ปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเดี่ยว

Architectural Factors of Electricity Usage in Detached Houses

นราธิป ทับทัน
นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเดี่ยว เป็นการพิจารณาองค์ประกอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสถาปัตยกรรมอันมีผลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนภายในอาคาร การระบายอากาศ และการใช้แสงธรรมชาติ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่าง เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบและปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานให้อาคาร ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านเดี่ยว โดยการค้นคว้าทฤษฎีและหลักการออกแบบที่เกี่ยวข้อง และพิจารณาปัจจัยและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ซึ่งแจกแจงปัจจัยต่างๆออกเป็นกลุ่มหัวข้อต่างๆตามเนื้อหา และพิจารณาตัวแปรที่สามารถควบคุมได้เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบหรือปรับปรุงให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยอ้างอิงหรือประยุกต์จากทฤษฎีและหลักเกณฑ์ด้านการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ทฤษฎีด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ผลจากการศึกษาได้สรุปเนื้อหาครอบคลุมปัจจัยด้านสถาปัตยกรรม แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ คือ (1) สภาพแวดล้อมอาคาร (2) ลักษณะทางสถาปัตยกรรม และ (3) ระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบอาคาร ผู้วิจัยได้ศึกษาในประเด็นที่สำคัญ คือ การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนภายในอาคาร การระบายอากาศ และการใช้แสงธรรมชาติ เพื่อลดภาระการใช้พลังไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างเป็นหลัก ผลที่ได้จากศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างของอาคาร และเสนอแนวทางออกแบบปรับปรุงบ้านเดี่ยวให้มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎีหรือเกณฑ์ใช้อ้างอิง สถาปนิกและบุคคลทั่วไปสามารถใช้แนวทางดังกล่าวปรับปรุงแนวทางการออกแบบรวมถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร เพื่อให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ปัจจัยทางการออกแบบสถาปัตยกรรม, ประหยัดพลังงานไฟฟ้า, บ้านเดี่ยว, บ้านประหยัดพลังงาน

Abstract

To study about architectural factors of electricity usage in detached houses is about to consider architectural design factors which protect the heat to the buildings, the decreasing of heat inside the building, ventilation, usage of sunlight which have direct affect to electricity usage in adjust the air and provide the light and to suggest the way to design and adjust the building to efficiently in saving the energy. Researchers have studied the architectural factors of electricity usage in detached houses by searching the theory and designing principle and consider the factors and composition of architectural for giving different factors to group the topic along as the content and consider the variable which can control the way or adjust the saving electric in the buildings by refer to the theory and faith rules in using electricity. The results from the study, we have concluded all the content about architectural which was divided into 3 topics (1) building environment (2) characteristic of architectural (3) the system to build the building and electricity attached to the building. Researchers have studied the important point is to protect the heat to the building,

the decreasing the heat inside the building, ventilation, natural light usage, for reducing the usage of energy in adapt the air and giving the lightness. From the studying, make us known about the variable that have effect of the burden to the electricity usage in adjust the air and giving the light to the building and we also giving the way to improve detached houses for efficiently in electricity usage as the theory and rules that refer to. Architecture and also normal people can use the way that we say as above to adjust the way to design and also the way of behavior to using electricity in the house for reducing the electricity usage.

Keywords: architectural design factors, electricity saving, detached houses, energy-saving houses

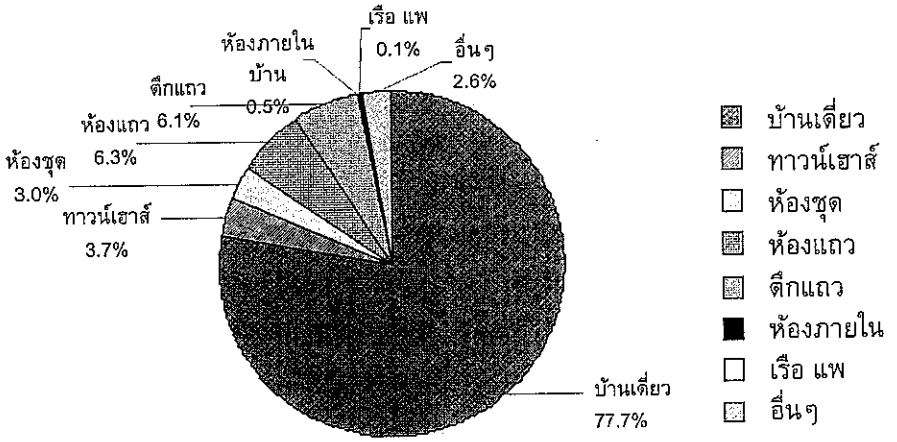
1. บทนำ

ปัจจัยทางสถาปัตยกรรม ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและการให้แสงสว่างของอาคารโดยตรง อาคารพักอาศัยที่มีการออกแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารที่เหมาะสมและการใช้ประโยชน์จากการพึ่งพาธรรมชาติ โดยเฉพาะการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิภายในอาคารและการให้แสงสว่าง ทำให้ต้องมีการใช้เครื่องปรับอากาศ และเปิดไฟฟ้าส่องสว่างแม้ว่าจะอยู่ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง สำหรับอาคารพักอาศัยหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการใช้ระบบธรรมชาติและได้รับการออกแบบที่สอดคล้องจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างได้

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศแล้ว ภาคที่อยู่อาศัยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในลำดับที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 21.2 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศ รองจากภาคอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 44.8 และภาคธุรกิจร้อยละ 24.9 ตามลำดับ ส่วนภาคเกษตรกรรมร้อยละ 0.2 และภาคอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 8.9 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2550)

การใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัยถึงแม้ว่าจะเป็นหน่วยที่เล็ก แต่ก็มีจำนวนทั่วประเทศมากถึง 20 ล้านหน่วยในปัจจุบัน(ศูนย์ประมวลผลการทะเบียน สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. 2550) และนับวันจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาสัดส่วนอาคารพักอาศัยทั่วราชอาณาจักรแยกตามประเภทอาคาร จะพบว่าบ้านเดี่ยวมีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 77.7 ของอาคารพักอาศัยทั้งหมด รองลงมาคือ ห้องแถวร้อยละ 6.3 ตึกแถวร้อยละ 6.1 ทาวน์เฮาส์ร้อยละ 3.7 ห้องชุดร้อยละ 3 อื่นๆ ร้อยละ 2.6 ห้องภายในบ้านร้อยละ 0.5 และเรือแพร้อยละ 0.1 ตามลำดับ (สำมะโนประชากรและเคหะทั่วราชอาณาจักร สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2550) ดังในแผนภูมิที่ 1

แผนภูมิที่ 1 แสดงสัดส่วนที่พักอาศัยทั่วราชอาณาจักร จำแนกตามประเภทต่างๆ



ที่มา : สำมะโนประชากรและเคหะทั่วราชอาณาจักร สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี พ.ศ. 2550

บ้านเดี่ยว มีรูปแบบและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างจากอาคารพักอาศัยประเภทอื่น การศึกษาปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมของบ้านเดี่ยวที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่าง จะช่วยส่งเสริมให้มีการออกแบบและปรับปรุงอาคารประหยัดพลังงานในภาพรวมของภาคที่อยู่อาศัยได้ โดยจะมุ่งเน้นศึกษาในประเด็นเกี่ยวกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การสร้างความเย็นให้กับอาคาร การลดภาระการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า การระบายอากาศ และการพึ่งพาแสงธรรมชาติ เป็นต้น

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างของบ้านเดี่ยว เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบบ้านเดี่ยวประหยัดพลังงาน ส่งเสริมให้สถาปนิกและบุคคลทั่วไปใช้อ้างอิงในการออกแบบ ก่อสร้าง หรือปรับปรุงอาคารที่เหมาะสม สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด ท้ายสุดส่งผลในด้านการลดการใช้พลังงานในอาคาร

1.1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.1.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ไฟฟ้าของบ้านเดี่ยวเพื่อหาเสนอแนวทางการออกแบบบ้านเดี่ยวที่มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่าง

1.1.2 สามารถเสนอแนวทางการออกแบบบ้านเดี่ยว โดยอ้างอิงทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เชื่อถือได้

1.2 ขอบเขตของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาปัจจัยทางการออกแบบสถาปัตยกรรมของบ้านเดี่ยว เช่น การวางผังอาคาร การวางทิศทางอาคาร สัดส่วน-รูปร่าง-รูปทรงของอาคาร การวางตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยในอาคาร (Zoning) การเลือกวัสดุก่อสร้าง การจัดผังบริเวณและสภาพแวดล้อมอาคาร รวมถึงระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้า อันมีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสร้างสภาวะความสบายทางอุณหภูมิ และสภาวะความสบายทางแสงสว่างและการมองเห็น ภายในอาคาร

1.2.2 เสนอแนวทางการลดภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างของบ้านเดี่ยวในประเด็นของการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนและเพิ่มความเย็นในกับอาคาร การระบายอากาศ การใช้แสงธรรมชาติ และการออกแบบระบบประกอบอาคารที่มีประสิทธิภาพ

2. วิธีการศึกษา

การแจกแจงปัจจัยและตัวแปร โดยการศึกษาปัจจัยและองค์ประกอบต่างๆ ทางสถาปัตยกรรม โดยมุ่งเน้นศึกษาในประเด็น การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนและเพิ่มความเย็นในอาคาร การระบายอากาศและใช้แสงจากธรรมชาติ และลดภาระการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้การอ้างอิงทฤษฎี หลักการ และมาตรฐานการประหยัดพลังงานต่างๆ เป็นเครื่องมือ ผลจากการแจกแจงปัจจัยจะทำให้ทราบถึงสาเหตุและปัจจัยสำคัญทางสถาปัตยกรรมอันเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร เพื่อเสนอแนวทางแก้ปัญหาจากสาเหตุโดยใช้ปัจจัยและตัวแปรศึกษาได้

ในเบื้องต้นได้ค้นคว้าข้อมูลพื้นฐานและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้อ้างอิงในการศึกษา ข้อมูลพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่ได้มีการค้นคว้า มีดังนี้

2.1 จุดประสงค์การใช้พลังงานไฟฟ้าในครัวเรือน

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้มีการสำรวจการใช้ พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือนทั่วประเทศ ในปี พ.ศ.2550 พบว่า จุดประสงค์การใช้พลังงานไฟฟ้าในครัวเรือน ได้แจกแจงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประกอบการใช้งานดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจุดประสงค์การใช้พลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

จุดประสงค์การใช้	อุปกรณ์ไฟฟ้า
1.ถนอมอาหาร (Domestic Cold)	ตู้เย็น ตู้แช่
2.ประกอบอาหาร (Domestic Cooking)	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า กาต้มน้ำไฟฟ้า/หม้อต้มกาแฟ เตาไฟฟ้า เตาอบไฟฟ้า เครื่องปิ้งขนมปัง เตาปิ้งไฟฟ้า เตาไมโครเวฟ เครื่องปั่นน้ำผลไม้ กระทะไฟฟ้า
3.ปรับอากาศและทำความเย็น (Domestic Cooling)	พัดลมไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ
4.แสงสว่าง (Domestic Lighting)	หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดไส้ บัลลาสต์ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์
5.เกี่ยวกับเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม (Domestic Clothing)	เตารีดไฟฟ้า เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า
6.อิเลคทรอนิกส์ (Domestic Electronics)	โทรทัศน์ เครื่องเสียง วิทยุไฟฟ้า เครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องเล่นเกม คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์/แฟกซ์ อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่-โทรศัพท์มือถือ
7.อื่นๆ (Others)	ที่ตัดผมไฟฟ้า เครื่องปั๊มน้ำ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องเป่าผม เครื่องสูบน้ำ เครื่องดูดฝุ่น จักรเย็บผ้าไฟฟ้า เครื่องตัดหญ้า เครื่องดักแมลง ฯลฯ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, พ.ศ.2550

จากการพิจารณาแต่ละจุดประสงค์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน แบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ

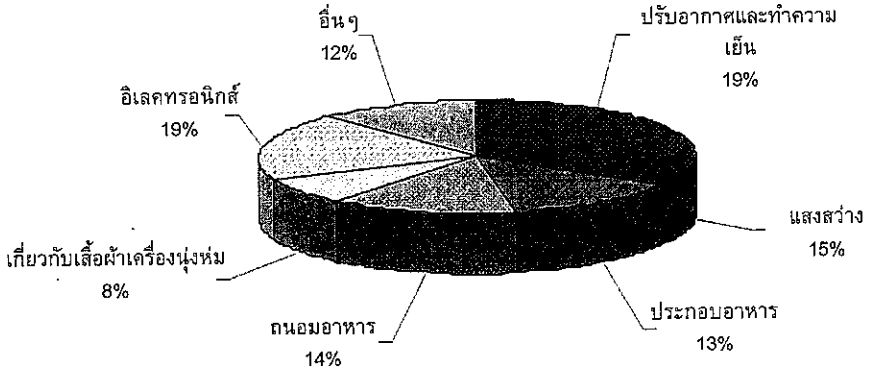
กลุ่มแรก มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง (มีคุณภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า และพฤติกรรมของผู้ใช้เป็นตัวแปรร่วม) ได้แก่ การปรับอากาศหรือทำความเย็น และการให้แสงสว่าง เนื่องจากภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศเกี่ยวข้องโดยตรงกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ส่วนภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบแสงสว่างและการใช้แสงจากธรรมชาติที่เหมาะสม

กลุ่มที่สอง มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าและพฤติกรรมของผู้ใช้ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลัก (มีความเกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมบ้าง) ได้แก่ อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ การถนอมอาหาร การประกอบอาหาร เกี่ยวกับเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม และอื่นๆ ซึ่งภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในกลุ่มนี้จะเกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมในทางอ้อม

2.2 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัย ตามจุดประสงค์การใช้พลังงาน

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้มีการสำรวจการใช้ พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือนทั่วประเทศ ในปี พ.ศ.2549 พบว่า ประชาชนมีการใช้ไฟฟ้าเพื่อปรับอากาศและทำความเย็นสูงเทียบเท่ากับอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ คือประมาณร้อยละ 19 ของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนทั้งหมด ตามด้วยไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง (15%) ถนอมอาหาร (14%) การประกอบอาหาร (13%) อื่นๆ (12%) และเกี่ยวกับเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม (8%) ตามลำดับ ดังในแผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัย ตามจุดประสงค์การใช้พลังงาน



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, พ.ศ.2549

จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัย ตามจุดประสงค์การใช้พลังงาน สรุปได้ว่า ปัจจัยทางสถาปัตยกรรมมีผลต่อภาระการใช้พลังงานในอาคารถึง 1 ใน 3 คิดเป็นร้อยละ 34 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารทั้งหมด โดยอ้างอิงจากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าการปรับอากาศหรือทำความเย็น (19%) และการให้แสงสว่าง (15%)

2.3 การปรับอากาศในอาคาร

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียน คุณภาพและความสะอาดของอากาศ เพื่อให้เกิดสภาวะความสบายทางอุณหภูมิต่อผู้อยู่อาศัยในบ้าน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศและพัดลม ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องปรับอากาศเป็นหลัก

การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต้องอาศัยสารทำความเย็น เริ่มจากสารทำความเย็นเหลวในปริมาณพอเหมาะจะไหลผ่านอุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็นเข้าไปยังแผงท่อทำความเย็นซึ่งติดตั้งอยู่ภายในห้อง พัดลมจะส่งลมเย็นและดูดอากาศร้อนชื้นภายในห้องผ่านแผ่นกรองอากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหน้าของแผงท่อทำความเย็น เพื่อกรองเอาฝุ่นละอองขนาดใหญ่ออกไป จากนั้นอากาศร้อนชื้นจะคายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นภายในแผงท่อทำความเย็น ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดลง และถูกพัดลมส่งลมเย็นกลับเข้ามาสู่ห้องอีกครั้งหนึ่ง โดยผ่านแผ่นเกล็ดกระจายลม เพื่อให้ลมเย็นแพร่ไปสู่ส่วนต่างๆ ของห้องหรือพื้นที่ปรับอากาศอย่างทั่วถึง สำหรับสารทำความเย็นเหลวภายในแผงท่อทำความเย็น เมื่อได้รับความร้อนจากอากาศภายในห้องจะระเหยกลายเป็นไอ และไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ ซึ่งไอที่ได้นี้จะถูกส่งต่อไปยังแผงท่อระบายความร้อนซึ่งติดตั้งอยู่นอกอาคาร พัดลมระบายความร้อนจะดูดอากาศภายนอกมาระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ทำให้ไอสารทำความเย็นกลั่นตัวกลับเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง และไหลออกจากแผงท่อระบายความร้อนไปสู่อุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็นวนเวียนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ จนกว่าอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศจะถึงระดับที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิก็จะส่งสัญญาณให้เครื่องคอมเพรสเซอร์หยุดทำงานชั่วขณะหนึ่ง จนกระทั่งอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง คอมเพรสเซอร์จะทำงานโดยอัดสารทำความเย็นป้อนเข้าไปในแผงท่อทำความเย็นใหม่

ตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศคืออุณหภูมิและความชื้น ดังนั้นการลดอุณหภูมิและควบคุมความชื้นภายในอาคารจะช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้

2.4 การให้แสงสว่างในอาคาร

ระบบแสงสว่างเป็นระบบที่ทำให้เกิดแสงสว่างทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆ และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสงสว่างยังมีผลโดยตรงต่อสุขภาพสายตา อารมณ์และความรู้สึกของผู้ทำงานและอยู่อาศัยในอาคารด้วย ระบบแสงสว่างจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกิจกรรมการดำรงชีวิตและการทำงานของมนุษย์

การออกแบบระบบแสงสว่างในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงนั้นหรือมีระดับความสว่างอย่างเหมาะสม จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงประเภทหรือชนิดของงานที่กระทำในพื้นที่นั้นๆ ว่าเป็นงานชนิดใด มีการทำงานในเวลาใด และต้องมีระดับความสว่างมากน้อยเพียงใด และการใช้อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง โดยคำนึงถึงระดับความสว่างมาตรฐานภายในอาคารของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยเป็นเกณฑ์ ดังนั้นการทำงานภายใต้ระดับแสงสว่างที่เหมาะสมมีความสำคัญอย่างมาก

2.5 สภาวะความสบาย

สภาวะความสบาย (Comfort Zone หรือ Comfort Requirement) คือ สภาวะที่เกิดความสมดุลในการถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีปัจจัยย่อยอื่นๆ อีกมากมายที่ส่งผลต่อสภาวะความสบาย เช่น แสงสว่างและการมองเห็น ระดับเสียงที่พอเหมาะ ฝุ่นละออง ควัน แมลง ไฟฟ้าสถิต ความไม่บริสุทธิ์ทางเคมีและกายภาพ รวมถึงกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยย่อยเหล่านี้ล้วนละเอียดอ่อน และยากต่อการควบคุม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับตัวในสภาพแวดล้อมของบุคคลนั้นๆ

การออกแบบอาคารประหยัดพลังงานเพื่อตอบสนองต่อ "สภาวะความสบาย" ของผู้ใช้อาคาร ต้องคำนึงถึงสภาพอากาศซึ่งประกอบไปด้วย อุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความเร็วลม (Air Velocity) อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) และแสงสว่าง (Light) เป็นปัจจัยสำคัญ สภาวะความสบาย

ของผู้ใช้อาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยตรง แบ่งเป็นสภาวะความสบายทางอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ และสภาวะความสบายทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่าง

สภาวะความสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort) คือ สภาวะที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป มีอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความเร็วลม (Air Velocity) และอุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) เป็นปัจจัยหลัก

สภาวะความสบายทางสายตาหรือสภาวะความสบายทางแสงสว่างและการมองเห็น (Visual Comfort) คือ สภาวะที่มนุษย์สามารถปรับสายตาเพื่อรับแสงและมองเห็นได้ชัดเจนในระดับหนึ่ง มีแสงสว่าง (Light) เป็นปัจจัยสำคัญ

2.6 สภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแต่ละช่วงของปี รวมทั้งการเหนี่ยวนำให้เกิดการพัดของกระแสลม ขึ้นอยู่กับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากการโคจรของโลกแตกต่างกันไปตามฤดูกาล ดังนั้นข้อมูลที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น การแผ่รังสี การโคจรของดวงอาทิตย์ และกระแสลม จึงเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างของบ้านเดี่ยว

การศึกษาปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศพบว่า อุณหภูมิ ความชื้น การแผ่รังสี การโคจรของดวงอาทิตย์ และกระแสลม เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบของอาคาร (Main Radian Temperature) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร และการระบายอากาศ อย่างไรก็ตามปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ ส่วนใหญ่มักควบคุมไม่ได้หรือควบคุมได้ลำบาก ดังนั้นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมรอบๆ อาคารจึงเป็นแนวทางการที่เป็นไปได้ มากกว่าการควบคุมสภาพภูมิอากาศโดยตรง

2.7 ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคารและการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

ความร้อนภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วนหลักๆ คือความร้อนจากภายนอกและความร้อนที่เกิดขึ้น ภายในอาคารเอง โดยทั่วไปส่วนมากแล้วความร้อนรวมในอาคารจะมาจากภายนอกอาคารมากกว่าและเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจากตัวกลางหลายชนิด และความร้อนเหล่านั้นก็จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารสู่ภายในอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนสู่อาคารจะมีการกล่าวถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ประกอบด้วย

(1) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain : Qi) เป็นความร้อนที่อาจเกิดได้ทั้งจากคนและกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เช่น การถ่ายเทความร้อนจากร่างกายมนุษย์ ความร้อนจากการประกอบอาหาร เป็นต้น หรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า การถ่ายเทความร้อนจากตู้เย็น เป็นต้น

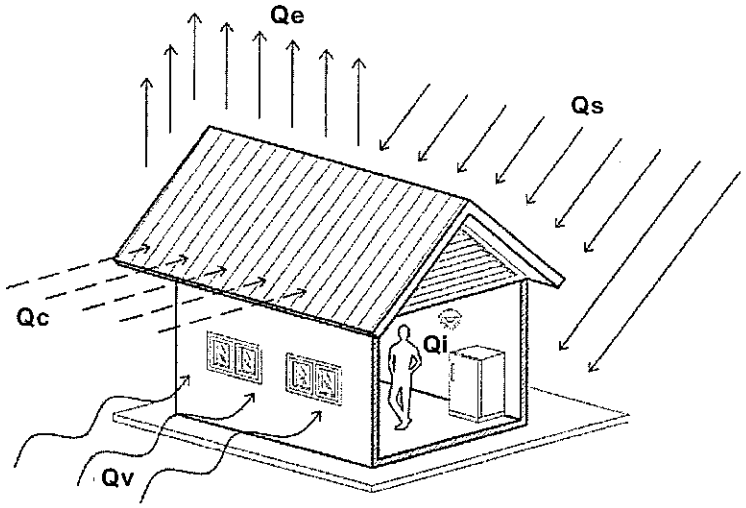
(2) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) เป็นความร้อนที่จะเกิดจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ดังนี้

Conduction Heat Gain / Loss (Qc) : การนำความร้อน ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโดยตัวนำความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเสมอ

Solar Radiation (Qs) : การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ในประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

Ventilation Heat Gain / Loss (Qv) : ความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ จะมีลักษณะคล้ายกับการนำความร้อนแต่จะมีตัวกลางในการพาความร้อนมาโดยอากาศ ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วของกระแสลมด้วย

Evaporative Heat Loss (Qe) : การระเหยหรือความร้อนที่กลายเป็นไอ และในขณะที่เกิดการระเหยจำเป็นจะต้องใช้พลังงาน (ความร้อน) ในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้สามารถช่วยลดอุณหภูมิในบริเวณนั้นได้



ที่มา : สรุปจาก O. H. Koenigsberger, T. G. Ingersoll, Alan Mayhew, Steven V. Szokolay. *Manual of tropical housing and building Part one: Climate design*, London: Longman. 1972. P.75-76.

รูปที่ 1 แสดงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

2.8 วัสดุก่อสร้างอาคาร

ในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่องคุณสมบัติความเป็นฉนวน เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติความเป็นฉนวน หรือวัสดุที่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่ดีนั้น ระดับของความเป็นฉนวนจะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติในทางทฤษฎี 3 ข้อหลัก ดังนี้

2.8.1. ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistively)

ค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า "R-Value" จะเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัตถุซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกัน กล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีค่านำความร้อนต่ำ

2.8.2. การนำความร้อน (Conductivity)

การนำความร้อน หรือ ค่า "K–Value" สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่าน

แต่ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารจริง การคิดค่าการนำความร้อนของเปลือกอาคารย่อมแตกต่างกันไปตามความหนา และกลุ่มวัสดุที่ประกอบเข้ามาเป็นผนังแต่ละชั้น รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารด้วย ในการศึกษาค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุเปลือกอาคารจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม หรือ ค่า U–Value เข้ามาใช้ในการคำนวณ

2.8.3. ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

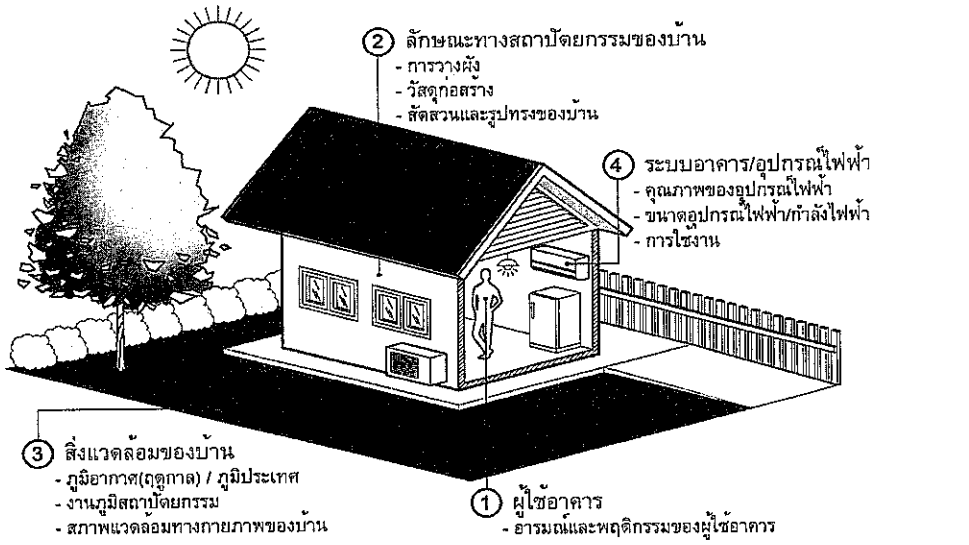
ความจุความร้อนของสสาร จะเท่ากับผลคูณของมวลสารกับความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสาร (Specific Heat Capacity) เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยวัดเป็น Cal/g-°C หรือ J/kg.K หรือบางกรณีใช้เป็น Wh/kg.K

ค่าความจุความร้อนของวัสดุ จะไม่สามารถบอกได้โดยตรงว่าควรจะมีค่ามากหรือน้อย จึงจะดี เพราะถ้าความจุความร้อนน้อยการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในจะมากและส่งผ่านได้เร็ว ซึ่งจะเหมาะกับส่วนที่มีการใช้งานเฉพาะกลางคืน แต่ในทางกลับกันการที่สามารถเก็บความร้อนไว้ในตัวเองได้มาก ความร้อนที่ถูกส่งผ่านต่อมายังในอาคารก็จะน้อยลงหรือส่งผ่านได้ช้าลง (Time Lag) ซึ่งเหมาะกับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะกลางวัน จะเห็นว่าการส่งผ่านความร้อนเนื่องจากค่าความจุความร้อนของวัสดุมีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

3. การพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเดี่ยว

แนวทางการหาปัจจัยที่ส่งต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเดี่ยว เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมและการค้นคว้าเบื้องต้น โดยการพิจารณาประเด็นต่างๆ อันเป็นสาเหตุให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งพบว่าสาเหตุที่ใช้พลังงานในอาคารเป็นไปตามจุดประสงค์ต่างๆ มากมาย อันมีตัวแปรมาจากผู้ใช้อาคาร เป็นหลัก

ซึ่งในทางสถาปัตยกรรมเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อปรับอากาศและให้แสงสว่าง อันมีองค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่คือ



ที่มา : สรุปจาก ตรึงใจ บูรณสมภพ. *การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2539. หน้า 16-17

รูปที่ 2 แสดงองค์ประกอบและปัจจัยทั่วไปที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเดี่ยว

(1) ผู้ใช้อาคาร

พฤติกรรมของผู้ใช้อาคารมีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารในทางปฏิบัติ การใช้พลังงานไฟฟ้าตามวัตถุประสงค์ต่างๆของผู้ใช้อาคาร จะผันแปรไปตามพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ลำบาก

(2) ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของบ้าน

ปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมก็คือตัวอาคาร ประกอบด้วยการวางผังอาคาร และลักษณะทางสถาปัตยกรรมเกี่ยวข้องกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การระบายอากาศภายในอาคาร และการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศและให้แสงสว่างโดยตรง

(3) สิ่งแวดล้อมของบ้าน

ปัจจัยด้านด้านสิ่งแวดล้อมก็คือสภาพแวดล้อมรอบอาคาร มีทั้งสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น ภูมิประเทศ

และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมของบ้านและงานภูมิสถาปัตยกรรม นอกจากนี้ยังมีสภาพแวดล้อมที่มนุษย์ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดได้ เช่น สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

(4) ระบบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอาคาร ภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับคุณภาพหรือประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้น รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและการออกแบบระบบประกอบอาคารที่เหมาะสม

สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวกับ "คนหรือผู้ใช้อาคาร" เป็นปัจจัยที่ไม่คงที่และควบคุมได้ยากลำบาก การหาปัจจัยต่อไปนี้จึงเจาะจงเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมโดยตรง โดยมีเนื้อหาครอบคลุมด้านสิ่งแวดล้อมอาคารและด้านอาคาร

ปัจจัยจากอาคาร สิ่งแวดล้อมอาคาร และระบบอาคาร/อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนภายในอาคาร การระบายอากาศ และการใช้แสงธรรมชาติ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ด้วยการออกแบบทางสถาปัตยกรรมหรือการปรับปรุงพฤติกรรมต่างๆ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือควบคุมได้ลำบาก ซึ่งได้แจกแจงไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงกลุ่มขององค์ประกอบและปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ด้วยการออกแบบทางสถาปัตยกรรมหรือการปรับปรุงพฤติกรรมต่างๆ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือควบคุมได้ลำบาก

ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้	ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือควบคุมได้ลำบาก
- ลักษณะทางสถาปัตยกรรม - ระบบประกอบอาคาร - อุปกรณ์ไฟฟ้า - การจัดสภาพแวดล้อมอาคาร	- ภูมิอากาศ - ภูมิประเทศ - ลักษณะและองค์ประกอบของพื้นที่ข้างเคียงนอกเหนือเขตที่ดิน - พฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร

ที่มา : วิเคราะห์จากการศึกษาองค์ประกอบและปัจจัยทางด้านสถาปัตยกรรม

4. องค์ประกอบและปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ผลจากการศึกษาองค์ประกอบและปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงาน ได้พิจารณาครอบคลุมปัจจัยเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมตั้งแต่สภาพแวดล้อมอาคาร ตัวอาคาร ไปจนถึงระบบและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ทำให้ทราบถึงสาเหตุและปัจจัยสำคัญทางสถาปัตยกรรมอันเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

หลังจากแจกแจงในเบื้องต้น สามารถจำแนกปัจจัยทางสถาปัตยกรรม (ที่สามารถควบคุมได้) ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

(1) สภาพแวดล้อมรอบอาคาร (สภาพแวดล้อมและภูมิสถาปัตยกรรม)

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมอาคาร มีทั้งสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น ภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมของบ้าน รั้วบ้าน และองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม เป็นต้น องค์ประกอบและปัจจัยเหล่านี้ล้วนเป็นตัวแปรที่ส่งผลโดยตรงต่อ สภาวะภูมิอากาศจุลภาค (microclimate) รอบอาคาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิรอบอาคารโดยตรง รวมถึงการบังแดดให้อาคาร การกำหนดทิดทางลม และการใช้แสงธรรมชาติด้วย

(2) ลักษณะทางสถาปัตยกรรม (อาคาร)

ปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมก็คือตัวอาคาร ประกอบด้วยลักษณะทางสถาปัตยกรรม และการวางผังอาคาร เกี่ยวข้องกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านเปลือกอาคาร การระบายอากาศภายในอาคาร และการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศและให้แสงสว่างโดยตรง

(3) ระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ปัจจัยด้านระบบประกอบอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบปรับ

อากาศระบบไฟฟ้าแสงสว่างระบบไฟฟ้าในอาคาร ระบบสุขาภิบาล และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในอาคาร โดยมีคุณภาพหรือประสิทธิภาพ การประหยัดพลังงานของการออกแบบระบบ รวมถึงขนาดและจำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

5. แนวทางการออกแบบ

จากการศึกษา ทำให้ทราบถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร และได้เสนอแนวทางสำหรับออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน ซึ่งอ้างอิงจากทฤษฎีและหลักเกณฑ์การประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับสถาปนิกและบุคคลทั่วไปสามารถใช้หลักเกณฑ์ดังกล่าวปรับปรุงแนวทางการออกแบบรวมถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น ต้นเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารจะเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความเร็วลม (Air Velocity) อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) และแสงสว่าง (Light) เพื่อตอบสนองต่อ "สภาวะความสบาย" ของผู้ใช้อาคาร แนวทางการควบคุมปัจจัยดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนและเพิ่มความเย็นในอาคาร การระบายอากาศและใช้แสงจากธรรมชาติ และลดภาระการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการออกแบบและปรับปรุงอาคาร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยอ้างอิงและประยุกต์จากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เกณฑ์หรือมาตรฐานต่างๆ ที่เชื่อถือได้ งานวิจัยด้านการประหยัดพลังงานในอาคาร ทฤษฎีการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ทฤษฎีการออกแบบระบบปรับอากาศ และคู่มือการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ดังในตารางที่ 3 ในส่วนท้ายได้ศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวน (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด) ของวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ โดยใช้เครื่องมือโปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา OTTV/RTTV ของคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ (ค่า U-value) และอ้างอิงข้อมูลวัสดุกระจกจาก บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) เป็นตัวอย่างในการหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดกระจก (ค่า SC_1) เพื่อเป็นรายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการนำไปใช้งานได้อย่างจริงจัง ดังในตารางที่ 1-4 ในภาคผนวก

6. บทสรุป

การศึกษาปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างในบ้านเดี่ยว ได้คำตอบว่า ปัจจัยและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีผลโดยตรงต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่าง แบ่งเป็น 3 กลุ่มประกอบด้วย สภาพแวดล้อมอาคาร ลักษณะทางสถาปัตยกรรม และระบบประกอบอาคาร/อุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) การถ่ายเทอากาศ (Air Movement) อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) และแสงสว่าง (Light) อันเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสร้างสภาวะความสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort) และสภาวะความสบายทางสายตา (Visual Comfort) ภายในอาคาร และได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การลดความร้อนและเพิ่มความเย็นในอาคาร การระบายอากาศและใช้แสงจากธรรมชาติ รวมถึงการลดภาระการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งการออกแบบและปรับปรุงอาคารตามแนวทางดังกล่าว จะครอบคลุมสาเหตุและปัจจัยหลักด้านสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ผลที่ได้ทำให้สถาปนิก เจ้าของบ้าน หรือผู้ที่สนใจ สามารถปรับปรุงแนวทางการออกแบบรวมถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าตามหลักการและแนวทางดังกล่าว เพื่อให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น การออกแบบและปรับปรุงอาคารที่มีการคำนึงถึงการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารที่เหมาะสมและการใช้ประโยชน์จากการพึ่งพาธรรมชาติ จะช่วยแก้ปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานในอาคารถึง 1 ใน 3 ส่วนของการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารพักอาศัย (ภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและให้แสงสว่างในอาคาร คิดเป็นร้อยละ 34 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารทั้งหมด โดยอ้างอิงจากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าการปรับอากาศหรือทำความเย็นร้อยละ 19 และการให้แสงสว่างร้อยละ15) ดังนั้นการเริ่มต้นประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารควรจะคำนึงการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเป็นหลัก

ตารางที่ 3 แสดงแนวทางการออกแบบและปรับปรุงอาคาร แบ่งตามประเด็นการแก้ปัญหาในแต่ละกลุ่มปัจจัย

	กลุ่มปัจจัย	จุดประสงค์	แนวทางการแก้ปัญหา	รายละเอียดเพิ่มเติม / หมายเหตุ
การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร	สภาพแวดล้อมรอบอาคาร	ให้ร่มเงา	ปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาแก่สภาพแวดล้อมอาคาร	ใช้พืชพรรณให้ร่มเงาแก่พื้นดินหรือสภาพแวดล้อม จะช่วยลดการสะสมความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้
			ร่มเงาแก่พื้นดาดแข็งด้วยต้นไม้หรือสิ่งก่อสร้าง	พื้นดาดแข็งภายนอกอาคาร หากได้ร่มเงาจะช่วยลดการสะสมความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้
			ยื่นชายคาหรืออุปกรณ์บังแดดหน้าต่าง ปลูกต้นไม้บนหลังคาอาคาร	ด้านทิศใต้ของอาคารควรจะมีอุปกรณ์บังแดดยื่นให้มากที่สุด หลังคาจะได้ร่มเงาจากพืชพรรณ และความหนาของดินอาจเป็นฉนวนกันความร้อนได้
			ปลูกต้นไม้เกาะผนังภายนอกอาคาร	ผนังจะได้ร่มเงาจากพืชพรรณ
		หลีกเลี่ยงแสงแดด	พื้นดาดแข็งควรอยู่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ หรือทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	การโคจรของดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งของประเทศไทย จะอ้อมใต้เป็นส่วนใหญ่(ประมาณ 8 เดือน) ดังนั้นพื้นดาดแข็งที่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
				ทิศเหนือ หรือทิศตะวันตกเฉียงเหนือของบ้านจะส่งผลต่อการสะท้อนรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคารน้อย และตำแหน่งดังกล่าวจะได้รับร่มเงาจากอาคารเป็นส่วนใหญ่
			ใช้พื้นที่ที่ไม่ค่อยได้ใช้งานในช่วงกลางวัน อยู่ทางทิศตะวันตก ทิศใต้ และชั้นบนของบ้าน เพื่อป้องกันความร้อนให้ส่วนอื่นๆ	ส่วนที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน อาทิ ห้องน้ำ หรือห้องเก็บของ หากอยู่ในตำแหน่งที่โดนแดดมากที่สุดของบ้านจะเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้พื้นที่ใช้หลักของบ้านในเวลากลางวัน
	ลักษณะทางสถาปัตยกรรม	หลีกเลี่ยงแสงแดด	วางผังอาคารให้ด้านแคบอาคารอยู่ทิศตะวันออก-ตะวันตก ใช้พื้นที่ใช้สอยหลักของบ้านในช่วงกลางวัน หลีกเลี่ยงทิศตะวันตก ทิศใต้ และชั้นบนของบ้าน	ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตกจะโดนแดดมากที่สุด ดังนั้นพื้นที่ผนังในด้านดังกล่าวควรจะมีพื้นที่น้อยที่สุดเพื่อลดพื้นที่โดนแดดโดยตรงจากการโคจรของดวงอาทิตย์ ส่งผลให้ทิศตะวันตก ทิศใต้ และชั้นบนของบ้าน ได้รับแสงแดดและความร้อนสะสมจากสภาพแวดล้อมมากที่สุด
			ใช้วัสดุหลังคาที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน วัสดุหลังคาควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม : ค่า U-value ให้ต่ำที่สุด	วัสดุหลังคาที่นำมาศึกษา (ได้แก่ หลังคาคอนกรีดเสริมเหล็ก หลังคากระเบื้องคอนกรีด/ซีเมนต์ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หลังคากระเบื้องพลาสติก หลังคากระเบื้องเซรามิค หลังคากระเบื้องดินเผาและหลังคาแผ่นไม้) เมื่อใส่ฉนวนฉนวนใยแก้วหนาตั้งแต่ 3 นิ้วขึ้นไป และมีฝ้าเพดานยิปซัม จะมีค่า U-value ต่ำกว่า 0.6 W / m^2°C ซึ่งถือว่ามีความเป็นฉนวนสูง ยกเว้นหลังคาแผ่นเหล็กเคลือบที่แม้จะไม่ใส่ฉนวนฉนวนใยแก้วและไม่มีฝ้าเพดานยิปซัม ก็มีค่า U-value ต่ำกว่า 0.6 W / m^2°C
			ใช้วัสดุผนังที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน วัสดุผนังควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม : ค่า U-value ให้ต่ำที่สุด	ผนังอิฐมวลเบาและผนัง EIFS ที่มีความหนาทั่วไป จะมีค่า U-value ต่ำกว่า 1.2 W / m^2°C ซึ่งถือว่ามีความเป็นฉนวนสูง แต่ถ้าต้องการใช้ผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญ ควรจะต้องมีความหนา อย่างน้อย 20 ซม.ขึ้นไป และมีช่องอากาศข้างใน จึงจะมีค่า U-value ต่ำกว่า 1.2 W / m^2°C
			มีช่องเปิดแต่น้อย และใช้วัสดุกระจกเท่าที่จำเป็น	ช่องเปิดกระจกที่ไม่มีการป้องกันความร้อนอย่างเหมาะสม จะเป็นช่องทางหนึ่งของการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร
			สีผิวผนังภายนอกควรเป็นสีอ่อน	ผนังสีอ่อนจะมีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์น้อย ทำให้การนำความร้อนผ่านผนังภายนอกลดลง สีขาวจะมีการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์น้อยที่สุด
			ใช้อุปกรณ์ม่านหน้าต่างที่มีประสิทธิภาพ ปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาแก่อาคาร	อุปกรณ์ม่านหน้าต่างที่เหมาะสมจะลดแสงสว่างที่เกินความจำเป็นได้ การปลูกต้นไม้ใหญ่ในด้านทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกของอาคาร จะดีที่สุด

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงแนวทางการออกแบบและปรับปรุงอาคาร แบ่งตามประเด็นการแก้ปัญหาในแต่ละกลุ่มปัจจัย

กลุ่มปัจจัย	จุดประสงค์	แนวทางการแก้ปัญหา	รายละเอียดเพิ่มเติม / หมายเหตุ
ลดความร้อน / เพิ่มความเย็น ผ่านองค์ประกอบอาคาร	สภาพแวดล้อมรอบอาคาร / ลักษณะทางธรรมชาติ	ระบายอากาศ	เปิดพื้นที่โล่งรอบอาคาร	ที่ว่างรอบๆอาคารเพื่อการระบายอากาศ และช่วยลดการเก็บสะสมความร้อน ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดไว้ว่าอาคารอยู่อาศัย ต้องมีที่ว่างไม่น้อยกว่า 30 ใน 100 ส่วนของพื้นที่ที่ดินของอาคาร
		เพิ่มความเย็น	ปลูกต้นไม้ให้ความเย็น	ต้นไม้จะใช้ความร้อนจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการคายน้ำของพืช ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิให้สภาพแวดล้อมอาคาร
			ใช้ความเย็นจากดิน	พื้นหรือผนังของอาคารที่สัมผัสกับดิน จะได้รับความเย็นจากดิน
			ใช้ความเย็นจากสระน้ำ	ลมที่พัดผ่านผิวน้ำ (ที่ลึก 1.5 เมตรขึ้นไปและมีพื้นที่ผิวมากพอ) จะได้รับความเย็นจากผิวน้ำหรือละอองน้ำ
		ระบายอากาศ	ระบายอากาศในพื้นที่ใต้หลังคาอย่างเหมาะสม	หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคารที่โดนแสงแดดมากที่สุด (ตลอดทั้งวัน) ส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมที่หลังคามา การระบายอากาศในพื้นที่ใต้หลังคาที่เหมาะสม จะช่วยลดอุณหภูมิผิวของวัสดุ ลดการสะสมความร้อนที่หลังคาได้
		ลดความร้อนจากดวงอาทิตย์	ปลูกต้นไม้เกาะผนังภายนอกอาคาร ปลูกพืชคลุมดิน	ผนังจะได้ความเย็นจากการคายน้ำของพืช ใช้พืชพรรณให้ร่มเงาแก่พื้นดินหรือสภาพแวดล้อม จะช่วยลดการสะสมความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้
		ความเย็นจากการคายน้ำ	ใช้การฉีดละอองน้ำที่ผนังหรือหลังคา	ละอองน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของพื้นที่ผิววัสดุได้ ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศสูง การระเหยของน้ำจะดึงความร้อนจากอากาศมาใช้ในการระเหย ช่วยให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้
	ระบบประกอบอาคาร / อุปกรณ์ไฟฟ้า	ลดความร้อน	แยกครัวไทยออกจากตัวบ้าน	กิจกรรมที่เกิดขึ้นในครัว อาทิ การเตรียมอาหาร ประกอบอาการ และล้างจาน เป็นการเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นแก่อาคาร หากไม่มีการควบคุมความร้อนและความชื้นที่เหมาะสม อาจมีการถ่ายเทความร้อน และความชื้นจากครัวไปสู่พื้นที่ใช้งานอื่นๆของบ้านได้ ส่งผลต่อการเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (หรือพัดลม) ได้
		ลดความร้อน	แยกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดความร้อน ออกจากส่วนปรับอากาศ	การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยทั่วไป จะมีการถ่ายเทความร้อนออกมา ซึ่งส่งผลต่อภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (หรือพัดลม) ดังนั้น การแยกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่จำเป็นออกจากพื้นที่ส่วนปรับอากาศ จะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้ ผนังของห้องปรับอากาศควรมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูง
		ลดการสูญเสียความเย็น	ผนังของพื้นที่ปรับอากาศควรจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูง วัสดุผนังควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม : ค่า U-value ให้ต่ำที่สุด	เพื่อลดการสูญเสียความเย็นภายในพื้นที่ปรับอากาศออกสู่ภายนอก และป้องกันการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในผนังอิฐมวลเบา อิฐมวลเบาและผนัง EIFS ที่มีความหนาทั่วไป จะมีค่า U-value ต่ำกว่า 1.2 W / m^2°C ซึ่งถือว่ามีความเป็นฉนวนสูง แต่ถ้าต้องการใช้ผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญ ควรจะต้องมีความหนา อย่างน้อย 20 ซม.ขึ้นไป และมีช่องอากาศข้างใน จึงจะมีค่า U-value ต่ำกว่า 1.2 W / m^2°C

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงแนวทางการออกแบบและปรับปรุงอาคาร แบ่งตามประเด็นการแก้ปัญหาในแต่ละกลุ่มปัจจัย

กลุ่มปัจจัย	จุดประสงค์	แนวทางการแก้ปัญหา	รายละเอียดเพิ่มเติม / หมายเหตุ
พึ่งพาธรรมชาติ	สภาพแวดล้อมรอบอาคาร	ระบายอากาศ	ใช้ต้นไม้ควบคุมทิศทางลม	การปลูกต้นไม้ในบริเวณใกล้อาคาร จะมีผลต่อการไหลของกระแสลม สามารถทำให้ลมเบนเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น หรือลดจำนวนลมที่ผ่านเข้าในอาคาร แต่อย่างไรก็ดี ต้นไม้จะทำให้ลมที่พัดผ่านเข้าไปในอาคารเย็นขึ้น และสามารถทำให้การไหลของกระแสลมภายในอาคารเปลี่ยนไป โดยตำแหน่งและขนาดของต้นไม้จะช่วยทำให้ลมพัดผ่านเข้าสู่อาคารได้ตามต้องการ
	ลักษณะทางสถาปัตยกรรม	ระบายอากาศ	เปิดพื้นที่โล่งรอบอาคาร	การเปิดที่โล่งรอบอาคารจะเปิดโอกาสให้มีการไหลของกระแสลมที่ดี
			รั้วบ้านควรจะมีความโปร่ง	ความโปร่งของรั้วยิ่งมากจะส่งผลให้ลมได้ผ่านเข้าไปในบ้านได้มากขึ้น
			รับลมธรรมชาติ (สำหรับกทม.ควรเปิดให้ลมเข้าทางทิศใต้และมีช่องทางให้ลมออกทางทิศเหนือ)	ภายในบ้านควรจะมีช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศอย่างน้อย 1 ด้าน อย่างไรก็ตามการระบายอากาศที่ดีที่สุดควรมีช่องระบายอากาศ 2 ด้าน และอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกัน
			วางผังแบบโปร่ง	ลักษณะทางสถาปัตยกรรมภายในที่เหมาะสมกับการระบายอากาศที่ดี คือ มีเพดานสูง และมีผนังกั้นภายในอาคารให้น้อยที่สุด เพื่อให้มีการไหลของกระแสลมที่ดี
			จัดเครื่องเรือนไม่บังลม	การจัดเครื่องเรื่องแบบโปร่งหรือลอยตัว จะช่วยให้มีการถ่ายเทอากาศภายในบ้านที่ดี
		ให้แสงสว่าง	ออกแบบรับแสงธรรมชาติจากทิศเหนือ	ด้านทิศเหนือของบ้าน เป็นด้านที่โดนแดดส่องน้อยที่สุด จึงเหมาะที่จะรับแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจากด้านนี้
			เลือกใช้ระบบหิ้งสะท้อนแสง(light shelf)	ระบบหิ้งสะท้อนแสงเป็นการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยการสะท้อนแสงซึ่งจะรับความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยกว่าการรับแสงจากกรังสีตรง
			ไม่ออกแบบห้องที่มีความลึกเกินไป	ความลึกของห้องไม่เกิน 2.5 เท่าของความสูงของช่องเปิด จะรับแสงได้ดี
ลดภาระการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ลักษณะทางสถาปัตยกรรม	ประสิทธิภาพปรับอากาศ	วางผังพื้นที่ปรับอากาศที่ใช้งานในช่วงกลางวันเป็นหลัก ในตำแหน่งที่โดนแดดน้อย	หากพื้นที่ปรับอากาศอยู่ในตำแหน่งที่โดนแดดน้อย (หลีกเลี่ยงทิศใต้และทิศตะวันตก) จะลดภาระการทำความเย็นได้
			ลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	พื้นที่ปรับอากาศควรจะมีรูรั่วของอากาศน้อยที่สุด ประตู-หน้าต่างมีบังใบและหลีกเลี่ยงประตู-หน้าต่างบานเกล็ด
				พื้นที่หรือห้องที่ปรับอากาศควรมีขนาดกะทัดรัด
		ประสิทธิภาพความสว่าง	ลดภาระการทำงานของหลอดไฟฟ้า	เพิ่มการสะท้อนแสงขององค์ประกอบห้อง ผนัง เพดาน และเครื่องเรือนมีสีอ่อน
				จัดเครื่องเรือนไม่บังแสง เครื่องเรือนที่มีความสูงมากควรวางติดผนัง หากอยู่กลางห้องจะบังแสง
	ระบบประกอบอาคาร / อุปกรณ์ไฟฟ้า	ประสิทธิภาพปรับอากาศ	ลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานเบอร์ 5
				เลือกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่และการใช้งาน
				วางคอยล์ร้อน (Condenser) ในตำแหน่งที่มีร่มเงาปกคลุม
		ประสิทธิภาพความสว่าง	ลดภาระการทำงานของหลอดไฟฟ้า	ใช้หลอดประหยัดพลังงาน อาทิ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ใช้บัลลาสต์การสูญเสียต่ำ (ขนาด 7 วัตต์) หรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (ขนาด 1-3 วัตต์)
				อุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดไฟแบบแยกจุก
				ใช้โคมไฟที่สะท้อนและกระจายแสงได้ดี

7. ข้อเสนอแนะ

นอกเหนือจากปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมแล้ว ยังมีปัจจัยที่มีผลต่อภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่ควรคำนึงถึงอีกคือ "ผู้ใช้อาคาร" มีตัวแปรด้านอารมณ์ ลักษณะนิสัย พฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน ตลอดจนระดับความรู้และความเข้าในด้านการประหยัดพลังงานของผู้ใช้อาคารแต่ละคน ซึ่งควบคุมได้ลำบาก อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้อาคารยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในทางปฏิบัติ การประหยัดพลังงานในอาคารที่มีประสิทธิภาพจึงควรคำนึงถึงผู้ใช้อาคารด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.สุภาวดี รัตนมาศ ที่กรุณาสละเวลาในการชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดการศึกษา และช่วยให้คำแนะนำการจัดลำดับความคิดด้านต่างๆ ที่เป็นระบบ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจแนวทางในการทำการศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. **แนวทางการเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.** กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2547.

[2] กระทรวงพลังงาน. **เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงานชุด รู้'รักษ์พลังงาน การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า.** พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2548.

[3] กระทรวงมหาดไทย. **พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 3.** 2543.

[4] กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. **พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.** 2535.

[5] กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.** กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2536.

[6] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. แนวทางการออกแบบประหยัดพลังงานสำหรับที่พักอาศัย โดยการระบายอากาศและสะสมความเย็นด้วยวิถีธรรมชาติ (Passive ventilation & Passive cooling). กรุงเทพฯ. 2547.

[7] ชนกนันท์ สุขกำเนิด, ผู้แปลและเรียบเรียง. **ระบบทำความเย็นแบบธรรมชาติ.** กรุงเทพ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544.

[8] เดชา บุญค้ำ. **ต้นไม้ใหญ่ในงานก่อสร้างและพัฒนาเมือง.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[9] ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2539.

[10] ธนิต จินดาวณิค และคณะ. **คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารพักอาศัย (R-49.00).** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[11] ธีรมน ไวโรจนกิจ. **การระบายอากาศ.** สื่อประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมอาคาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).

[12] ธีรมน ไวโรจนกิจ. **แสงสว่างกับการมองเห็น.** เอกสารประกอบการสอนวิชาแสงกับสภาพแวดล้อมทางทัศนภาพ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).

[13] ธีรมน ไวโรจนกิจ. **สภาพแวดล้อมอาคาร.** เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมอาคาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2542.

[14] ปรีชญา มหัทธนทวี. **สร้างสรรค์อาคารสบาย.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547.

[15] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **โปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา OTTV/RTTV.** [Software]. กรุงเทพฯ : คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.

[16] มาลินี ศรีสุวรรณ. **การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543.

[17] สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT). **คู่มือการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT), 2547.

[18] สมสิทธิ์ นิตยะ. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

[19] สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. **รายงานผลการศึกษาเรื่องเกณฑ์ขั้นต่ำในการพิจารณาเลือกซื้อบ้านจัดสรรประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547.

[20] สุนทร บุญญาธิการ. **บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[21] สุนทร บุญญาธิการ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. **วัสดุประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ตำราและเอกสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[22] Andrแs Zъld and Steven V, Szokolay. **Thermal Insulation.** Townsville : University of Queensland, (no date).

[23] Lechner, N. **Heating, Cooling, Lighting : design methods for architects**. New York : A Wiley-Interscience, 1990.

[24] Lechner, N. **Heating, Cooling, Lighting : design methods for architects 2nd ed**. New York : A Wiley-Interscience, 2000.

[25] M.D.Egan. **Concept in Architectural Lighting**. McGrew-Hill inc, 1983.

[26] O. H. Koenigsberger, T. G. Ingersoll, Alan Mayhew, Steven V. Szokolay. **Manual of tropical housing and building Part one : Climate design.** London : Longman, 1972.

[27] Olgyay, V. **Design with Climate**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992.

[28] Steven V, Szokolay. **Introduction to Architecture Science : The Basis of Sustainable Design.** Townsville : Elsevier, (no date).

[29] Steven V, Szokolay. **Solar Geometry.** Townsville : University of Queensland, (no date).

ภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนวัสดุหลังคา (ค่า U-value) โดยแบ่งตามกลุ่มของระดับค่า U-value

ประเภทหลังคา	องค์ประกอบของวัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	ไม่มีฝ้าเพดาน	U-value > 1.2 W / m^2°C
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต/ซีเมนต์	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องพลาสติก	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องเซรามิค	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องดินเผา	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแผ่นไม้	ไม่มีฝ้าเพดาน	
	มีฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแฝก หญ้าคา หรือดับจาก (ทดสอบที่ความหนา 1 ซม.)	ไม่มีฝ้าเพดาน	U-value = 0.9 -1.2 W / m^2°C
	มีฝ้าเพดานไม้ไผ่สาน หรือฝ้าไม้อัด	
- หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	U-value = 0.9 -1.2 W / m^2°C
- หลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต/ซีเมนต์	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องแผ่นเหล็กเคลือบ	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องเซรามิค	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแผ่นไม้	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องพลาสติก	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	U-value = 0.6 -0.9 W / m^2°C
- หลังคามุงกระเบื้องดินเผา	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	U-value = 0.3 -0.6 W / m^2°C
	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต/ซีเมนต์	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแผ่นเหล็กเคลือบ	ไม่มีฝ้าเพดาน / มีฝ้าเพดานยิปซัม	
	มีฉนวนแอสเบสทอส+ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องพลาสติก	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องเซรามิค	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องดินเผา	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแผ่นไม้	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องแผ่นเหล็กเคลือบ	มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	U-value < 0.3 W / m^2°C
	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องพลาสติก	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องเซรามิค	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงกระเบื้องดินเผา	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	
- หลังคามุงแผ่นไม้	มีฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว + ฝ้าเพดานยิปซัม	

ภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนวัสดุผนัง (ค่า U-value) โดยแบ่งตามกลุ่มของระดับค่า U-value

ประเภทผนัง	องค์ประกอบของวัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- ผนังอิฐมอญ ไม่ฉาบปูน	หนา 10 ซ.ม.	U-value > 1.5 W / m^2°C
	หนา 15 ซ.ม.	
	หนา 20 ซ.ม.	
- ผนังอิฐมอญ + ฉาบปูน	หนา 10 ซ.ม.	
	หนา 15 ซ.ม.	
	หนา 20 ซ.ม.	
- ผนังบล๊อกซีเมนต์ + ฉาบปูน	หนา 10 ซ.ม.	
- ผนังก่อด้วยหิน	หนา 15 ซ.ม.	
- ผนังไม้ซ้อนเกล็ด	หนา 1.5 ซ.ม.	
- ผนังไม้อัด	หนา 3.5 ซ.ม.	
- ผนังคอนกรีต/คอนกรีตเสริมเหล็ก	หนา 10 ซ.ม.	U-value > 1.5 W / m^2°C
	หนา 15 ซ.ม.	
	หนา 20 ซ.ม.	
- ผนังยิปซัมบนโครงเหล็ก	หนา 10 ซ.ม.	U-value = 1.2 -1.5 W / m^2°C
- ผนังอิฐมอญ ไม่ฉาบปูน	หนา 20 ซ.ม. มีช่องอากาศข้างใน	U-value = 0.9 -1.2 W / m^2°C
- ผนังอิฐมวลเบา + ฉาบปูน	หนา 10 ซ.ม.	
	หนา 15 ซ.ม.	
- ผนังอิฐมอญ + ฉาบปูน	หนา 20 ซ.ม. มีช่องอากาศข้างใน	U-value < 0.9 W / m^2°C
- ผนังอิฐมวลเบา + ฉาบปูน	หนา 20 ซ.ม.	
- ผนัง EIFS	-	

ที่มา : คำนวณจากโปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา OTTV/RTTV ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนวัสดุประตู-หน้าต่าง (ค่า U-value) โดยแบ่งตามกลุ่มของค่า U-value

ประเภทและองค์ประกอบของวัสดุประตู-หน้าต่าง	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- ใช้บานประตู-หน้าต่าง ทำจากโลหะ เหล็กกล้า	U-value > 2.7 W / m^2°C
- ใช้บานประตู-หน้าต่าง ทำจากอลูมิเนียมที่หนาเกิน 2 ม.ม.	U-value = 1.8 -2.7 W / m^2°C
- ใช้บานประตู-หน้าต่าง ทำจากไม้ ไม้อัด และพลาสติก ที่หนา 3.5 ซ.ม. หรืออลูมิเนียมที่หนาไม่เกิน 2 ม.ม.	U-value = 0.9 -1.8 W / m^2°C
- ใช้บานประตู-หน้าต่าง ทำจากไม้ ไม้อัด และพลาสติก ที่หนามากกว่า 3.5 ซ.ม. หรืออลูมิเนียมที่หนาไม่เกิน 2 ม.ม.มีฉนวนข้างใน	U-value < 0.9 W / m^2°C

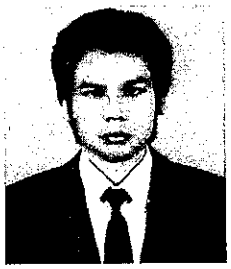
ที่มา : คำนวณจากโปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา OTTV/RTTV ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของวัสดุกระจก (ค่า SC_1) โดยแบ่งตามกลุ่มของระดับค่า SC_1

ประเภทกระจก	ความหนา	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด
- ใช้กระจกใส (Clear Float Glass)	หนา 3 – 8 ม.ม.	SC_1 มากกว่า 0.90
- ใช้กระจกใส (Clear Float Glass)	หนา 10 – 12 ม.ม.	SC_1 ตั้งแต่ 0.70 ไม่เกิน 0.90
- ใช้กระจกสีอ่อน (Light-tinted Float Glass)	หนา 5 – 10 ม.ม.	SC_1 ตั้งแต่ 0.50 ไม่เกิน 0.70
- ใช้กระจกสีเข้ม (Dark-tinted Float Glass)	หนา 5 – 10 ม.ม.	
- ใช้กระจกสะท้อนแสงสีอ่อน (Cool Heat Reflective Glass)	หนา 5 – 8 ม.ม.	
- ใช้กระจกสะท้อนแสงสีเข้ม (Dark Heat Reflective Glass)	หนา 3 – 5 ม.ม.	
- ใช้กระจกสีอ่อน (Light-tinted Float Glass)	หนา 12 ม.ม.	SC_1 ตั้งแต่ 0.30 ไม่เกิน 0.50
- ใช้กระจกสะท้อนแสงสีอ่อน (Cool Heat Reflective Glass)	หนา 6 - 8 ม.ม.	
- ใช้กระจกฉนวนความร้อนติดฟิล์ม Low-E	-	SC_1 น้อยกว่า 0.30
- ใช้กระจก Heat-stop on VGN	-	
- ใช้กระจก Heat-stop on RSCAZ	-	

ที่มา : อ้างอิงจาก บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)

ประวัติผู้เขียน



นายนราธิป ทับทัน
นักศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อีเมล์ : arch.11007@gmail.com