาร เฉพาะในส่วนที่เป็นผนังและหลังคาอาคารเพียง 5 ด้าน

เท่านั้น เพราะโดยทั่วไปแล้วในส่วนพื้นของอาคารที่สัมผัสกับพื้นดินนั้น อาจจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่ม หรือถ้าเกิดขึ้นก็มีค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผนังและหลังคา เนื่องจากพื้นดินมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำและคงที่ตลอดเวลา

1.2.2. การรั่วไหลของอากาศ (Infiltration) ตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร เนื่องจากอากาศร้อนและชื้นภายนอกที่รั่วไหลเข้าไปภายในห้องที่มีการปรับอากาศ จะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น หรือทำงานหนักขึ้นเพื่อรักษาสภาวะอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลา ส่วนมากแล้วการรั่วไหลของอากาศมักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างขอบหน้าต่าง หรือประตู หรือรอยแยกที่เกิดขึ้นจากระบบโครงสร้าง ดังนั้นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วไหลของอากาศในอาคาร จึงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ชนิดของช่องเปิดที่มีอัตราการรั่วซึมของอากาศค่อนข้างน้อย

1.3. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้อุปกรณ์ (Equipment) ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยพิจารณาถึงความสามารถในการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ แบ่งออกตามชนิดของอุปกรณ์เป็น 2 ประเภท คือ

1.3.1. การเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Efficient of A/C) อิทธิพลของตัวแปรนี้มีต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบปรับอากาศโดยตรง เพราะเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำในการปรับอากาศปริมาณที่เท่ากัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นอาคารที่มีภาระการทำความเย็นมาก การเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ก็จะยิ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบปรับอากาศเป็นอย่างมาก

1.3.2. การเลือกประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ภายในบ้าน ที่มีผลโดยทางอ้อมต่อภาระการทำความเย็น เพราะในที่สุดแล้วพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ต่าง ๆ ใช้ในการทำงาน ก็จะแปรรูปเป็นพลังงานความร้อนที่กลายเป็นส่วนหนึ่งของภาระการทำความเย็น

1.4. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งโครงการ (Microclimate) ซึ่งหมายถึงสภาพธรรมชาติหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลทำให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เนื่องจากความแตกต่างอุณหภูมิ การสะสมความร้อนและความชื้น การบังแดด การระเหยของน้ำ หรืออื่น ๆ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นตัวแปรย่อยได้อีก (แต่ในที่นี้จะยังไม่ทำ

การวิเคราะห์ถึงค่าน้ำหนักของตัวแปรย่อย ที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งโครงการ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลา ข้อมูลที่จะนำมาใช้และระเบียบวิธีในการศึกษาที่ค่อนข้างยุ่งยาก) อาทิเช่น

1.4.1. การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่

1.4.2. การใช้พืชคลุมดิน

1.4.3. การใช้ประโยชน์จากดิน

1.4.4. การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำขนาดใหญ่

1.4.5. การใช้ประโยชน์จากลม

1.4.6. อื่น ๆ

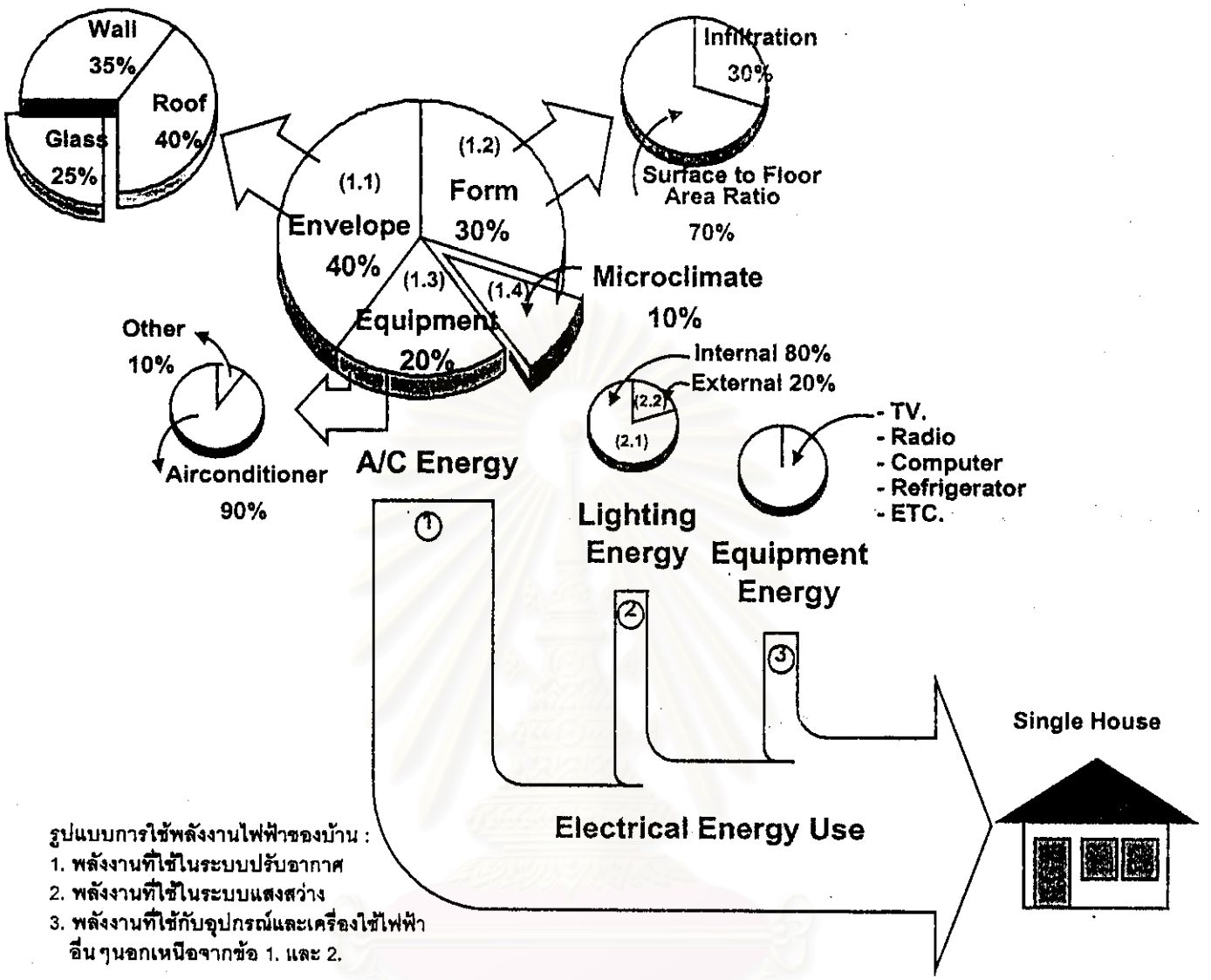
2. การใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง (Lighting Load) โดยสามารถแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1. ระบบแสงสว่างภายในอาคาร (Internal) ซึ่งหมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ ภายในอาคาร ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดไฟแต่ละชนิด การเลือกใช้หลอดไฟภายในอาคารนี้ นอกจากจะมีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยตรงแล้ว ยังมีผลโดยทางอ้อมต่อภาระการทำความเย็นในอาคารด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนของหลอดไฟ

2.2. ระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร (External) หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ ภายนอกอาคารโดยตรง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดไฟแต่ละชนิดที่เลือกใช้ โดยทั่วการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกบ้านจะมีน้อยกว่าภายในบ้าน อีกทั้งยังมีจำนวนชั่วโมงการทำงานน้อยกว่าอีกด้วย จึงกำหนดค่าน้ำหนักของระบบแสงสว่างภายนอกอาคารน้อยกว่าระบบแสงสว่างภายในอาคารค่อนข้างมาก

3. การใช้พลังงานในการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่นอกเหนือไปจากสองข้อแรก อาทิเช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องใช้ในครัว และอื่น ๆ ซึ่งรูปแบบของการใช้ชีวิตในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะต้องใช้พลังงานในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับกระบวนการออกแบบและผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เหล่านี้ ส่วนมากไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเท่าใดนัก รูปแบบของการใช้พลังงานในส่วนนี้จึงให้ค่าน้ำหนักมากกว่าการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างเล็กน้อย

จากการจำแนกกลุ่มของตัวแปรตามรูปแบบการใช้พลังงานข้างต้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และสหรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน จึงกำหนดค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรหลักดังแสดงในรูปต่อไปนี้

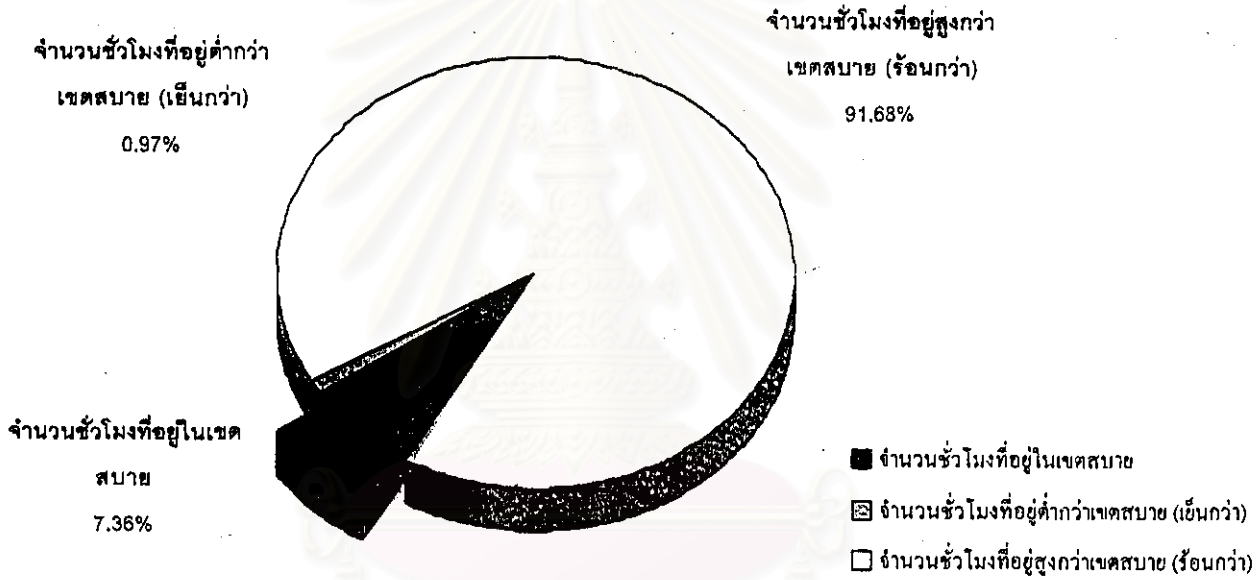


แผนภูมิ 3-5 แสดงกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย และค่าน้ำหนักที่ใช้ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในบ้าน

3.3 ค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งปี จากข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538 ที่กรมอุตุนิยมวิทยาทำการวัดและบันทึกไว้เป็นรายชั่วโมงแสดงให้เห็นว่า ในระยะเวลา 1 ปีที่มีจำนวนชั่วโมงทั้งหมด 8,760 ชั่วโมงนั้น มีจำนวนชั่วโมงที่สภาวะของอากาศภายนอกบ้านอยู่ในเขตสบาย ซึ่งหมาย

ถึงมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เพียง 645 ชั่วโมงหรือคิดเป็น 7.36 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนชั่วโมงทั้งหมด และมีจำนวนชั่วโมงที่สภาวะอากาศอยู่ต่ำกว่าเขตสบาย ซึ่งหมายถึงมีอุณหภูมิต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียสเพียง 85 ชั่วโมงเท่านั้น ในขณะที่มีจำนวนชั่วโมงมากถึง 8,031 ชั่วโมงที่สภาวะอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียสหรือคิดเป็น 91.68 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนชั่วโมงทั้งหมด เมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายของแต่ละเดือนพบว่า เดือนธันวาคมที่มีจำนวนชั่วโมงอยู่ในเขตสบายมากที่สุดคือ 44.8 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็น 14 ชั่วโมง ส่วนสภาวะอากาศตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคมรวม 7 เดือนนั้นไม่มีแม้แต่เพียงชั่วโมงเดียวที่สภาวะอากาศอยู่ในเขตสบาย



แผนภูมิ 3-6 แสดงสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงใน 1 ปีเมื่อเปรียบเทียบกับเขตสบายของสภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2538

นอกจากนี้แล้วสภาวะภายในบ้านหรือในอาคารส่วนใหญ่นั้น มีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาวะอากาศภายนอกในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้มากที่เกือบตลอดทั้งปีในกรุงเทพมหานครนั้น มีเฉพาะการปรับสภาวะอากาศภายในบ้านให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดลงจนอยู่ในเขตสบายโดยใช้ระบบเครื่องกลหรือเครื่องปรับอากาศเป็นหลัก นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานในการนำอากาศจากภายนอก มาปรับสภาพให้อยู่ในเขตสบายภายในบ้านหรือในห้องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านจะต้องใช้พลังงานปริมาณมหาศาลในการลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และลดความชื้นที่อยู่ในรูปของความร้อนแฝง

(Latent Heat) เพราะโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิภายในบ้านที่ก่อสร้างในระบบทั่วไป จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเกือบตลอดเวลา ยกเว้นแต่จะมีเทคนิคการออกแบบโดยใช้ประโยชน์จากมวลสาร (Thermal Mass) ของอาคารเพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นบ้านที่จะประหยัดพลังงานในด้านระบบปรับอากาศ จึงสามารถพิจารณาได้จากภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ของบ้านหรืออาคารนั้น ๆ ซึ่งก็หมายถึง ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เกิดจากพลังงานความร้อน (Thermal Load) โดยมีตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้ปริมาณความร้อนเกิดขึ้นภายในบ้านแต่ละหลังมากหรือน้อยแตกต่างกัน ได้แก่

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคาร การเลือกใช้วัสดุ และคุณสมบัติในด้านความร้อน (Thermal Properties) ของวัสดุ
2. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร ซึ่งมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนเพิ่ม (Heat Gain) เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร
3. การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง
4. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร

กลุ่มตัวแปรหลักทั้ง 4 กลุ่มดังกล่าวนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ในการออกแบบอาคารให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงอิทธิพลของตัวแปรย่อยของในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนออกแบบหรือปรับปรุงแต่ละส่วนของอาคาร ทั้งนี้เพราะแต่ละตัวแปรแม้จะมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารเหมือนกัน แต่อิทธิพลของแต่ละตัวแปรที่มีจะไม่เท่ากัน นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าในอาคารที่มีแนวคิดในด้านการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานที่แตกต่างกัน ก็ยิ่งทำให้สัดส่วนและอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัวแตกต่างกันออกไปด้วย จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในบ้านจัดสรรที่ออกแบบด้วยระบบธรรมดาทั่วไปโดยไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในบ้านที่ออกแบบโดยใช้แนวความคิดในการประหยัดพลังงานพบว่า สัดส่วนของการใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงานจะแตกต่างจากบ้านทั่วไป เนื่องจากศักยภาพของบ้านประหยัดพลังงานที่สามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้มากกว่าบ้านทั่วไปถึงประมาณ 3 เท่า โดยที่บ้านประหยัดพลังงานที่นำมาใช้เป็นกรณีตัวอย่างนี้ มีลักษณะที่สอดคล้องตามเงื่อนไขของการใช้พลังงานในบ้านเพื่อคุณภาพชีวิตที่สมบูรณ์สำหรับปัจจุบัน ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรหลักทั้ง 4 กลุ่มว่ากลุ่มใดมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมากน้อยเพียงใดนั้น เนื่องจากมีระยะเวลาในการศึกษาค่อนข้างจำกัด ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ในรายละเอียดได้อย่างแน่ชัดว่ากลุ่มตัวแปรใดมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด ประกอบกับมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นในที่นี้เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและเหมาะสมสอดคล้องกับระยะเวลาที่มี โดยที่มีความ

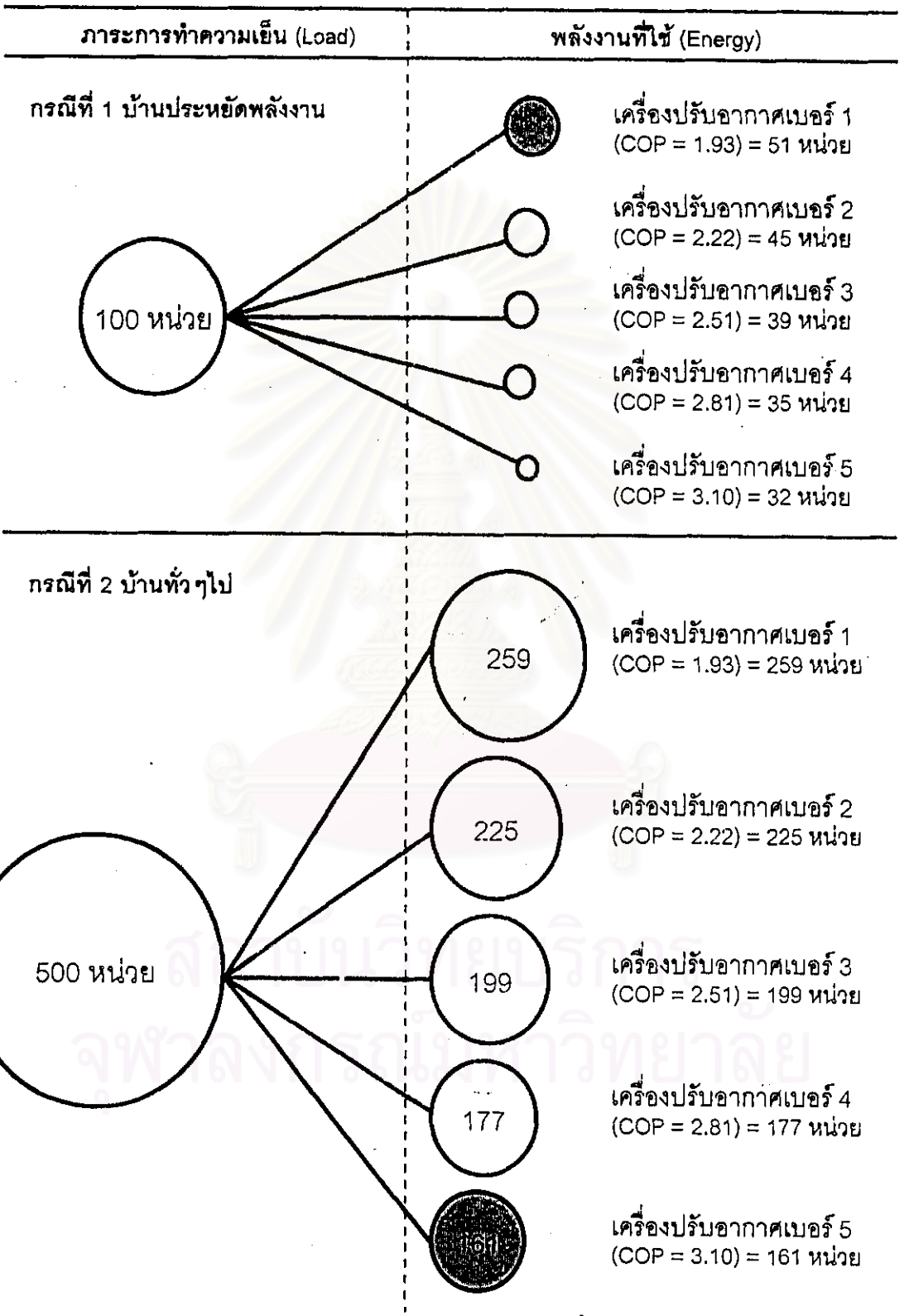
จำเป็นต้องนำค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรดังกล่าวนี้ ไปใช้ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในบ้านพักอาศัย จึงใช้วิธีกำหนดตัวเลขคร่าว ๆ เป็นสัดส่วนร้อยละเปรียบเทียบกับปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาจากระดับความสำคัญและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงกลุ่มตัวแปรแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคารมีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 กลุ่มตัวแปร ในการพิจารณาจัดให้กลุ่มตัวแปรของระบบเปลือกอาคารเป็นกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมากที่สุดเป็นอันดับแรก เนื่องจากบ้านเป็นอาคารที่มีขนาดเล็กดังนั้นเปลือกอาคารจึงมีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น และกลายเป็นภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยตรง การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุในระบบเปลือกอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นคุณสมบัติด้านความร้อน (Thermal Properties) ของวัสดุหรือองค์ประกอบที่ประกอบกันเป็นเปลือกอาคาร จะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ระบบปรับอากาศต้องนำไปปรับสภาพให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ถ้าเปลือกอาคารมีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกได้มาก ก็จะยิ่งทำให้สามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ในมากด้วย

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร มีความสำคัญเป็นอันดับสอง รองจากกลุ่มตัวแปรของระบบเปลือกอาคาร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของอาคาร ทำให้พื้นที่ผิวของอาคารเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้น จะมีผลทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเพิ่ม (Heat Gain) เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคารเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วย โดยที่พื้นที่ผิวของอาคารยิ่งน้อยก็จะทำให้ภาระการทำความเย็นลดน้อยลงด้วย

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นกลุ่มตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอันดับสาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารสองหลังที่มีภาระการทำความเย็นเท่ากันคือ 100 หน่วย ถ้าบ้านหลังแรกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า COP เท่ากับ 2 ในขณะที่บ้านหลังที่สองใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า COP เท่ากับ 3 จะทำให้ระบบปรับอากาศของบ้านหลังแรกต้องใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 50 หน่วย ในขณะที่บ้านหลังที่สองใช้เพียง 33 หน่วย โดยมีส่วนต่างของการใช้ปริมาณไฟฟ้าในบ้านทั้งสองหลังต่างกัน 17 หน่วย หรือคิดเป็นร้อยละ 17 ของปริมาณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจริง แต่มีข้อที่น่าสังเกตประการหนึ่งก็คือเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของรูปแบบการใช้พลังงานทั้ง 3 รูปแบบ ในกรณีที่มีภาระการทำความเย็นของอาคารน้อยกว่าปกติ ยกตัวอย่างเช่น ภาระการทำความเย็นของบ้านประหยัดพลังงานที่ได้ก่อสร้างจริงจนแล้วเสร็จหลังหนึ่ง มีภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตรเหลือเพียง 1 ใน 3 เมื่อเปรียบ

เทียบกับภาระการทำความเย็นในบ้านทั่วไป จะมีผลทำให้สัดส่วนของอิทธิพลที่เกิดจากกลุ่มตัวแปรของประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศลดน้อยลงไป เพราะส่วนต่างของพลังงานที่ใช้ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก็จะลดน้อยลงด้วย (ดูรูปประกอบ)



รูป 3-4 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรด้านการเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร ตัวแปรกลุ่มนี้กำหนดให้มีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้ายเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวแปรอื่น เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรกลุ่มนี้ค่อนข้างยากที่จะบ่งชี้ถึงผลดีที่ได้รับและยังยากที่จะควบคุมอีกด้วย อย่างไรก็ตามในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยนั้น เป็นแนวความคิดที่ดีที่สุดในกรณีที่บ้านไม่มีการใช้ระบบระบายอากาศ เพราะเป็นเพียงวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะช่วยปรับสภาวะภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบายของมนุษย์โดยไม่ใช้ระบบเครื่องกล แต่ในที่นี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงาน โดยกำหนดเงื่อนไขให้บ้านที่อยู่อาศัยนั้นต้องสามารถปรับสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบายตลอดเวลา จึงมีเพียงการใช้ระบบเครื่องกลเท่านั้นที่จะช่วยปรับแต่งสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการใช้ตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมบางตัวแปร เช่น การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ พืชคลุมดิน และแหล่งน้ำขนาดใหญ่อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้ถึงประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค, 2538) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ถ้าในกรณีที่มีความแตกต่างอุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส ก็แสดงว่าจะสามารถช่วยลดปริมาณพลังงานความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านผนังอาคาร ที่คำนวณได้จากสมการที่มีตัวแปรของความแตกต่างอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นถ้าอุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง 2-3 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้ปริมาณพลังงานความร้อนลดลงประมาณร้อยละ 13 ถึงร้อยละ 20 แต่การที่จะปรับสภาพแวดล้อมให้ได้ผล จนกระทั่งสามารถลดอุณหภูมิอากาศในบริเวณที่ตั้งโครงการลงจากเดิมได้มากถึง 2-3 องศาเซลเซียสนั้น จำเป็นต้องมีอาณาบริเวณของที่ดินในบริเวณอาคารมากพอสมควร แต่จากสภาพในปัจจุบันที่ที่ดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีราคาค่อนข้างสูงมาก จึงทำให้บ้านพักอาศัยไม่มีพื้นที่ดินที่เหลือรอบ ๆ บ้าน หรับนำมาใช้ปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการประหยัดพลังงานได้มากนัก จึงเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งที่ทำให้ลดความสำคัญของอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมให้มีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้ายเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวแปรอื่น ๆ

จากการพิจารณาความสำคัญของกลุ่มตัวแปรทั้ง 4 กลุ่มข้างต้นโดยเรียงลำดับความสำคัญของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ดังนี้ คือ

อันดับที่หนึ่ง คือ กลุ่มตัวแปรของระบบเปลือกอาคาร

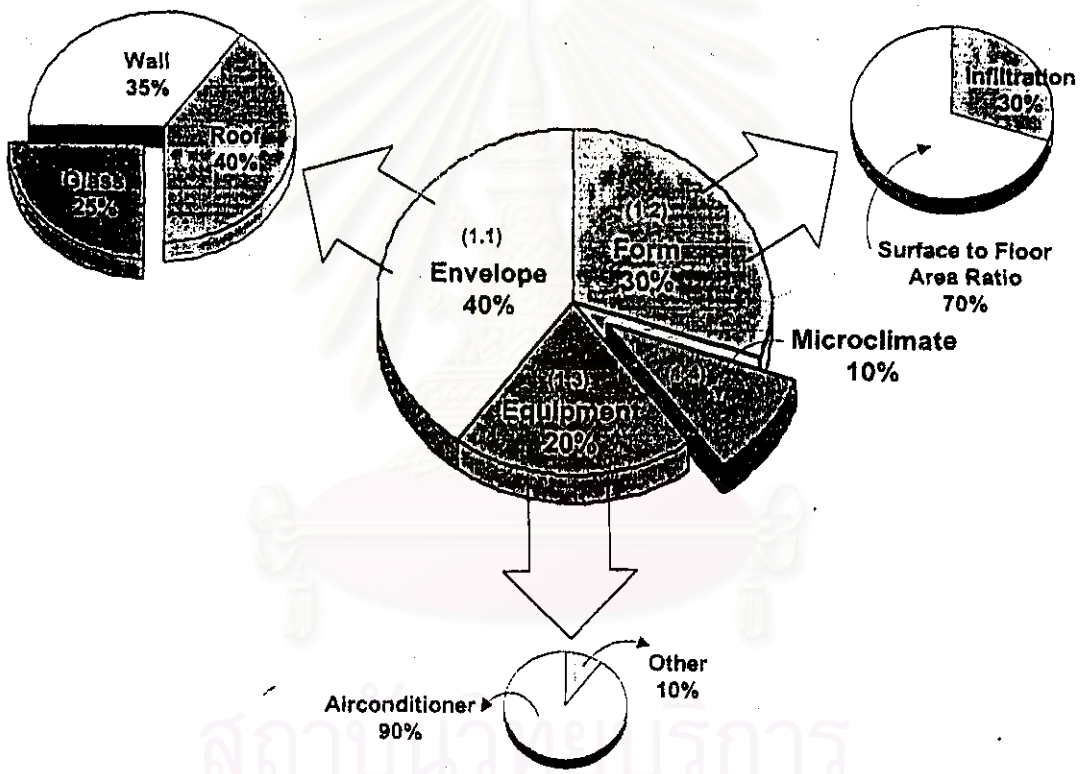
อันดับที่สอง คือ กลุ่มตัวแปรของรูปทรงอาคาร

อันดับที่สาม คือ กลุ่มตัวแปรของอุปกรณ์

อันดับที่สี่ ซึ่งเป็นอันดับสุดท้าย คือ กลุ่มตัวแปรของสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร

ในการกำหนดค่าน้ำหนักให้กับกลุ่มตัวแปรทั้ง 4 กลุ่ม ใช้วิธีการคำนวณจากผลรวมของอันดับความสำคัญของกลุ่มตัวแปรที่ให้ไว้ คือ 4 : 3 : 2 : 1 ซึ่งเมื่อนำมาคิดเป็นสัดส่วนร้อยละทำให้ได้ค่าน้ำหนักที่จะนำไปใช้เป็นตัวคูณในแบบประเมินที่สร้างขึ้น ดังนี้

กลุ่มตัวแปรของระบบเปลือกอาคาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 40%
กลุ่มตัวแปรของรูปทรงอาคาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 30%
กลุ่มตัวแปรของอุปกรณ์ มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 20%
กลุ่มตัวแปรของสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 10%



รูป 3-5 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปร 4 กลุ่มที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และตัวแปรย่อยของกลุ่มตัวแปรแต่ละกลุ่ม

3.3.1 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบเปลือกอาคาร

ตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มของระบบเปลือกอาคาร ซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ตัวแปร ตามลักษณะของพฤติกรรม (Behavior) การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน ได้แก่

1. พื้นที่ส่วนที่เป็นผนังทึบ (Opaque Wall) เพราะธรรมชาติของความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ดังนั้นในเวลาที่สภาวะอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูง (ร้อน) ความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านผนังทึบเข้าสู่ภายในอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำ (เย็น) ได้ด้วยกระบวนการนำ (Conduction) และการพา (Convection) จากนั้นจึงก็จะสะสมความร้อนนั้น ๆ ไว้ในผนังช่วงระยะเวลาหนึ่ง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านความจุความร้อน (Heat Capacity) ของผนังนั้น ก่อนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในอาคารทำให้สภาวะภายในห้องร้อนขึ้น

2. พื้นที่ส่วนที่เป็นกระจก (Glass) โดยที่ความร้อนสามารถเคลื่อนที่ผ่านกระจกเข้าไปภายในอาคารได้ทั้งจากกระบวนการนำและการพาความร้อน นอกจากนี้แล้วรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) ยังสามารถทะลุทะลวงผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นคลื่นยาว (Long Wave Radiation) ซึ่งเป็นความร้อนสะสมอยู่ภายในห้อง

3. พื้นที่ส่วนที่เป็นหลังคา (Roof) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของอาคาร โดยมีหน้าที่ปกป้องอาคารจากรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ความร้อนจากแสงแดดที่อาคารได้รับสามารถถ่ายเทผ่านวัสดุมุงหลังคาและฝ้าเพดานลงมาภายในห้องทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้

3.3.2 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงของอาคาร

รูปทรงของอาคาร (Building Form) เป็นปัจจัยที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกตั้งแต่ในขั้นตอนแรกเริ่มของการออกแบบ เพราะรูปทรงและองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อการประหยัดพลังงาน การออกแบบอาคารโดยที่ผู้ออกแบบใช้แนวความคิดที่เน้นถึงการประหยัดพลังงาน จะมีส่วนช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างมาก อาทิเช่น

1. การออกแบบอาคารให้มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยส่วนที่มีการปรับอากาศภายในอาคารให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ รวมถึงการออกแบบส่วนยื่นต่าง ๆ เพื่อบังแดดให้กับตัวอาคาร การเลือกรูปร่างของอาคารทั้งในด้านผังพื้นและรูปตัด องค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ซึ่งความร้อนเหล่านี้จะกลายเป็นภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารต่อไป

2. การรั่วไหลของอากาศ (Infiltration) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ยากต่อการควบคุม และมีผลทำให้ภาระการทำความเย็นของอาคารหรือห้องเพิ่มขึ้นอย่างมาก เพราะอากาศร้อนและความชื้นจากภายนอกสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปภายในอาคารตามรอยแยกของขอบประตูหน้าต่างได้ตลอดเวลา โดยแต่ละอาคารจะมีการรั่วซึมของอากาศแตกต่างกันมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอัตราการรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage)

3.4 การวิเคราะห์และกำหนดค่าระดับในการประเมินค่า

ในการสร้างดัชนีในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานนี้ นอกจากจะต้องใช้ค่าน้ำหนักเพื่อนำมาใช้เป็นตัวคูณในการให้คะแนนแล้ว เนื่องจากตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยมีจำนวนมาก และมีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน แต่ละตัวแปรไม่เป็นอิสระต่อกัน เทคนิคต่างๆที่จะนำมาใช้ในการประเมินแต่ละตัวแปรก็มีจำนวนมากและค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนตามไปด้วย เมื่อได้จำแนกหมวดหมู่ของตัวแปรและกำหนดค่าน้ำหนักแล้ว จึงต้องมีการพิจารณาเลือกเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับแต่ละตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงาน เทคนิคในการประเมินที่ใช้แบ่งตามตัวแปรแต่ละตัวตามลำดับดังนี้

3.4.1 เทคนิคในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังทึบ

ในกรณีของการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในด้านระบบปรับอากาศ เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนของผนังทึบของบ้านพักอาศัยพบว่า คุณสมบัติประการหนึ่งของผนังทึบที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ (Indicator) ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานก็คือ ความสามารถในการต้านทานความร้อนของผนังทึบ เพราะปริมาณความร้อนจากอากาศภายนอกที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาภายในอาคารโดยผ่านผนังทึบจะมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในความเป็นฉนวนของผนังทึบแต่ละชนิด ผนังทึบที่มีความสามารถในการสกัดกั้นไม่ให้ความร้อนถ่ายเทผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งของผนังไปยังอีกด้านหนึ่งได้ดี ทำให้ช่วยลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในบ้านได้มากเป็นผลให้ลดภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้มากด้วย การคำนวณภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากผนังทึบคำนวณได้จากสมการ[7]

$$q = UA(CLTD) \qquad (1)$$

---

[7] ASHRAE Handbook of Fundamentals 1989, I-P Edition p. 26.32

เมื่อ

q = ภาระในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu / h ในระบบ I-P หรือ W ในระบบ SI

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น Btu / (h • ft^2 • °F) ในระบบ I-P หรือ W / (m^2 • °C) ในระบบ SI[8]

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P หรือ m^2 ในระบบ SI

$CLTD$ = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าหรือ Cooling Load Temperature Difference มีหน่วยเป็น °F ในระบบ I-P หรือ °C ในระบบ SI

จากสมการข้างต้นแสดงว่า ภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากผนังทึบที่เป็นผนังภายนอกอาคารนั้น มีความสัมพันธ์แบบแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนของผนังนั้น ๆ ดังแสดงได้ด้วยสมการ

$$q \alpha U \tag{2}$$

ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการประเมินศักยภาพของผนังใด ๆ เปรียบเทียบกัน โดยกำหนดให้ผนังนั้นมีพื้นที่และภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าเท่ากัน จะพบว่าตัวแปรที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินค่าของการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนหรือ ค่า U ของผนังนั้นนั่นเอง ผนังที่มีค่า U ยิ่งน้อยก็จะทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นน้อยลงตามไปด้วย หรืออีกนัยหนึ่ง ค่า U ก็คือ ส่วนผกผันของค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า R ของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ

$$U = \frac{1}{R} \tag{3}$$

เมื่อ

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น Btu / (h • ft^2 • °F) ในระบบ I-P หรือ W / (m^2 • °C) ในระบบ SI

R = ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็น ft^2 • h • °F / Btu ในระบบ I-P หรือ m^2 • °C / W ในระบบ SI

หมายความว่า ผนังที่มีค่า R ยิ่งมากก็จะทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นน้อยลงด้วยนั่นเอง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของภาระในการทำความเย็นและค่าความต้านทานความร้อนได้ดังสมการ

---

[8] สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 1 W / (m^2 • °C) มีค่าเท่ากับ 5.68 Btu / (h • ft^2 • °F)

$$q \propto \frac{1}{R} \qquad (4)$$

อนึ่ง อาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ สามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือ ค่า k ของวัสดุนั้น ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านพื้นที่ผิวของวัสดุ 1 ตารางหน่วย ที่มีความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย แต่ในทางปฏิบัติผนังของอาคารโดยทั่วไปเกิดจากการนำวัสดุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติ และมีความหนาแตกต่างกันมาประกอบกัน ค่าความนำความร้อนของวัสดุ หรือ ค่า C ของผนังใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ

$$C = \frac{k}{\Delta x} \qquad (5)$$

เมื่อ

C = ค่าความนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็น Btu / (h • ft^2 • $^\circ$F) ในระบบ I-P หรือ W / (m^2 • $^\circ$C) ในระบบ SI

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น Btu • in / (h • ft^2 • $^\circ$F) ในระบบ I-P หรือ W / (m • $^\circ$C) ในระบบ SI

Δx = ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น ft ในระบบ I-P หรือ m ในระบบ SI

แต่คุณสมบัติที่แสดงถึงความเป็นฉนวนของวัสดุใด ๆ พิจารณาได้จากค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า R ของวัสดุนั้น ค่า R เป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนความร้อนไม่ให้เคลื่อนที่ผ่านจากอากาศด้านหนึ่งไปยังอากาศอีกด้านหนึ่ง ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุมีค่าเท่ากับ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อนของวัสดุนั้น ๆ นั่นเอง ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ

$$R = \frac{1}{C} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{\Delta x}{k} \qquad (6)$$

เมื่อ

R = ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็น ft^2 • h • $^\circ$F / Btu ในระบบ I-P หรือ m^2 • $^\circ$C / W ในระบบ SI

C = ค่าความนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็น Btu / (h • ft^2 • $^\circ$F) ในระบบ I-P หรือ W / (m^2 • $^\circ$C) ในระบบ SI

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น Btu • in / (h • ft^2 • $^\circ$F) ในระบบ I-P หรือ W / (m • $^\circ$C) ในระบบ SI

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Δx = ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น ft ในระบบ I-P หรือ m ในระบบ SI

นอกจากคุณสมบัติในความเป็นฉนวนของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบกันเป็นผนัง จะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแล้ว ความสามารถในการต้านทานความร้อนโดยรวมของผนังยังขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านความร้อนระหว่างผิววัตถุใด ๆ กับอากาศที่อยู่โดยรอบขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศนิ่งที่ผิวของวัตถุนั้น ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสามารถแบ่งออก ๆ ได้เป็น 3 ประเภท[9] ได้แก่

1. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร หรือ Ro ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.044 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ สำหรับในกรณีที่เป็นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร หรือ Ri ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่
   - 2.1. กรณีที่ผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากับ 0.120 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
   - 2.2. กรณีที่ผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากับ 0.299 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
3. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศ หรือ Ra ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของช่องว่างอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี ได้แก่
   - 3.1. กรณีที่ช่องว่างอากาศในผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง โดยมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแบ่งออกตามความกว้างของช่องว่างอากาศ ได้แก่
     - 3.1.1. ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.110 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
     - 3.1.2. ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.148 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
     - 3.1.3. ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.160 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
   - 3.2. กรณีที่ช่องว่างอากาศในผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ โดยมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแบ่งออกตามความกว้างของช่องว่างอากาศ ได้แก่
     - 3.2.1. ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.250 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
     - 3.2.2. ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.578 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
     - 3.2.3. ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.606 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

---

[9] ที่มาของข้อมูลได้มาจากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 หน้า 58-60 ในหนังสือ คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร จัดทำโดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ในกรณีของการประเมินค่าการประหยัดพลังงานของผนังทึบสำหรับบ้านพักอาศัย ใช้วิธีการรวบรวมผนังทึบประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย นำมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนของผนังทึบแต่ละชนิด จากนั้นนำมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด เพื่อนำมาแบ่งหาช่วงคะแนนออกเป็น 5 ระดับตั้งแต่ 1 คะแนนจนถึง 5 คะแนน โดยกำหนดให้ผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากขึ้นก็ให้มีค่าคะแนนมากขึ้นตามลำดับ โดยมีรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวอย่างในตอนต่อไปนี้

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังทึบ

ผนังไม้

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	$ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ไม้เนื้อแข็ง	0.013	0.138	0.091	0.515
3 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.013		**0.255**	**1.446**

ผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	$ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
3 อิฐ	0.076	0.807	0.094	0.535
4 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.100		**0.303**	**1.723**

ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	$ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
3 อิฐ 2 ชั้น	0.152	0.807	0.188	1.070
4 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.176		**0.397**	**2.258**

ผนังไม้ตีตามแนวตั้งเข้าลิ้น หนา 1/2 นิ้วทั้ง 2 ด้าน

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร) (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	$ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ไม้เนื้อแข็ง	0.013	0.138	0.091	0.515
3 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.148	0.841
4 ไม้เนื้อแข็ง	0.013	0.138	0.091	0.515
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.025		**0.493**	**2.802**

ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น ชนิดที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	$ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
3 อิฐ	0.076	0.807	0.094	0.535
4 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.148	0.026
5 อิฐ	0.076	0.807	0.094	0.535
6 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
7 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.176		**0.545**	**3.099**

ผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว + โฟม 1 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา	ค่า k	ค่า R	
	(m)	W / (m • °C)	m^2 • °C / W	ft^2 • h • °F / Btu
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
3 อิฐ	0.076	0.807	0.094	0.535
4 โฟม	0.025	0.035	0.714	4.058
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.125		1.058	6.010

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ชนิดมีโฟมหนา 1 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร	ค่า k	ค่า R	
	(m)	W / (m • °C)	m^2 • °C / W	ft^2 • h • °F / Btu
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 โฟม	0.025	0.035	0.714	4.058
3 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
4 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.148	0.841
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.049		1.152	6.545

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ชนิดมีโฟมหนา 2 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร	ค่า k	ค่า R	
	(m)	W / (m • °C)	m^2 • °C / W	ft^2 • h • °F / Btu
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 โฟม	0.050	0.035	1.429	8.117
3 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
4 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.148	0.841
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.074		1.866	10.604

ผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว + โฟม 3 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา	ค่า k	ค่า R	
	(m)	W / (m • °C)	m^2 • °C / W	ft^2 • h • °F / Btu
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 ปูนผสมทรายฉาบ	0.012	0.533	0.023	0.128
3 อิฐ	0.076	0.807	0.094	0.535
4 โฟม	0.075	0.035	2.143	12.175
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.175		2.486	14.127

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ชนิดมีโฟมหนา 3 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร	ค่า k	ค่า R	
	(m)	W / (m • °C)	m^2 • °C / W	ft^2 • h • °F / Btu
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 โฟม	0.075	0.035	2.143	12.175
3 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
4 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.148	0.841
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.357
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.099		2.581	14.662

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดช่วงคะแนนของผนังทึบ

เมื่อคำนวณค่าความต้านทานรวมของผนังทึบแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวอย่างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การสร้างตารางเพื่อเรียงลำดับค่าความต้านทานของผนังทึบที่คำนวณได้จากน้อยไปหามาก และนำมาจัดกลุ่มเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดช่วงค่าคะแนนที่จะใช้ในการประเมินศักยภาพของผนังในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ จากการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังทึบนำมาสร้างเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 3.3 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังทึบแต่ละชนิด

ชนิดของผนังทึบ	ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R)	
	($m^2 \cdot {}^\circ C / W$)	($ft^2 \cdot h \cdot {}^\circ F / Btu$)
(1) Wood 1 side	0.255	1.446
(2) Brick 4 in.	0.303	1.723
(3) Brick 8 in.	0.397	2.258
(4) Wood 2 side	0.493	2.802
(5) Brick 8 in. + Air Space	0.545	3.099
(6) Brick 4 in.+ Foam 1 in.	1.058	6.010
(7) EIFS 1 in.	1.152	6.545
(8) EIFS 2 in.	1.866	10.604
(9) Brick 4 in.+ Foam 3 in.	2.486	14.127
(10) EIFS 3 in.	2.581	14.662

จากข้อมูลในตารางพบว่า ผนังไม้ชั้นเดียวมีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดคือ 0.255 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ส่วนผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากที่สุดคือ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ชนิดที่มีโฟมหนา 3 นิ้ว ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับ 2.581 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ เมื่อนำไปหาพิสัย (Range) ของข้อมูล โดยคำนวณจาก

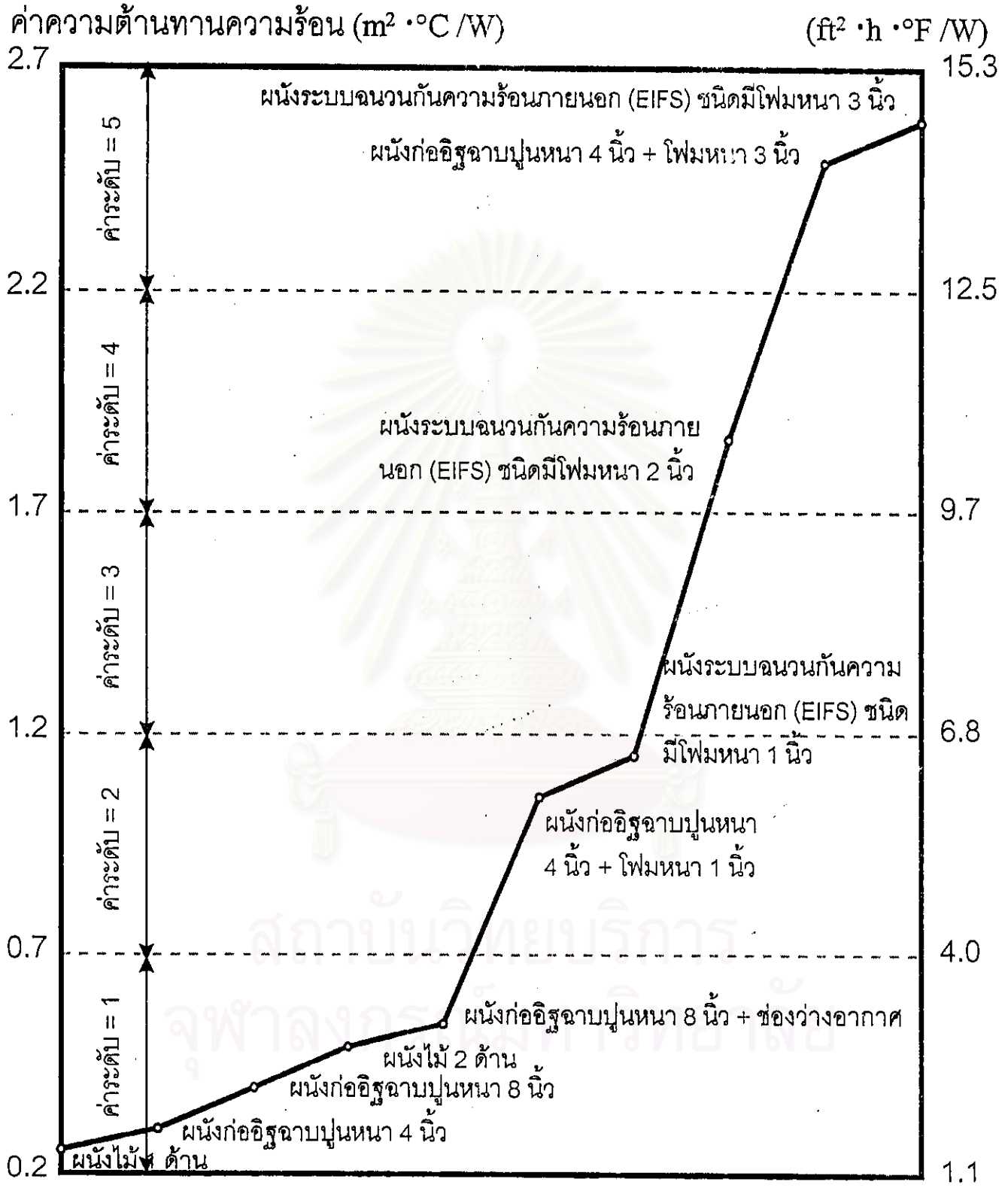
$$\text{พิสัย} = \text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด} \qquad (7)$$

พิสัยของข้อมูลชุดนี้จึงมีค่าเท่ากับ 2.326 แต่ต้องการแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 5 ช่วง ดังนั้น ช่วงความกว้างของค่าคะแนนที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้คือประมาณ 0.5 ซึ่งทำให้สามารถกำหนดช่วงคะแนนได้ดังนี้

- ผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.2 แต่น้อยกว่า 0.7 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 1
- ผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.7 แต่น้อยกว่า 1.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 2
- ผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 1.2 แต่น้อยกว่า 1.7 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 3
- ผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 1.7 แต่น้อยกว่า 2.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 4
- ผนังทึบที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 2.2 แต่น้อยกว่า 2.7 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 5

เมื่อนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิจะปรากฏผลได้ดังแสดงในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 3-7 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของผนังทึบแต่ละชนิด โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนน

3.4.2 เทคนิคในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนกระจก

การใช้กระจกในอาคารประเภทบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป มีการนำมาใช้ในหลายส่วนของบ้าน อาทิเช่น หน้าต่าง ประตู ช่องแสง หรือหลังคา เพื่อการนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร และเพื่อทัศนียภาพที่ดี ต่อเนื่องจากภายในถึงภายนอก ผนังกระจก หรือหน้าต่างเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง อิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อผนังกระจกซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดกลืน (Absorbtance) การคาย (Emisstance) และการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ (Reflectance) เช่นเดียวกันกับผนังทึบ ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวกระจกโดยวิธีการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Radiation) เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้น (Short-wave Radiation) ส่องผ่านผนังกระจกเข้าสู่อาคาร พลังงานความร้อนที่มากับรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งตกกระทบลงบนวัตถุ หรือบนพื้นอาคารและมีการดูดกลืนพลังงานความร้อนสะสมไว้ในผนังและวัตถุต่าง ๆ ภายในอาคารเอาไว้ แล้วจึงคายพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ในสภาพที่เป็นรังสีคลื่นยาว (Long-wave Radiation) และมีการถ่ายเทความร้อนไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในห้องหรือภายในอาคารสูงขึ้น ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานอย่างหนักเพื่อการปรับอุณหภูมิภายในห้องที่สูงให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย ดังนั้นเมื่อผนังกระจกเป็นเปลือกอาคารที่ได้รับผลกระทบโดยตรง และมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ การเลือกใช้วัสดุสำหรับผนังกระจก หน้าต่าง หรือช่องแสงของอาคารจำเป็นที่ต้องเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติที่แตกต่างกันของกระจกที่มีขายอยู่ในท้องตลาดซึ่งจะมีการระบุคุณลักษณะของกระจกชนิดและรูปแบบ รวมทั้งค่าต่าง ๆ ที่ผู้ออกแบบจะใช้ในการตัดสินใจ เช่น ค่าแสดงการยอมให้แสงสว่างเข้าสู่อาคาร ค่าการสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนฯลฯ โดยพิจารณาวัตถุประสงค์สำคัญ ๆ คือ

1. ความต้องการแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ดังนั้นคุณสมบัติของกระจกที่แสดงถึงการยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้าไปภายใน(Visible Light Transmittance) โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับปริมาณของแสงธรรมชาติ ค่าเปอร์เซนต์ที่มากแสดงถึงการยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้มาก และในทางตรงกันข้ามสำหรับค่าที่น้อย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดสี วัสดุที่ใช้เคลือบผิวกระจกเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่นการลดการถ่ายเทความร้อน
2. ความต้องการแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยที่ไม่นำความร้อนเข้าสู่อาคารด้วย นั่นคือ การเลือกใช้กระจกที่มีค่าการนำความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์สู่ผนังกระจกน้อย โดยในการเลือกกระจกจากตารางบอกคุณสมบัติกระจกของผู้ผลิตกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบัง

แดด(Shading Coefficient)น้อย แต่ในกระจกบางชนิดที่เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดน้อยแล้วก็ยังมีค่า Visible Light Transmittance น้อยด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบในการเลือกใช้กระจก

3. ความต้องการเลือกใช้กระจกที่ไม่นำความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยการใช้กระจกที่เป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งในการเลือกกระจกต้องดูค่า Resistanc หรือค่าความต้านทานความร้อนของกระจก โดยเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน ดังสมการ

ในกรณีของการประเมินค่าการประหยัดพลังงานของกระจกสำหรับบ้านพักอาศัย ใช้วิธีการรวบรวมกระจกประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย นำมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนของกระจกแต่ละชนิด จากนั้นนำมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด เพื่อนำมาแบ่งหาช่วงคะแนนออกเป็น 5 ระดับตั้งแต่ 1 คะแนนจนถึง 5 คะแนน โดยกำหนดให้กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนกระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากขึ้นก็ให้มีค่าคะแนนมากขึ้นตามลำดับ โดยมีรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจกแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวอย่างในตอนต่อไปนี้

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจก

กระจกใส หนา 3 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.003	1.053	0.003	0.016
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.003		0.167	0.948

กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.006	1.053	0.006	0.032
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.006		0.170	0.964

กระจกใส หนา 8 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.008	1.053	0.008	0.043
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.008		0.172	0.975

กระจกใส หนา 10 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.010	1.053	0.009	0.054
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.010		0.173	0.986

กระจกใส 2 ชั้น (3+3 มิลลิเมตร)

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.003	1.053	0.003	0.016
3 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.110	0.625
4 กระจกใส	0.003	1.053	0.003	0.016
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.006		0.280	1.589

กระจกใส 2 ชั้น (6+6 มิลลิเมตร)

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจกใส	0.006	1.053	0.006	0.032
3 ช่องว่างอากาศในผนัง			0.110	0.625
4 กระจกใส	0.006	1.053	0.006	0.032
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
	0.012		0.285	1.622

กระจก Heat-Reflective HR-74 หนา 6 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจก			0.161	0.917
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
			0.325	1.849

กระจก Heat-Reflective HR-74 หนา 10 มิลลิเมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจก			0.164	0.926
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
			0.328	1.866

กระจก High-Performance Reflective SS-08 Clear

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจก			0.207	1.176
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
			0.371	2.108

กระจกฉนวน Heat Stop on Clear

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R $ft^2 \cdot h \cdot °F / Btu$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.044	0.250
2 กระจก			0.587	3.333
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.120	0.682
			0.751	4.265

การกำหนดช่วงคะแนนด้วยค่าความต้านทานความร้อนของกระจก

เมื่อคำนวณค่าความต้านทานรวมของกระจกแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวอย่างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การสร้างตารางเพื่อเรียงลำดับค่าความต้านทานของกระจกที่คำนวณได้จากน้อยไปหามาก และนำมาจัดกลุ่มเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดช่วงค่าคะแนนที่จะใช้ในการประเมินศักยภาพของกระจกในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ จากการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจกนำมาสร้างเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 3.4 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจกแต่ละชนิด

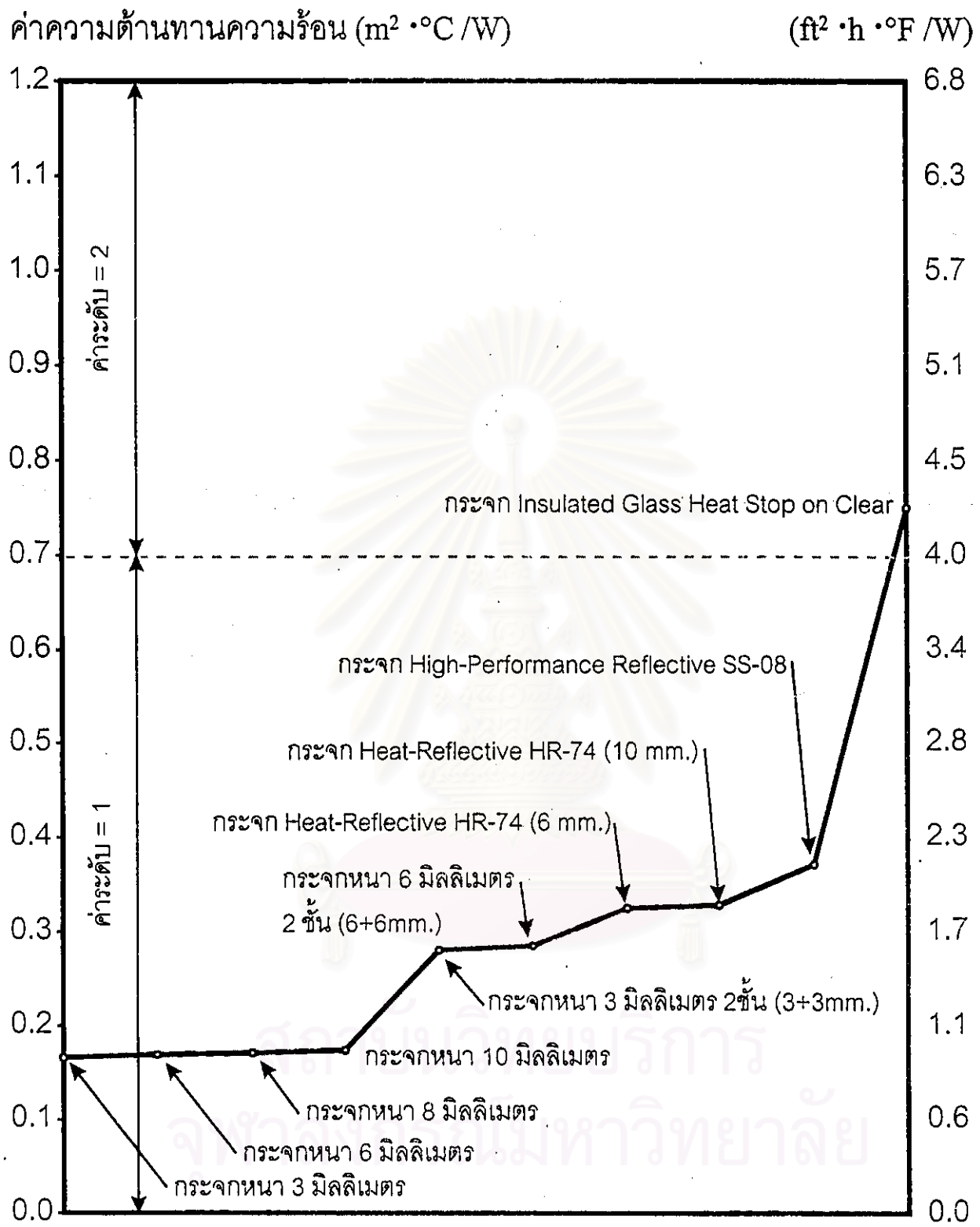
ชนิดของกระจก	ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R)	
	($m^2 \cdot {}^\circ C / W$)	($ft^2 \cdot h \cdot {}^\circ F / Btu$)
(1) Clear Glass 3 mm.	0.167	0.948
(2) Clear Glass 6 mm.	0.170	0.964
(3) Clear Glass 8 mm.	0.172	0.975
(4) Clear Glass 10 mm.	0.173	0.986
(5) Clear Glass 3+3 mm.	0.280	1.589
(6) Clear Glass 6+6 mm.	0.285	1.622
(7) Heat-Reflective HR-74 (6 mm.)	0.325	1.849
(8) Heat-Reflective HR-74 (10 mm.)	0.328	1.866
(9) High-Performance Reflective SS-08 Clear	0.371	2.108
(10) Insulated Glass Heat Stop on Clear	0.751	4.265

จากข้อมูลในตารางพบว่า กระจกใส หนา 3 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดคือ 0.167 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ส่วนกระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากที่สุดคือ กระจกฉนวน Heat Stop ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับ 0.751 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ เมื่อนำไปหาพิสัย (Range) ของข้อมูลจึงมีค่าเท่ากับ 0.584 แต่ต้องการแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 5 ช่วง ดังนั้น ช่วงความกว้างของค่าคะแนนที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้คือประมาณ 0.15 ซึ่งทำให้สามารถกำหนดช่วงคะแนนได้ดังนี้

- กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.10 แต่น้อยกว่า 0.25 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 1
- กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.25 แต่น้อยกว่า 0.40 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 2
- กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.40 แต่น้อยกว่า 0.55 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 3
- กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.55 แต่น้อยกว่า 0.70 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 4
- กระจกที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.70 แต่น้อยกว่า 0.85 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 5

เมื่อนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิจะปรากฏผลได้ดังแสดงในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 3-8 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของกระจกแต่ละชนิด โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนน

การกำหนดช่วงคะแนนด้วยค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

อิทธิพลของกระจกที่มีต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร ไม่ได้เกิดขึ้นจากปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเนื้อวัสดุด้วยการนำและการพาเหมือนกับผนังทึบ (และหลังคา) เพียงประการเดียวเท่านั้น แต่เนื่องจากกระจกเป็นวัสดุโปร่งแสงทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้น สามารถทะลุทะลวงผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารได้ ลักษณะดังกล่าวทำให้คลื่นสั้นที่ผ่านเข้ามาภายในเปลี่ยนรูปเป็นคลื่นยาวซึ่งเป็นความร้อนสะสมอยู่ภายในอาคาร ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแผ่รังสีผ่านกระจกจึงเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศอีกทางหนึ่ง ภาระในการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านวัสดุโปร่งแสง สามารถคำนวณด้วยสมการ

$$q = A(SC)(SHGF)(CLF) \tag{8}$$

เมื่อ

q = ภาระในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu / h ในระบบ I-P หรือ W ในระบบ SI

A = พื้นที่ผิวของกระจก มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P หรือ m^2 ในระบบ SI

SC = Shading Coefficient หรือ สัมประสิทธิ์การบังแดด[10]

$SHGF$ = Solar Heat Gain Factor มีหน่วยเป็น Btu / (h * ft^2) ในระบบ I-P หรือ W / m^2 ในระบบ SI

CLF = Cooling Load Factor

จากสมการข้างต้นแสดงว่า ภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากกระจกที่เป็นผนังภายนอกอาคารนั้น มีความสัมพันธ์แบบแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกนั้น ๆ ดังแสดงได้ด้วยสมการ

$$q \propto SC \tag{9}$$

ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการประเมินศักยภาพของกระจกใด ๆ เปรียบเทียบกัน โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าเท่ากัน จะพบว่าตัวแปรที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินค่าของการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศก็คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดหรือ ค่า SC ของกระจกนั้นนั่นเอง กระจกที่มีค่า SC ยิ่งน้อยก็จะทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นน้อยลงตามไปด้วย แต่ในระบบของหน้าต่างโดยทั่วไปประกอบด้วย กระจกและอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจึงประกอบด้วย

---

[10] สัมประสิทธิ์การบังแดด หมายถึง อัตราส่วนของฟลักซ์รังสีดวงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านระบบหน้าต่างซึ่งอาจประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดด ต่อฟลักซ์รังสีดวงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตรที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใด ๆ

2 ส่วน คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเอง และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SC = (SC1)(SC2) \qquad (10)$$

เมื่อ

SC = Shading Coefficient หรือ สัมประสิทธิ์การบังแดด

SC1 = สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งสามารถใช้ค่าที่กำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต

SC2 = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบและทิศทาง

ในกรณีของการประเมินค่าการประหยัดพลังงานของกระจก ในส่วนของอิทธิพลที่เกิดจากการแผ่รังสีสำหรับบ้านพักอาศัย จึงพิจารณาเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเพียงตัวแปรเดียว โดยใช้วิธีการรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดกระจกประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย นำมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด เพื่อนำมาแบ่งหาช่วงคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 คะแนนจนถึง 5 คะแนน โดยกำหนดให้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดน้อยลงก็ให้มีค่าคะแนนมากขึ้นตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 3.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกแต่ละชนิด

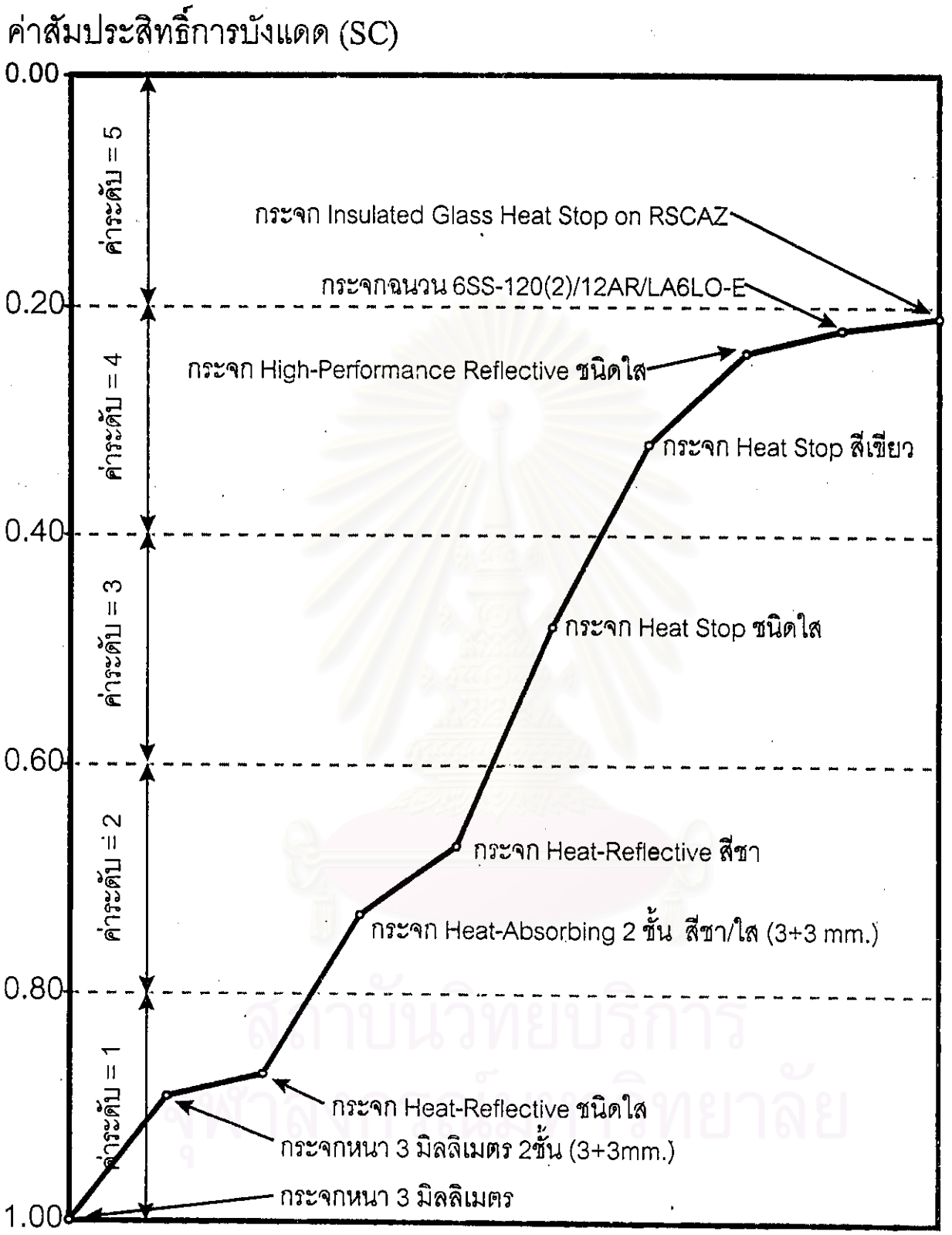
ชนิดของกระจก	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
(1) Single Clear Glass 3 mm.	1
(2) Double Glass Clear/Clear 3+3 mm.	0.89
(3) Heat-Reflective Clear Glass	0.87
(4) Heat-Absorbing Glass Gray/Clear 3+3 mm.	0.73
(5) Heat-Reflective Gray Glass	0.67
(6) Heat Stop on Clear Glass	0.48
(7) Heat Stop on Green Glass	0.32
(8) High-Performance Reflective Clear Glass	0.24
(9) Insulated Glass 6SS-120(2)/12AR/LA6LO-E	0.22
(10) Heat Stop on RSCAZ	0.21

จากข้อมูลในตารางพบว่า กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดมากที่สุดคือ 1 ส่วนกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดน้อยที่สุดคือ กระจกฉนวน Heat Stop on RSCAZ ซึ่งผลิตโดยบริษัท Thai-Cerman Specialty Glass มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 0.21 ในการแบ่งช่วงคะแนนต้องการแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 5 ช่วง ดังนั้นช่วงความกว้างของค่าคะแนนที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้คือ 0.20 ซึ่งทำให้สามารถกำหนดช่วงคะแนนได้ดังนี้

- กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ 0.8-1.0 ได้คะแนนเท่ากับ 1
- กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ 0.6 แต่ไม่เกิน 0.8 ได้คะแนนเท่ากับ 2
- กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ 0.4 แต่ไม่เกิน 0.6 ได้คะแนนเท่ากับ 3
- กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ 0.2 แต่ไม่เกิน 0.4 ได้คะแนนเท่ากับ 4
- กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ 0.0 แต่ไม่เกิน 0.2 ได้คะแนนเท่ากับ 5

เมื่อนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิจะปรากฏผลได้ดังแสดงในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 3-9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกแต่ละชนิด โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนน

3.4.3 เทคนิคในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนหลังคา

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยพบว่า พื้นที่ส่วนหลังคาของบ้านเป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะบ้านพักอาศัยจัดเป็นอาคารขนาดเล็ก[11] ซึ่งมีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารค่อนข้างมาก จึงทำให้เปลือกอาคาร (Building Envelope) ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกได้แก่ ส่วนของผนังและหลังคา เป็นตัวแปรที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของหลังคาบ้าน ซึ่งเป็นพื้นที่ผิวในส่วนเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน จึงทำให้ส่วนของหลังคาบ้านเป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน โดยมีค่าน้ำหนักในการคำนวณปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการปรับอากาศมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น ยกเว้นเฉพาะในกรณีที่เป็นบ้านแบบพิเศษ ซึ่งได้รับการออกแบบด้วยเทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานสำหรับภูมิภาคร้อนชื้นอย่างถูกต้อง[12] ซึ่งอาจทำให้อิทธิพลของความร้อนที่ถ่ายเทผ่านส่วนหลังคาบ้านลดน้อยลงไปมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น ๆ

ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็นของบ้าน ที่เกิดจากอิทธิพลของส่วนหลังคาบ้านใช้สมการ (1) ในการคำนวณซึ่งเป็นสมการเดียวกันกับการคำนวณหาภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังภายนอก เพราะผนังและหลังคาเป็นส่วนหนึ่งของระบบเปลือกอาคารเหมือนกัน และมีลักษณะเป็นผนังทึบ ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกจึงเกิดขึ้นโดยกระบวนการนำและการพาความร้อน ซึ่งแปรผันไปตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน พื้นที่ผิวของผนังหรือหลังคาภายนอก และภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า[13] ในส่วนของหลังคานั้นปริมาณความร้อนจากอากาศภายนอกจะต้องถ่ายเทผ่านชั้นของส่วนประกอบต่าง ๆ ของหลังคาบ้าน ก่อนลงสู่พื้นที่ใช้งานด้านล่าง ส่วนต่าง ๆ ของหลังคาบ้านโดยทั่วไปมักจะประกอบด้วย วัสดุมุงหลังคา ช่องว่างอากาศภายใต้หลังคา วัสดุฉนวนกันความร้อน (ถ้ามี) และวัสดุฝ้าเพดาน ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เรียกว่า ระบบหลังคา ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้ในส่วนของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากระบบหลังคาจะมากหรือน้อย จึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของระบบหลังคาโดยรวม ในการประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศของส่วนหลังคาบ้าน จึงประเมินได้จากความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกไม่ให้ถ่ายเทผ่านลงสู่พื้นที่ใช้งานภายในอาคาร ซึ่งคำนวณได้จากผล

---

[11] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1 องค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงานในอาคาร

[12] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 2 หัวข้อ 2.4 แนวทางในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

[13] ดูสมการ (1) หน้า 60

รวมของค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า R ของระบบหลังคาทุกชั้น โดยใช้สมการ (6) แต่เนื่องจากลักษณะและทิศทางของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่กระทำกับผิวหลังคาแตกต่างจากผนัง มีผลทำให้ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหลังคา ช่องว่างอากาศในหลังคาและในฝ้าเพดานมีค่าต่างไปจากผนัง ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในกรณีที่เป็นหลังคาสามารถแบ่งออก ๆ ได้เป็น 3 ประเภท[14] ได้แก่

1. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของหลังคาอาคาร หรือ Ro ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.055 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ สำหรับในกรณีที่เป็นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง และเอียงทำมุมใด ๆ
2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของหลังคาอาคาร หรือ Ri ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่
   2.1. กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแตกต่างกันตามองศาของหลังคา ได้แก่
      - หลังคาราบ มีค่าเท่ากับ 0.162 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
      - หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.148 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
      - หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.133 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

   2.2. กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแตกต่างกันตามองศาของหลังคา ได้แก่
      - หลังคาราบ มีค่าเท่ากับ 0.801 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
      - หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.595 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
      - หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.391 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
3. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศในหลังคา หรือ Ra ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของช่องว่างอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี ได้แก่
   3.1. กรณีที่ช่องว่างอากาศในหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง แบ่งออกเป็น
      3.1.1. ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มิลลิเมตร สำหรับหลังคาราบ หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ และหลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากันคือ 0.110 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

---

[14] ที่มาของข้อมูลได้มาจากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 หน้า 58-60 ในหนังสือ คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร จัดทำโดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

3.1.2. ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มิลลิเมตร สำหรับหลังคาราบ หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ และหลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากันคือ 0.148 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

3.1.3. ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแตกต่างกันตามองศาของหลังคา ได้แก่

- หลังคาราบ มีค่าเท่ากับ 0.174 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับมีค่าเท่ากับ 0.165 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.158 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

3.2. กรณีที่ช่องว่างอากาศในหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ แบ่งออกเป็น

3.2.1. ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มิลลิเมตร สำหรับหลังคาราบ หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ และหลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากันคือ 0.250 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

3.2.2. ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแตกต่างกันตามองศาของหลังคา ได้แก่

- หลังคาราบ มีค่าเท่ากับ 0.572 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับมีค่าเท่ากับ 0.571 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.570 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

3.2.3. ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศแตกต่างกันตามองศาของหลังคา ได้แก่

- หลังคาราบ มีค่าเท่ากับ 1.423 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับมีค่าเท่ากับ 1.095 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$
- หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0.768 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

4. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศในเพดาน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสี ได้แก่

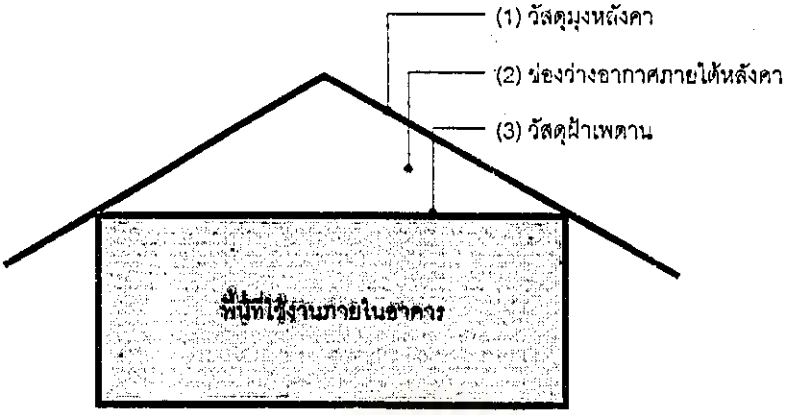
4.1. กรณีที่ช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากับ 0.458 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

4.2. กรณีที่ช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ มีค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศเท่ากับ 1.356 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$

อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาถึงความสามารถของระบบหลังคาในการสกัดกั้นความร้อนจากสภาวะอากาศภายนอกเพื่อลดภาระในการทำความเย็น โดยประเมินจากค่าความต้านทานความ

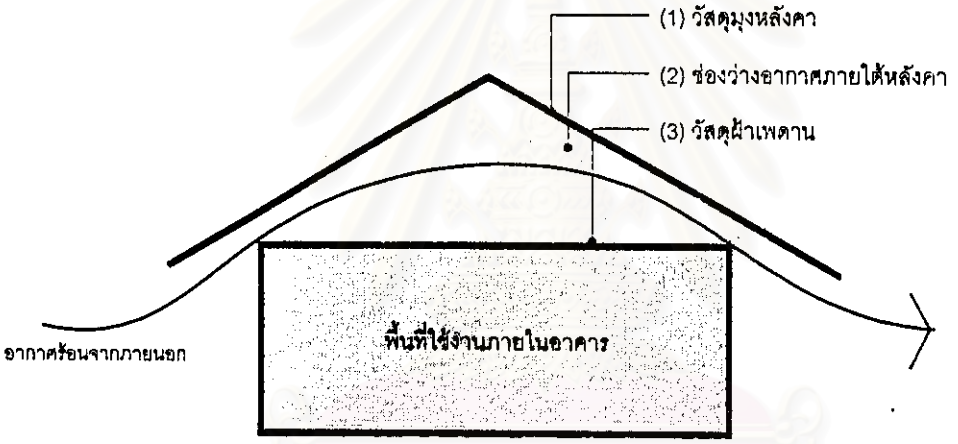
ร้อนรวมของระบบหลังคาเพียงประการเดียวนั้นไม่เพียงพอ เนื่องจากมีบางกรณีที่มีการออกแบบให้มีการระบายอากาศภายใต้หลังคา ซึ่งทำให้มีผลถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากช่องว่างภายใต้หลังคาลงสู่พื้นที่ใช้งานภายในบ้าน เพราะอากาศร้อนจากภายนอกที่ผ่านช่องระบายอากาศภายใต้หลังคาเข้าไปสะสมอยู่ภายใน การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นจากอากาศภายในช่องใต้หลังคาผ่านลงสู่ภายในอาคารโดยตรง ลักษณะดังกล่าวจึงเปรียบเสมือนชั้นของวัสดุมุงหลังคาและชั้นของวัสดุอื่น ๆ ที่อยู่เหนือช่องระบายอากาศใต้หลังคาดังกล่าว ไม่ได้มีส่วนช่วยในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน มีเฉพาะแต่เพียงชั้นของฝ้าเพดานที่กั้นอยู่ระหว่างช่องระบายอากาศใต้หลังคาและพื้นที่ใช้งานเท่านั้นที่ทำหน้าที่สกัดกั้นความร้อนไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นแม้ระบบหลังคาในบางกรณีที่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา จะมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพราะมีการนำวัสดุฉนวนที่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนเข้ามาผสมผสานในระบบหลังคานั้น แต่ถ้าตำแหน่งที่ทำการติดตั้งฉนวนในระบบหลังคานั้นไม่มีความเหมาะสม โดยไม่ได้คำนึงถึงความร้อนที่อาจถ่ายเทผ่านช่องว่างภายใต้หลังคา (หรือเหนือฝ้าเพดาน) เข้าสู่ภายในห้องหรือพื้นที่ใช้งาน ก็อาจทำให้การออกแบบติดตั้งวัสดุฉนวนในระบบหลังคานั้น เป็นความสูญเสียที่ไม่เกิดประโยชน์ในการช่วยสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกแต่ประการใด ตำแหน่งของการติดตั้งวัสดุฉนวนในระบบหลังคาเพื่อช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับอาคารที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่มีการออกแบบให้มีระบบระบายอากาศในช่องว่างใต้หลังคา ควรจะติดตั้งฉนวนกั้นระหว่างส่วนที่เป็นช่องว่างใต้หลังคาและพื้นที่ใช้งาน เพราะลักษณะการติดตั้งฉนวนดังกล่าวนี้ทำให้ความร้อนจากภายใต้ผิวหลังคาไม่สามารถถ่ายเทผ่านชั้นของฉนวนเข้าไปภายในอาคารได้ ทำให้เกิดประโยชน์จากการใช้วัสดุฉนวนอย่างเต็มประสิทธิภาพ

จากลักษณะของการออกแบบระบบหลังคาที่แตกต่างกัน ทำให้มีผลกระทบต่อการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนหลังคา ในการประเมินศักยภาพของระบบหลังคาโดยรวม จึงต้องพิจารณาถึงตำแหน่งของการติดตั้งฉนวนประกอบกับการระบายอากาศภายใต้หลังคา เพราะถ้าเป็นกรณีที่ระบบหลังคาไม่มีการระบายอากาศใต้หลังคา ก็สามารถคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของระบบหลังคาได้จาก ผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของชั้นวัสดุแต่ละชั้นตั้งแต่ฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของหลังคาจนถึงฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของหลังคา (หรือฝ้าเพดาน) แต่ในกรณีเป็นการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของระบบหลังคา ที่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา จะต้องเริ่มคำนวณจากฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างใต้หลังคาจนถึงฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของฝ้าเพดานเท่านั้น (ดูรูป 3.1 และ รูป 3.2 ประกอบเพิ่มเติม)



$$\sum R = Ro + R1 + R2 + R3 + Ri$$

รูป 3-6 แสดงระบบหลังคาในกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา



$$\sum R = Ro + R3 + Ri$$

รูป 3-7 แสดงระบบหลังคาในกรณีที่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา

ในกรณีของการประเมินค่าการประหยัดพลังงานของหลังคา ก็ใช้ลักษณะเช่นเดียวกันกับผนังทึบ โดยใช้วิธีการรวบรวมระบบหลังคาประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย นำมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนของระบบหลังคาแต่ละแบบ จากนั้นนำมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด เพื่อนำมาแบ่งหาช่วงคะแนนออกเป็น 5 ระดับตั้งแต่ 1 คะแนนจนถึง 5 คะแนน โดยกำหนดให้ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากขึ้นก็ให้มีค่าคะแนนมากขึ้นตามลำดับ โดยมีรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคาแต่ละแบบ ที่เลือกมาเป็นตัวอย่างในตอนต่อไปนี้

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคา

กระเบื้องหลังคา หนา 12 มิลลิเมตรไม่มีฉนวน

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.836	0.014	
3 ช่องว่างอากาศในหลังคา			0.174	0.055
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.024		**0.439**	**0.251**

กระเบื้องหลังคา ชนิดมีอะลูมินั่มฟอล์ย

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.836	0.014	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
5 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.024		**0.656**	**0.251**

กระเบื้องหลังคา หนา 12 มิลลิเมตรมีฉนวน 1 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.836	0.014	
3 ช่องว่างอากาศในหลังคา			0.174	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.025	0.035	0.714	0.714
5 แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.049		1.153	**0.965**

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 1 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.025	0.035	0.714	0.714
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.042		1.360	0.910

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 2 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ			0.133	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.050	0.035	1.429	1.429
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.067		1.816	1.624

กระเบื้องหลังคา หนา 12 มิลลิเมตรมีฉนวน 2 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.836	0.014	
3 ช่องว่างอากาศในหลังคา			0.174	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.050	0.035	1.429	1.429
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.074		1.868	1.679

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 2 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.050	0.035	1.429	1.429
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.067		**2.074**	**1.624**

กระเบื้องหลังคา หนา 12 มิลลิเมตรมีฉนวน 3 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.336	0.014	
3 ช่องว่างอากาศในหลังคา			0.174	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.075	0.035	2.143	2.143
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.099		2.582	**2.394**

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 3 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.075	0.035	2.143	2.143
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.092		**2.789**	**2.339**

กระเบื้องหลังคา หนา 12 มิลลิเมตรมีฉนวน 4 นิ้ว

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 กระเบื้องหลังคา	0.012	0.836	0.014	
3 ช่องว่างอากาศในหลังคา			0.174	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.100	0.035	2.857	2.857
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.124		3.296	3.108

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 4 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.100	0.035	2.857	2.857
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.117		3.503	3.053

หลังคาแอสฟัลท์ มีฉนวนหนา 6 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (m)	ค่า k W / (m • °C)	ค่า R (No Vent.) $m^2 \cdot °C / W$	ค่า R (with Vent.) $m^2 \cdot °C / W$
1 ฟิล์มอากาศด้านนอก			0.055	
2 หลังคาแอสฟัลท์	0.005	1.226	0.004	
3 ช่องว่างอากาศ (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ)			0.391	0.055
4 ฉนวนใยแก้ว	0.150	0.035	4.286	4.286
5 แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	0.063
6 ฟิล์มอากาศด้านใน			0.133	0.133
	0.167		4.932	4.482

การกำหนดช่วงคะแนนของระบบหลังคา

เมื่อคำนวณค่าความต้านทานรวมของระบบหลังคาแต่ละแบบ ที่เลือกมาเป็นตัวอย่างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การสร้างตารางเพื่อเรียงลำดับค่าความต้านทานของระบบหลังคาที่คำนวณได้จากน้อยไปหามาก และนำมาจัดกลุ่มเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดช่วงค่าคะแนนที่จะใช้ในการประเมินศักยภาพของระบบหลังคาในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ จากการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคานำมาสร้างเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 3.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคาแต่ละแบบ ในกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา

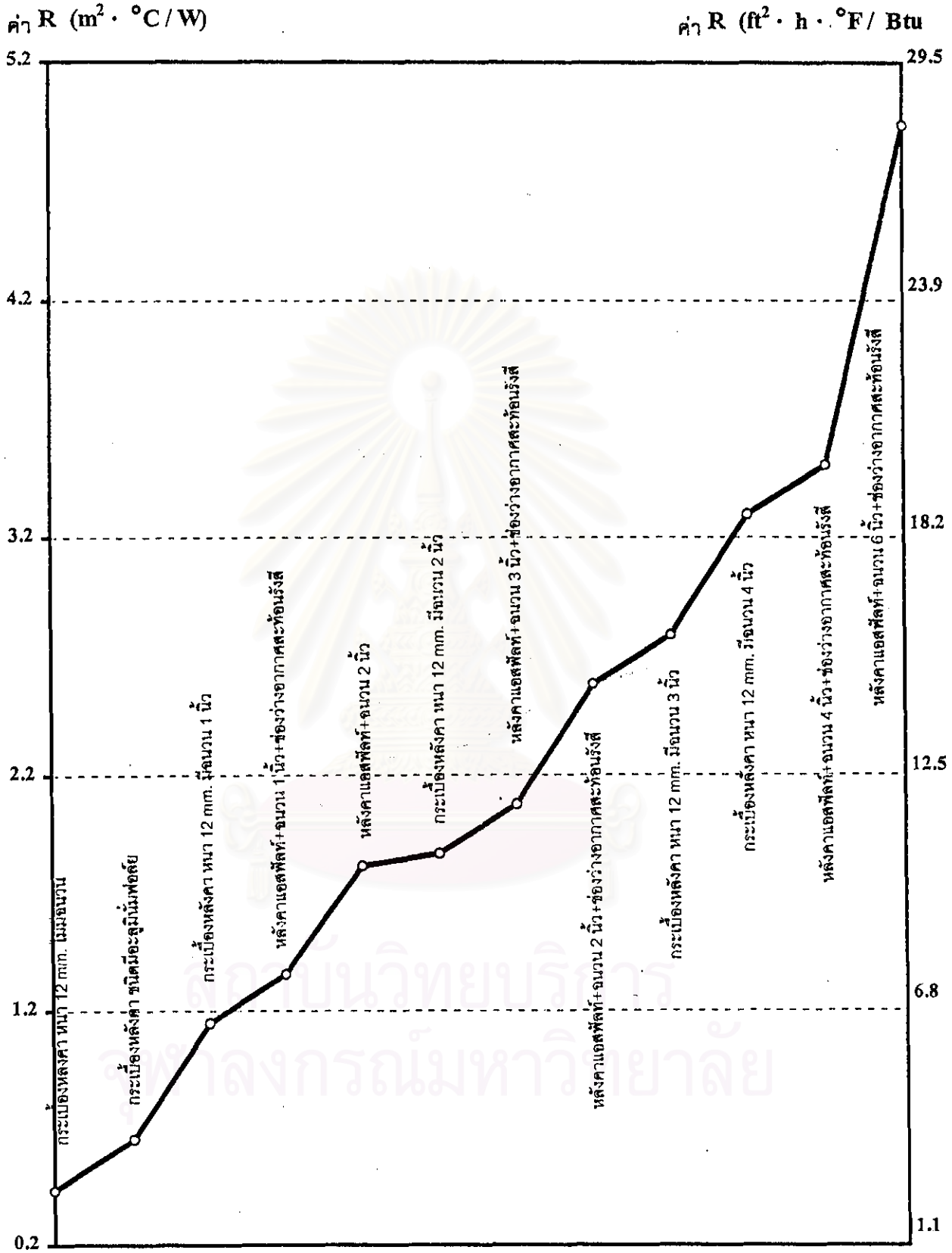
ลักษณะของระบบหลังคา	R without Vent. ($m^2 \cdot {}^\circ C / W$)	R with Vent. ($m^2 \cdot {}^\circ C / W$)
กระเบื้องหลังคา หนา 12 mm. ไม่มีฉนวน	0.439	0.251
กระเบื้องหลังคา ชนิดมีอะลูมินัมฟอล์ย	0.656	0.251
กระเบื้องหลังคา หนา 12 mm. มีฉนวน 1 นิ้ว	1.153	0.965
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 1 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี	1.360	0.910
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 2 นิ้ว	1.816	1.624
กระเบื้องหลังคา หนา 12 mm. มีฉนวน 2 นิ้ว	1.868	1.679
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 2 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี	2.074	1.624
กระเบื้องหลังคา หนา 12 mm. มีฉนวน 3 นิ้ว	2.582	2.394
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 3 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี	2.789	2.339
กระเบื้องหลังคา หนา 12 mm. มีฉนวน 4 นิ้ว	3.296	3.108
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 4 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี	3.503	3.053
หลังคาแอสฟัลท์+ฉนวน 6 นิ้ว+ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี	4.932	4.482

จากข้อมูลในตารางพบว่า ระบบหลังคาที่ใช้กระเบื้องหลังคาหนา 12 มิลลิเมตร โดยไม่มีฉนวน มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดคือ 0.439 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ ส่วนระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากที่สุดคือ ระบบที่ใช้หลังคาแอสฟัลท์ที่มีฉนวน 6 นิ้วและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับ 4.932 $m^2 \cdot {}^\circ C / W$ เมื่อนำไปหาพิสัย (Range) ของข้อมูลจึงมีค่าเท่ากับ 4.493 แต่ต้องการแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 5 ช่วง ดังนั้น ช่วงความกว้างของค่าคะแนนที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้คือประมาณ 1.00 ซึ่งทำให้สามารถกำหนดช่วงคะแนนได้ดังนี้

- ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 0.2 แต่น้อยกว่า 1.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 1
- ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 1.2 แต่น้อยกว่า 2.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 2
- ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 2.2 แต่น้อยกว่า 3.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 3
- ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 3.2 แต่น้อยกว่า 4.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 4
- ระบบหลังคาที่มีค่าความต้านทานความร้อนตั้งแต่ 4.2 แต่น้อยกว่า 5.2 $m^2 \cdot {}^{\circ}C / W$ ได้คะแนนเท่ากับ 5

เมื่อนำข้อมูลไปสร้างเป็นแผนภูมิจะปรากฏผลได้ดังแสดงในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ 3-10 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของระบบหลังคาแต่ละแบบ โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนน

3.4.4 เทคนิคในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในด้านการรั่วไหลของอากาศ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศอีกประการหนึ่งคือ ความสามารถในการควบคุมไม่ให้เกิดการรั่วไหลของอากาศ ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ระบบช่องเปิดประตู-หน้าต่างของบ้านพักอาศัย การรั่วไหลของอากาศที่เกิดขึ้นบริเวณขอบและรอยแยกของประตู-หน้าต่างเป็นสิ่งที่ยากต่อการควบคุม แต่เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึง เพราะบ้านที่ติดตั้งระบบปรับอากาศแต่มีอัตราการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในมาก ก็จะมีผลถึงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้และสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร เพราะถ้ามีอากาศร้อนจากภายนอกรั่วซึมเข้ามาภายในห้องที่มีการปรับอากาศ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นผลเสียมากกว่าผลดี ซึ่งแตกต่างจากแนวความคิดของบ้านไทยในสมัยโบราณ ในสมัยก่อนไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศบ้านไทยโบราณได้รับออกแบบโดยเน้นการเลือกใช้ระบบการก่อสร้าง และเลือกใช้วัสดุที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ในเวลากลางวันสามารถระบายอากาศร้อนจากภายในบ้านออกสู่ภายนอก และในเวลากลางคืนอากาศเย็นจากภายนอกก็สามารถถ่ายเทผ่านเข้ามาภายในบ้านได้โดยใช้ระบบธรรมชาติ สำหรับบ้านพักอาศัยหรืออาคารอื่น ๆ ทั่วไปในปัจจุบันที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ การปล่อยให้อากาศจากภายนอกซึ่งส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินเขตสบายรั่วไหลเข้ามาภายในบ้าน จะเป็นการเพิ่มภาระในการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศที่ต้องลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส และลดความชื้นในรูปของความร้อนแฝง เพื่อปรับสภาวะอากาศภายในบ้านให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลาโดยไม่จำเป็น

ในการพิจารณาถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงการควบคุมการรั่วไหลของอากาศ จึงเลือกใช้วิธีการจำแนกหมวดหมู่ของช่องเปิดและหน้าต่างประเภทต่าง ๆ ตามอัตราการรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage) ที่เกิดขึ้นกับช่องเปิดประเภทนั้น ๆ นำมาสร้างเป็นตารางและกำหนดช่วงคะแนนเป็น 5 ระดับดังนี้

ตาราง 3.7 แสดงการกำหนดระดับคะแนนของช่องเปิดแต่ละชนิด

ชนิดของช่องเปิด	ระดับคะแนน
- หน้าต่างแบบบานเกล็ดปรับมุม	1
- ประตู-หน้าต่างบานเปิดชนิดวงกบและกรอบบานไม้ - ประตู-หน้าต่างบานเลื่อนชนิดวงกบและกรอบบานไม้ - ประตู-หน้าต่างบานเฟี้ยม	2
- ประตู-หน้าต่างบานเปิดชนิดวงกบและกรอบบานอลูมิเนียม	3

ชนิดของช่องเปิด	ระดับคะแนน
- ประตู-หน้าต่างบานเลื่อนชนิดวงกบและกรอบบานอลูมิเนียม	4
- ประตู-หน้าต่างบานกระทุ้งชนิดวงกบและกรอบบานอลูมิเนียม	5

3.4.5 เทคนิคการประเมินค่าการประหยัดพลังงานด้านรูปทรงอาคาร

การเลือกรูปทรงของบ้านพักอาศัยในกรณีที่ต้องการให้เกิดการประหยัดพลังงาน มีสิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวของเปลือกอาคารที่สัมผัสกับภายนอก (Exposed Area) ต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยพิจารณาเฉพาะพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนที่มีการปรับอากาศ ทั้งนี้เพราะพื้นที่ผิวภายนอกของบ้านพักอาศัยซึ่งเป็นส่วนของอาคารที่สัมผัสกับอากาศภายนอกยิ่งมาก ก็ยิ่งทำให้ปริมาณความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารเข้าไปภายในได้มาก มีผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ ยกเว้นในกรณีที่ระบบเปลือกอาคารซึ่งประกอบด้วยพื้น ผนัง และหลังคาของบ้าน มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอก ไม่ให้ถ่ายเทผ่านเข้าไปภายในอาคารได้มาก ซึ่งจะทำให้อิทธิพลของการใช้พลังงานที่เกิดจากรูปทรงอาคารลดน้อยลงไป อย่างไรก็ตามการก่อสร้างบ้านในปัจจุบันส่วนใหญ่ ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของระบบเปลือกอาคารในการต้านทานความร้อนจากภายนอกมากนัก ทำให้อิทธิพลของพื้นที่ผิวอาคารที่มีต่อภาระในการทำความเย็นมีค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นบ้านพักอาศัยซึ่งเป็นอาคารขนาดเล็กจัดเป็นอาคารประเภทที่เปลือกอาคารมีอิทธิพลมากในการใช้พลังงานในอาคาร เพราะมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของเปลือกอาคารต่อปริมาตรของอาคารค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับอาคารขนาดใหญ่ ภาระในการทำความเย็นส่วนหนึ่งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบและเลือกรูปทรงของบ้านนั้น

รูปทรงที่เหมาะสมและเอื้ออำนวยให้เกิดการประหยัดพลังงาน สำหรับบ้านและอาคารทั่ว ๆ ไป คือ รูปทรงที่มีลักษณะกะทัดรัด (Compact Form) ซึ่งเป็นรูปทรงมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยหรือปริมาตรภายในอาคารน้อยที่สุด (เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่ส่วนที่มีการปรับอากาศ) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบรูปทรงของอาคารที่น่าจะเป็นไปได้กับรูปทรงทางเรขาคณิตจะพบว่า รูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปทรงที่มีลักษณะกะทัดรัดมากที่สุด ดังนั้น อาคารหรือบ้านที่มีรูปทรงภายนอกใกล้เคียงกับรูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงเป็นอาคารที่มีรูปทรงที่เอื้อประโยชน์ให้เกิดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศอย่างคุ้มค่ามากที่สุด การสร้างเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการประเมินศักยภาพของรูปทรงที่มีอิทธิพลต่อการประหยัดพลังงาน ในที่นี้เลือกใช้วิธีพิจารณาผังพื้นของอาคาร เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของผนังภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารส่วนที่มีการปรับอากาศ อาคารหรือบ้านที่มีลักษณะรูปทรงที่กะทัดรัดย่อมจะมีอัตราส่วนระหว่างความยาว

ของผนังภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยส่วนปรับอากาศภายในอาคารน้อยที่สุด กล่าวคือ อาคารที่มีลักษณะที่รูปทรงภายนอกใกล้เคียงกับรูปทรงวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสมากที่สุดนั่นเอง ในการสร้างเกณฑ์สำหรับประเมินคำนวณจากรูปลูกบาศก์ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง x ยาว x สูงเท่ากัน ซึ่งที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานมากกว่ารูปทรงอื่น แต่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในที่แตกต่างกัน โดยถือเสมือนเป็นการจำลองรูปลักษณะของอาคารพักอาศัยตั้งแต่ 1 ชั้นจนถึง 4 ชั้นดังนี้

กรณีที่ 1 รูปลูกบาศก์ขนาด 3 x 3 x 3 หน่วย ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะของรูปทรงและพื้นที่ใช้สอยของบ้านชั้นเดียว โดยคิดพื้นที่ผิวภายนอกรวม 5 ด้าน (ยกเว้นพื้น) พื้นที่ภายในเพียงชั้นเดียว ดังนั้นจะได้ตัวเลขอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายใน คือ

อัตราส่วน = 5 x (3 x 3) / 3 x 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5

กรณีที่ 2 รูปลูกบาศก์ขนาด 6 x 6 x 6 หน่วย ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะของรูปทรงและพื้นที่ใช้สอยของบ้าน 2 ชั้น ได้ตัวเลขอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายใน คือ

อัตราส่วน = 5 x (6 x 6) / 6 x 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5

กรณีที่ 3 รูปลูกบาศก์ขนาด 9 x 9 x 9 หน่วย ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะของรูปทรงและพื้นที่ใช้สอยของบ้าน 3 ชั้น ได้ตัวเลขอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายใน คือ

อัตราส่วน = 5 x (9 x 9) / 9 x 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.6

กรณีที่ 4 รูปลูกบาศก์ขนาด 12 x 12 x 12 หน่วย ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะของรูปทรงและพื้นที่ใช้สอยของบ้าน 4 ชั้น ได้ตัวเลขอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายใน คือ

อัตราส่วน = 5 x (12 x 12) / 12 x 12 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.25

ในการพิจารณาถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานโดยคำนึงถึงรูปทรงของอาคาร จึงใช้ตัวเลขอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในของรูปลูกบาสก์ ที่ได้จากการคำนวณข้างต้นมากำหนดช่วงคะแนนเป็น 5 ระดับดังนี้

ตาราง 3.8 แสดงการกำหนดระดับคะแนนของรูปทรงอาคาร

รูปทรงของอาคาร	ระดับคะแนน
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในตั้งแต่ 5 ขึ้นไป	1
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในตั้งแต่ 2.5 แต่ไม่เกิน 5	2
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในตั้งแต่ 1.6 แต่ไม่เกิน 2.5	3
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในตั้งแต่ 1.25 แต่ไม่เกิน 1.6	4
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในน้อยกว่า 1.25	5

3.4.6 เทคนิคการประเมินค่าการประหยัดพลังงานด้านสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้ง

ในการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการประเมินที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม ทำได้โดยการแบ่งหมวดหมู่ของตัวแปร ได้แก่ ดิน น้ำ ลม แสงแดดโดยในการใช้สภาพแวดล้อมเพื่อการออกแบบบ้านพักอาศัยนั้นสามารถแยกออกเป็น สภาพภูมิประเทศภายในที่ตั้งโครงการ (Land Form) เป็นการใช้ประโยชน์จากรูปทรงของสภาพภูมิประเทศของโครงการในการใช้เพื่อลดความรุนแรงของกระแสลม รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากความเย็นของดิน เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง มีมวลมาก ดินจึงมีลักษณะเป็น Thermal Mass นั่นคือ เมื่อดินได้รับความร้อน หรือความเย็น อุณหภูมิที่ดินได้รับจะถูกสะสมอยู่ภายในเป็นเวลานานเพราะมีมวลที่มากการนำความร้อน (Conduction) ลงสู่ดินจึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นเมื่อดินมีอุณหภูมิอยู่ในภาวะหนึ่ง ๆ แล้ว การที่จะถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกก็จะช้าด้วยเช่นกัน อุณหภูมิดินจึงค่อนข้างจะคงที่ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามสภาพภูมิอากาศ โดยผืนดินในระดับความลึก 1 เมตร ดินจะมีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 26 - 27 องศาเซลเซียส (อาษา สิงหาคม 2539) การใช้สภาพภูมิประเทศที่เป็นเนินดินหรือการปรับสภาพภูมิประเทศให้มีลักษณะเช่นนี้โดยปลูกอาคารชิดเนินดินเพื่อการใช้ประโยชน์จากความเย็นของดินเป็นการทำให้อาคารในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิคงที่ และการปรับสภาพแวดล้อมโดยเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ก็จะสามารถใช้ประโยชน์จากความเย็นของดิน ได้ซึ่งจะช่วยให้พื้นอาคารเย็นกว่าอุณหภูมิภายนอก การที่จะเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดินได้ คือ การปรับแต่งดินที่มีอยู่ การใช้สภาพภูมิประเทศ หรือการปรับแต่งสภาพแวดล้อมโดยมีจุดประสงค์ที่การนำเอาความเย็นจากดินมาใช้จะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง

1. การใช้ต้นไม้เพื่อการลดอุณหภูมิโดยรอบอาคารเนื่องจากต้นไม้มีกระบวนการสังเคราะห์แสงจากดวงอาทิตย์เพื่อการสร้างอาหาร มีการดูดน้ำจากดินแล้วคายไอน้ำออกทางปากใบซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณไอน้ำในอากาศ โดยในการแปลงสถานะของน้ำเป็นไอต้องใช้ความร้อน

ประมาณ 1,000 Btu ต่อน้ำ 4.5 ลิตร ในต้นไม้ใหญ่ที่สามารถดูดน้ำได้ 5.5 ลิตรต่อชั่วโมง จะสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นลงได้ 12,000 Btu ต่อชั่วโมงเทียบเท่าได้กับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน ทำให้อากาศโดยรอบเย็นลงได้ ต้นไม้และใบไม้ช่วยกรองแสงแดดจากดวงอาทิตย์ ร่มเงาของต้นไม้ที่พาดผ่านอาคารช่วยลดอุณหภูมิที่เกิดแสงแดดที่ส่องสู่อาคารโดยตรง ต้นไม้ยังมีผลต่อลมประจำถิ่น สามารถทำให้ลมประจำถิ่นเปลี่ยนทิศทางได้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ต้นไม้ที่มีลักษณะของพุ่มใบต่าง ๆ กัน

2. การใช้พืชคลุมดิน เช่นสวนหย่อมรอบอาคาร หรือการใช้หญ้า มีส่วนช่วยให้รอบอาคารเย็นลงได้เช่นเดียวกับต้นไม้ใหญ่ที่อาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้สภาวะแวดล้อมเย็นลงเนื่องจากไอน้ำ หรือพืชคลุมดินก็เป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนขณะเดียวกันก็เป็นการหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ช่วยลดอุณหภูมิที่ร้อนในช่วงบ่าย และยังช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารลงได้ รวมทั้งช่วยให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์กักเก็บไว้ในดินน้อยลง ทั้งยังเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตา (ป้องกันการสะท้อนของแสงที่อาจทำให้เกิด Glare ของสายตา) และป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งได้อีกด้วย

3. การใช้แหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือบ่อน้ำตามธรรมชาติที่มีความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 1.50 เมตร จะมีค่าความจุความร้อนเพียงพอในการดูดกลืนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวน้ำอยู่ในระดับประมาณ 26 -28 องศาเซลเซียส (อาษา สิงหาคม 2539) การระเหยของน้ำจะช่วยทำให้บริเวณโดยรอบเย็นลงลมที่พัดผ่านแหล่งน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิโดยรอบอาคารลงได้ แต่ทั้งนี้ต้องมีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมด้านอื่น ๆ ร่วมกันเพื่อช่วยลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมก่อนเข้าสู่อาคาร อันเป็นการช่วยลดภาระการปรับอากาศลงได้

4. การใช้การระบายอากาศ การออกแบบอาคารที่ต้องการใช้กระแสลมช่วยให้การลดค่าความต้านทานความร้อน (Resistance) ของผิวอาคารให้ลดลง และการใช้กระแสลมเพื่อการระบายอากาศภายในอาคารเมื่อสภาวะหรืออุณหภูมิภายนอกอาคารเอื้ออำนวย คือ อุณหภูมิภายนอกอาคารต้องอยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย ที่มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่า ช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม นอกนั้นเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิและความชื้นของอากาศอยู่นอกช่วงของสภาวะน่าสบายตลอดเวลา จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบเครื่องจักรกลเข้ามาช่วยเพื่อการปรับอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย