บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคาร

จากปัญญาด้านวิกฤตพลังงานและปัญหาการใช้พลังงานในอาคารเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อการหาตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร และได้พัฒนาไปสู่แนวคิดใหม่ในการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยเป็นแนวความคิดที่ผสมผสานเทคโนโลยีในการออกแบบ นอกจากนี้ การตระหนักถึงปัญหาด้านพลังงานนี้ยังก่อให้เกิดข้อกำหนด หรือข้อบังคับสำหรับอาคารในด้านพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการควบคุมการใช้พลังงานในอาคาร

2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (energy factor)

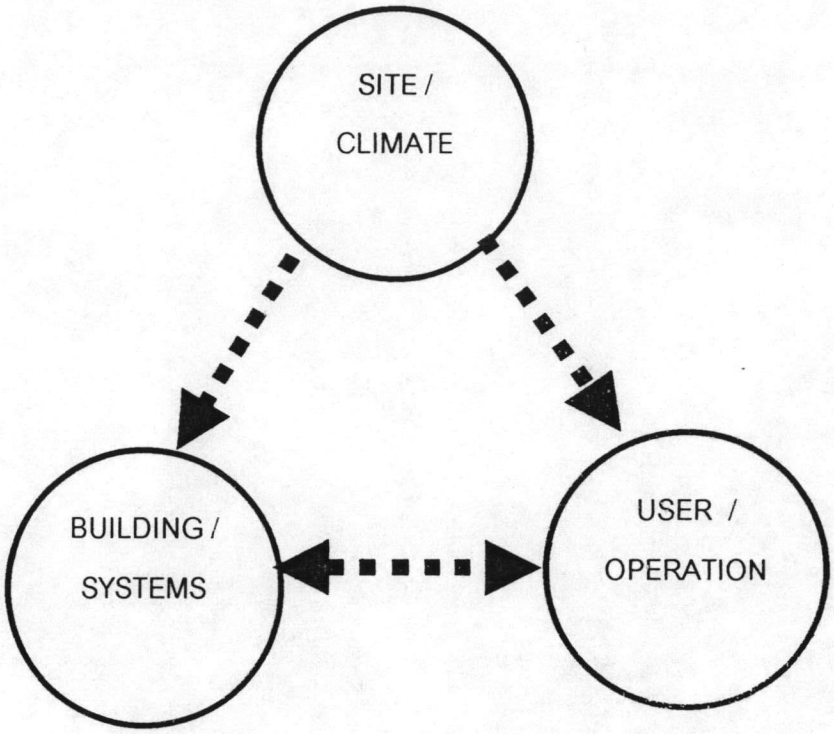
จากการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ พบว่าในการใช้พลังงานในอาคาร มีกลุ่มของตัวแปรหลักที่ผลต่อการใช้พลังงานซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 1982)

1 กลุ่มของตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ (site and climate)

2 กลุ่มของตัวแปรด้านตัวอาคารและระบบอาคาร (building and system)

3 กลุ่มของตัวแปรด้านผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (user and occupancy)

ซึ่งตัวแปรทั้ง 3 กลุ่มนี้นอกจากจะมีผลต่อการใช้พลังงานแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ตัวแปรในกลุ่มที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ จะเป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มตัวอาคารและระบบอาคาร และกลุ่มผู้ใช้อาคารและการใช้งาน และทั้งหมดจะส่งผลถึงการใช้พลังงานในอาคาร และสามารถแสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.1 ดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (energy factor)
ที่มา : Boonyatikarn, Soontorn. A method for developing energy budgets and energy design guildlines for institutional buildings. P.22

1 กลุ่มของตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ (site and climate)

หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ตัวแปรที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ประกอบด้วย องค์ประกอบสภาพดินฟ้าอากาศ (climate elements) และ องค์ประกอบด้านที่ตั้ง (site elements)

โดยที่องค์ประกอบทางดินฟ้าอากาศ หมายถึง อุณหภูมิอากาศ (air temperature)ความเร็วลม (wind speed)ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (solar radiation) และ สภาพท้องฟ้า (cloud) โดยองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น อุณหภูมิอากาศ ตอนกลางวันจะมีอุณหภูมิที่สูง แต่ตอนกลางคืนมีอุณหภูมิต่ำ รวมถึงเมื่ออยู่ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิสูง และในฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิที่ต่ำนั้นคือ ในองค์ประกอบกลุ่มนี้มีวงจรที่เปลี่ยนแปลงข้อมูล แบ่งเป็นวงจรเวลาแบบกลางวัน-กลางคืน และวงจรเวลาแบบฤดูกาล

ส่วนองค์ประกอบด้านที่ตั้ง คือ พืชพรรณ (vegetation) น้ำ (water bodies) เนินดิน (land slope) ค่าความจุความร้อน(thermal capacity) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสภาพแวดล้อมเฉพาะ (micro climate) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่ปรับแต่ง สภาพอากาศโดยรอบของอาคาร ให้อยู่ในสภาวะน่าสบายเพิ่มมากขึ้น

2 **กลุ่มของตัวแปรด้านตัวอาคารและระบบอาคาร (building and system)**

หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ประกอบด้วย องค์ประกอบด้านอาคาร (building) และองค์ประกอบด้านระบบอาคาร (systems) ซึ่งผู้ออกแบบต้องแสวงหารูปแบบของอาคาร และงานระบบต่างๆ ที่สอดคล้องกันเพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ใช้พลังงานน้อยในทุกๆสถานการณ์ โดยองค์ประกอบด้านอาคาร หมายถึง รูปร่างและรูปทรงอาคาร (shape / form) ตำแหน่งที่ตั้ง (building placement) ส่วนประกอบของเปลือกอาคาร (envelope component) แบ่งย่อยออกเป็น มวลสาร (mass) ค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคาร (envelope heat transfer coefficient (U value)) ตำแหน่งการติดตั้งฉนวน (placement of insulation) สีของผนัง (wall color) และคุณสมบัติผิววัสดุ หน้าต่าง (windows and fenestrations) การควบคุมแสงอาทิตย์ (solar control) เป็นต้น และองค์ประกอบด้านระบบอาคาร หมายถึงระบบหรือเครื่องกลที่ใช้ในอาคารเพื่อสร้างสภาวะสบาย

3 **กลุ่มของตัวแปรด้านผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (user and occupancy)**

หมายถึง กลุ่มตัวแปรทีเกี่ยวข้องกับผู้ใช้อาคารและการควบคุมอาคารตัวแปรในกลุ่มนี้ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร (occupancy) รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะของกิจกรรมต่างๆ (activities) ความสบายที่ผู้ใช้อาคารต้องการ ทั้งทางความรู้สึกร้อนหนาวที่พอเหมาะ แสงสว่างที่พอเหมาะ และคุณภาพของเสียงที่พอเหมาะ ตลอดจนการใช้งานและการควบคุมระบบต่างๆ ในอาคาร

2.2 แนวทางการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน

จากความเข้าใจถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานที่อธิบายข้างต้นแล้ว จะพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลมากในการใช้พลังงานในอาคารและถือเป็นสาเหตุหลักของการใช้พลังงาน คือ กลุ่มตัวแปรที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ และจากข้อมูลทั่วไปของสภาพอากาศพบว่าตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ คือ อุณหภูมิอากาศซึ่งในรอบหนึ่งวันจะมีการแกว่งในลักษณะเป็นโค้ง โดยที่กลางวันจะมีอุณหภูมิที่สูงและกลางคืนมีอุณหภูมิที่ต่ำ แต่ความต้องการของมนุษย์ยอมรับความเปลี่ยนแปลงได้เพียงช่วงแคบๆเท่านั้น หรือหมายถึงมนุษย์มีของเขตสบายที่ยอมรับได้เพียงช่วงเดียว ดังนั้น จึงมีการศึกษาการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานและคงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิต

เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นในประเทศไทย จะพบว่ามีตัวแปรของสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่เป็นทั้งส่วนที่เอื้ออำนวยต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (asset) และส่วนที่ควรตระหนักถึงหรือส่วนที่เป็นอุปสรรค์ต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (liabilities) นั้นคือหากผู้ออกแบบสามารถดึงเอาส่วนที่เอื้ออำนวยของธรรมชาติมาใช้ได้มาที่สุดและหลีกเลี่ยงส่วนที่เป็นอุปสรรค์ได้แล้วจึงจะเป็นแนวทางหนึ่งของกรออกแบบที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน

จึงได้มีการนำเสนอ**แนวคิดใหม่ของการออกแบบโดยใช้พลังงาน** (new design concept with energy awareness) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นผลของการ**ผสมผสานเทคโนโลยีในการออกแบบ** (technology and design integration) ประกอบด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 20-27)

1 การใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้ง (site element)

คือการใช้ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งอาคาร เพื่อทำให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารเย็นลงกว่าเดิม

2 การเลือกที่ตั้งและทิศทางของอาคาร (building placement and orientation)

คือการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมให้เย็น เพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอก เป็นผลให้สามารถลดภาระในการทำความเย็น ให้กับอาคาร ถ้าเป็นส่วนของอาคารที่สัมผัสดิน เช่น ชั้นล่างก็จะใช้เทคนิคของการนำความเย็นจากพื้นดินที่ได้ปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ให้เหมาะสมแล้วมาใช้ ส่วนแนวคิดใหม่ในการเลือกทิศทางและตำแหน่งของอาคาร คือ

ให้อาคารสามารถสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้มากที่สุด ซึ่งรวมถึงการออกแบบช่องเปิด และการควบคุมการรั่วซึมของอากาศเข้าสู่อาคาร

3 **การพิจารณาออกแบบและเลือกระบบเปลือกอาคาร (envelope component consideration)**

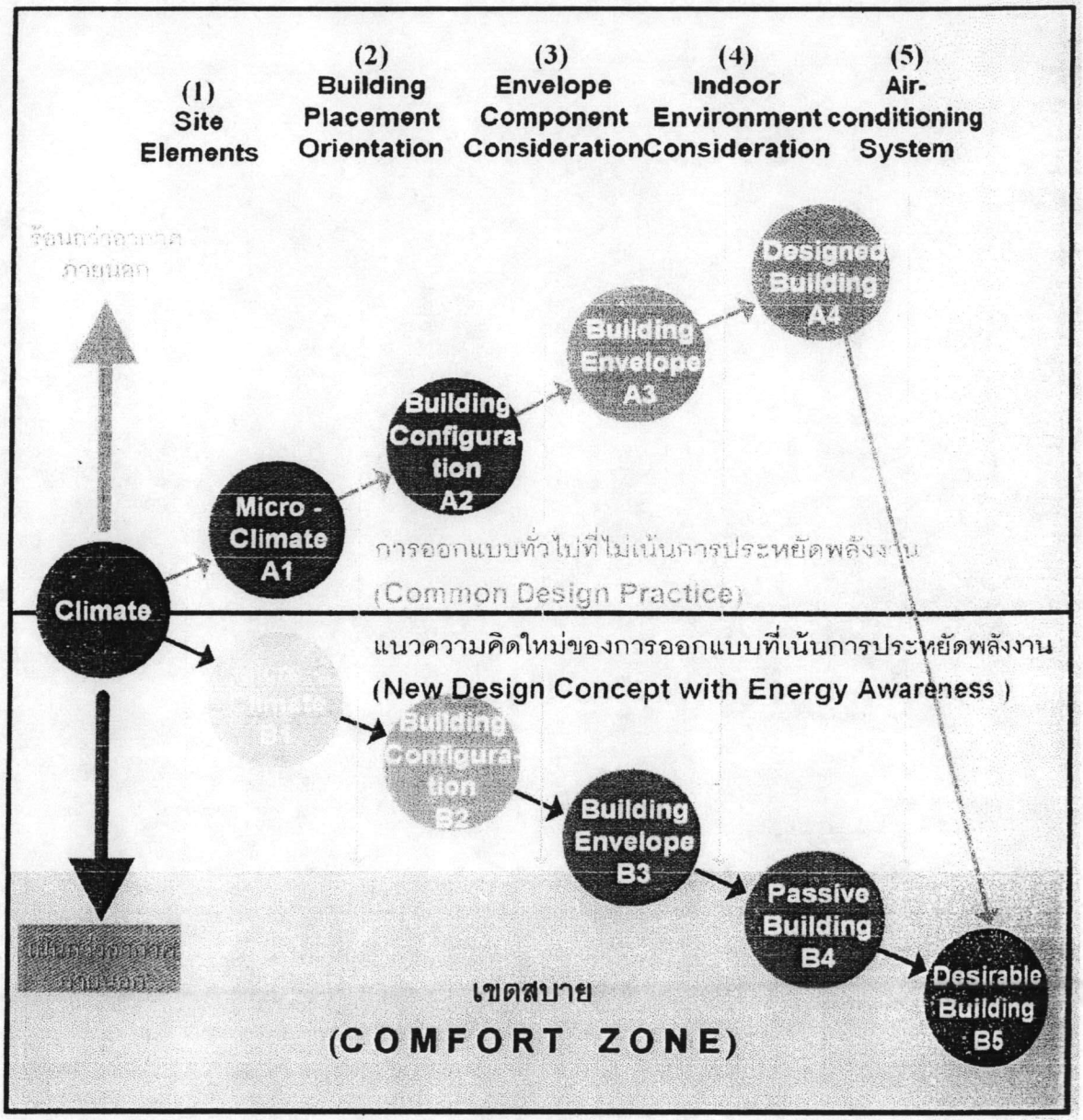
ในระบบเปลือกอาคารที่เป็นส่วนทึบแสงหรือผนังทึบ ต้องเลือกระบบผนังที่สมารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้ดี และในส่วนที่เป็นผนังโปร่งแสง ควรพิจารณาเลือกใช้กระจกที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้มาก แต่อยู่ในอัตราที่พอเหมาะ คือไม่มากจนเกินไป โดยควบคุมความร้อนให้เข้ามาได้น้อยที่สุด

4 **การพิจารณาเลือกระบบทีมาใช้ภายในอาคาร (indoor environment consideration)**

คือการเลือกวัสดุที่ค่าการกักเก็บความร้อนแลความชื้นน้อย ทางด้านอุปกรณ์ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้ไฟน้อย อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนควรอยู่นอกอาคาร หรือส่วนต่างๆของอาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดความชื้น ควรอยู่ภายนอกอาคารทั้งหมด

5 **อาคารที่พึงปรารถนา (desirable building)**

อย่างไรก็ตามจากแนวคิดที่ผสมผสานเทคโนโลยีนี้ ยังไม่สามารถควบคุมสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบายอย่างสมบูรณ์ ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่จะพบว่าหากใช้ระบบธรรมชาติก็จะมีชั่วโมงที่ปรับให้อยู่ในเขตสบายมากกว่าอาคารโดยทั่งๆไป

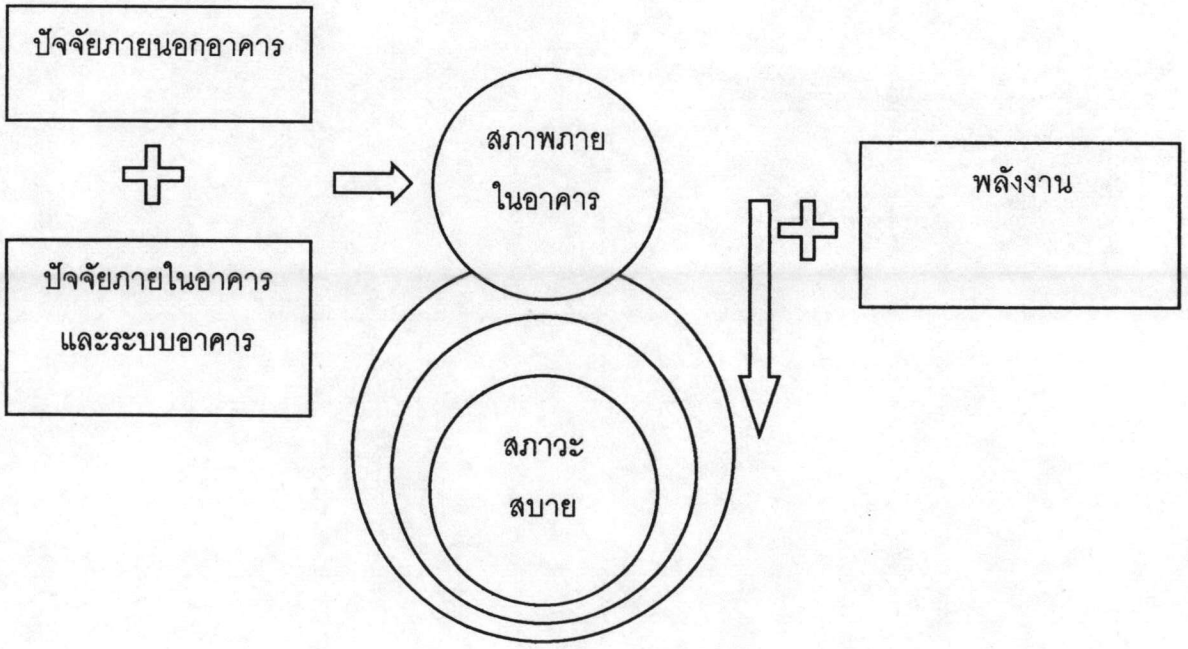


รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการออกแบบทั่วไปที่ไม่เน้นการประหยัดพลังงานทำให้สภาวะภายในอาคารร้อนกว่าอากาศภายนอก และใช้แนวความคิดใหม่ในการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน ซึ่งทำให้สภาวะภายในอาคารเข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด จึงทำให้ประหยัดพลังงานในการปรับสภาวะอากาศภายในให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ. บ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542) หน้า 20.

2.3 แนวคิดในการประมาณปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร และแนวทางการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานข้างต้นแล้ว สามารถสรุปมาเป็นแนวคิดสำหรับใช้ในการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร และประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารได้ดังนี้ คือ การที่อาคารจะต้องใช้พลังงานมากหรือน้อยนั้น เนื่องจาก ผู้ใช้อาคารต้องการเขตสบายที่แตกต่างกันตามกิจกรรม และหากสภาพภายในอาคารไม่สมรถสร้างความสบายตามต้องการแล้วนั้น จึงมีการพิจารณาใช้พลังงานในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ด้วยระบบอาคารที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาสภาพภายในอาคารที่เกดขึ้นนั้น เป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกอาคาร เช่น ที่ตั้งและสภาพอากาศ ปัจจัยภายในอาคารและปัจจัยด้านอาคาร เช่น ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร รูปร่างอาคาร ทิศทางอาคาร องค์ประกอบของกรอบอาคาร เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แสดงแนวคิดในการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร

หลักการในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในอาคารทำโดยใช้สมการในการหาปริมาณพลังงานที่ใช้ ดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)

$$E = P \times Time$$

เมื่อ

E คือ พลังงานไฟฟ้า หน่วย วัตต์ชั่วโมง

P คือ กำลังไฟฟ้า หน่วย วัตต์

Time คือ เวลาในการใช้งาน หน่วย ชั่วโมง

2.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

มาตรการที่เกี่ยวข้องกับการข้อกำหนดเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะบางส่วนที่สำคัญ และจำเป็นสำหรับแนวคิดของการอนุรักษ์พลังงาน ประกอบด้วย

1. การกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

มาตรการหนึ่งในกฎกระทรวงที่กำหนดขึ้นเพื่อส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลลังงานในอาคาร โดยอาศัยคุณสมบัติของการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร โดยมีการกำหนดไว้ดังนี้

1.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) โดยกำหนดให้อาคารใหม่ต้องมีค่าไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก และ อาคารเก่าต้องมีค่าไม่เกิน 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

1.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) โดยกำหนดให้ อาคารใหม่และเก่าต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

2. **การกำหนดค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง**

โดยการกำหนดค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยหลักที่จะเป็นทั้งแหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคารและการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยตรง

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดจำแนกตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด
1. สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษา และโรงพยาบาล / สถานพักฟื้น	16 วัตต์ต่อตารางเมตร
2. ร้านขายของ ซุปเปอร์มาเก็ต หรือศูนย์การค้า	23 วัตต์ต่อตารางเมตร

ที่มา : จากกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

3. **การกำหนดมาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร**

โดยกำหนดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศ เพื่อเป็นการควบคุมประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์หลักที่จะมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานด้านความรู้สึกร้อน-หนาว

ในการออกแบบอาคารเพื่อสร้างความรู้สึกร้อน-หนาวที่เหมาะสม นั้นเป็นการปรุงแต่งสภาพภายในอาคารจากสภาพอากาศภายนอกที่รุนแรงให้อยู่ในสภาพสบาย หรือเขตสบาย (comfort zone) ซึ่งสามารถสรุปเป็นกลุ่มของตัวแปรหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานเพื่อสร้างความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะดังนี้

1. ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความร้อน-หนาว

หมายถึง ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อนหนาวภายในอาคาร ซึ่งจากแนวคิดในการออกแบบที่คำนึงถึงด้านพลังงาน จะเป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารให้สามารถสร้างสภาพอาคารให้เข้าใกล้สภาพสบาย หรือเพิ่มจำนวนชั่วโมงให้อยู่ในสภาพสบายมากขึ้น โดยแนวคิดหลักคือการลดอิทธิพลของความร้อนภายนอกอาคาร และเพิ่มแหล่งความเย็นภายนอกอาคาร

2. ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความร้อน-หนาว

หมายถึง ปัจจัยภายในอาคารซึ่งประกอบด้วย แหล่งความร้อนภายในอาคาร คุณสมบัติของอาคารในการป้องกันอิทธิพลความร้อนภายนอกอาคาร การระบายหรือดูดซับความร้อนภายในอาคาร ศักยภาพในการนำความเย็นจากแหล่งความเย็นภายนอกอาคารมาใช้ รวมถึงระบบอาคารทั้งที่เป็นระบบธรรมชาติและที่เป็นระบบเครื่องกลในการสร้างความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ

3. ปัจจัยด้านความรู้สึกร้อน-หนาวที่เหมาะสม

หมายถึง ลักษณะการใช้งานอาคาร ที่มีความต้องการของขอบเขตสบายที่แตกต่างกัน ตลอดจนปัจจัยต่างๆของสภาพแวดล้อมและปัจจัยด้านตัวบุคคลที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาว

2.6 ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความรู้สึกร้อน-หนาว

ปัจจัยในส่วนนี้ หมายรวมถึงสภาพภูมิอากาศ และสภาพอากาศเฉพาะที่ หรือเป็นสภาพอากาศที่มีอิทธิพลขององค์ประกอบด้านที่ตั้ง จากการศึกษาสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เช่นประเทศไทย โดยใช้ สภาพอากาศของกรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนในการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) พบว่าจากข้อมูลสภาพอากาศปี 2538 กรณีที่ไม่มีอิทธิพลของลมมาช่วยพบว่ามีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายเพียง 7% จำนวนชั่วโมงที่อยู่ต่ำกว่าเขตสบาย 1% และจำนวนชั่วโมงที่อยู่สูงกว่าเขตสบาย 92%

จากลักษณะสภาพอากาศข้างต้นจะพบว่าการที่จะสร้างสภาพความรู้สึกร้อนหนาวในอาคารที่พอเหมาะ แนวคิดหลักในการปรับปรุงสภาพอากาศดังกล่าว คือการป้องกันความร้อน และแสวงหาความเย็นให้กับอาคารในช่วงที่สภาพอากาสอยู่สูงกว่าเขตสบาย ดังนั้นจึงสามารถแบ่งเป็นองค์ประกอบของปัจจัยภายนอกอาคารที่มีผลต่อความร้อนภายในอาคาร คือ

1. **แหล่งความร้อนภายนอกอาคาร**

ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศที่สูงกว่าเขตสบายในช่วงเวลากลางวัน พลังงานความร้อนที่แผ่จากดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อน (คลื่นยาว) ที่แผ่จากวัสดุบนพื้นโลกเมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งแหล่งพลังงานความร้อนหลักจากภายนอกที่มีอิทธิพลสูงสุดคือ พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

พลังงานของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) ที่ส่องมายังพื้นโลกประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่างๆ กัน ดังนี้ (ASHRAE handbook of fundamental,1997 อ้างถึงโดย สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542)

1. รังสีอัลตราไวโอเลต

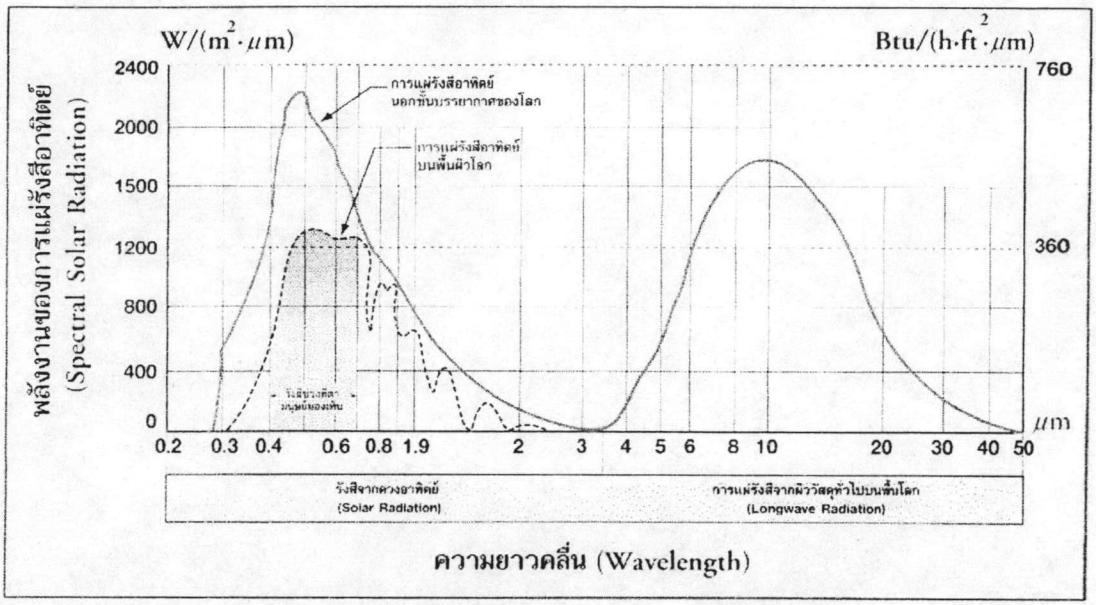
- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29 - 0.4 ไมโครเมตร หรือ ไมครอน
- เป็นรังสีที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวหนัง และทำให้สีของเครื่องใช้ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ตางๆ เปลี่ยนแปลงไป
- มีสัดส่วนเป็น 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

2. แสงที่มองเห็นได้

- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 – 0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสง
- มีสัดส่วนเป็น 38% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

3. รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น

- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7 – 3.5 ไมโครเมตร
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเรารู้จักกันดีและเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ กล่าวคือ มีสัดส่วนถึง 53% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสแสงอาทิตย์เราจึงรู้สึกร้อน

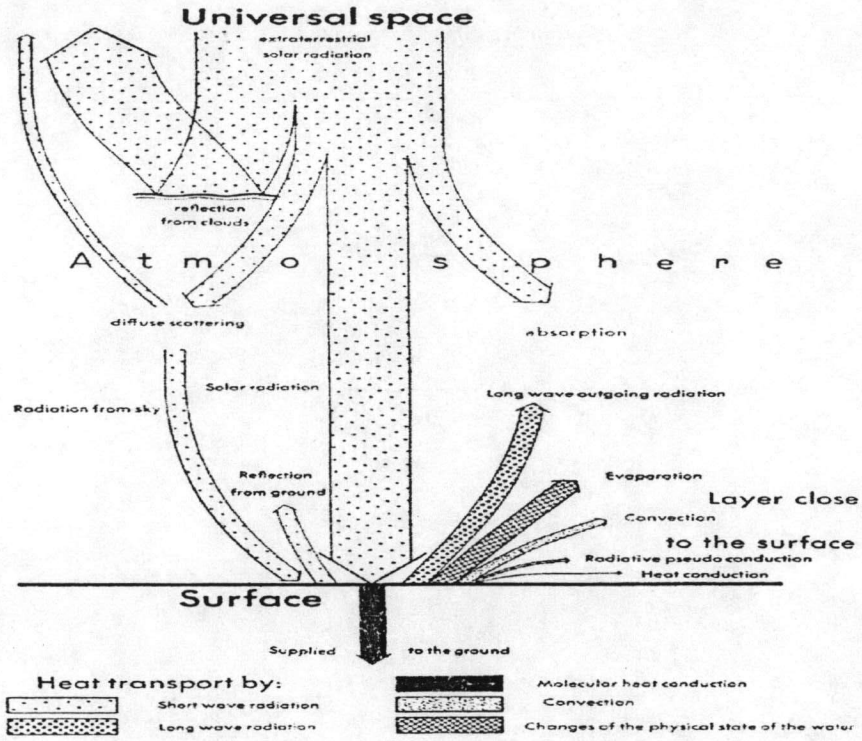


รูปที่ 2.4 แสดงการแผ่รังสีอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศและบนพื้นผิวโลก

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน: การใช้กระจก. หน้า 10 ปรับปรุงจาก ASHRAE Handbook of fundamentals, 1997)

จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศ และตกกระทบบนพื้นโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบพลังงานความร้อนและส่งผลกระทบต่ออาคาร (radiant heat transfer) (Olgyay, Victor, 1963: 33) โดยสามารถแบ่งเป็น 5 ช่องทางดังนี้

1. รังสีคลื่นสั้นโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากท้องฟ้า
3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากสิ่งแวดล้อมบนพื้นโลก
4. รังสีคลื่นยาวจากพื้นผิวที่มีความร้อนโดยรอบ
5. รังสีคลื่นยาวที่แลกเปลี่ยนจากอาคารสู่ท้องฟ้า



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์

ที่มา : Olgyay, Victor Design with climate bioclimatic approach to architectural regionalism page 33.

2. แหล่งความเย็นภายนอกอาคาร

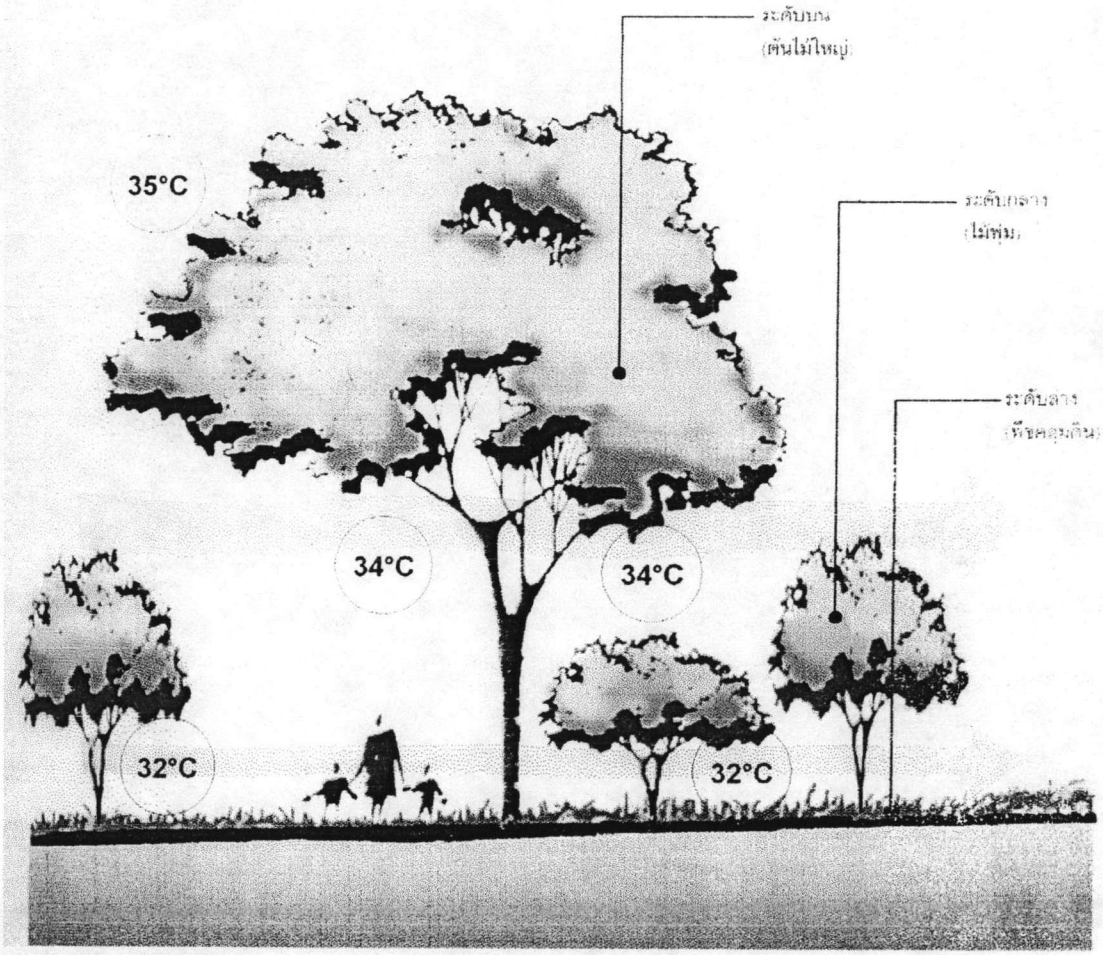
ประกอบด้วย องค์ประกอบด้านสภาพอากาศ คือ อุณหภูมิอากาศที่เย็นในเวลากลางคืน ท้องฟ้าในเวลากลางคืนที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งวัสดุบนพื้นโลกจะมีการแผ่รังสีความร้อนคืนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน อิทธิพลของความเร็วลมที่สามารถช่วยให้มีความรู้สึกเสมือนเย็นลง และส่วนขององค์ประกอบด้านที่ตั้งอาคาร

เทคนิกการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกเพื่อสร้างแหล่งความเย็นให้กับอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2541: 71-90) ประกอบด้วย

1. การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่

ประโยชน์จากต้นไม้คือ สามารถลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มากระทบวัตถุบนพื้นโลกและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน นอกจากนี้ต้นไม้ใหญ่ยังมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันหรือประมาณ

12,000 บีทียูต่อชั่วโมง ดังนั้นเทคนิคการใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่อย่างเต็มที่ ควรสร้างสภาพแวดล้อมเบื้องบนให้ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ และใช้ต้นไม้ขนาดกลางปลูกบริเวณโดยรอบ



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ. บ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542) หน้า 73.

2. การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

เป็นการปรุงแต่งในระดับที่ต่ำลงมาจากพุ่มใบของต้นไม้ใหญ่ การใช้พืชคลุมดินเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซับน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศ

3. การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิว

นอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน การเลือกใช้วัสดุปูผิวดินที่เหมาะสมจะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ โดยควรเลือกวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูง หรือวัสดุที่สามารถนำน้ำใต้ดินมาระเหยเป็นไอได้ดี

4. ดินและการใช้ประโยชน์จากดิน

จากการศึกษา (อเนก ธีระวิวัฒน์ชัย, 2539) พบว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27 องศาเซลเซียสที่ระดับความลึก 0.60 เมตร และการที่จะใช้ประโยชน์จากดินต้องมีการปรุงแต่งสภาพดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด

5. การใช้ประโยชน์จากลม

การใช้ประโยชน์จากลมต้องให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อมพัดผ่านบริเวณที่เย็นก่อน นอกจากนี้จากากรศึกษา (จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์, 2543) การใช้การไหลเวียนของอากาศในเวลาคืนจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิอากาศภายในห้อง

6. การใช้ประโยชน์จากความลาดเอียงของผิวดิน

ในด้านที่ต้องการให้พื้นดินเย็นหากไม่มีต้นไม้หรือร่มเงาปกคลุม อาจใช้วิธีปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้รับแสงแดดน้อยลงในเวลากลางวัน นอกจากนี้การปรับความลาดเอียงนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปรับแต่งเส้นแนวการไหลเวียนของอากาศให้เป็นไปตามต้องการได้

7. การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถเป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยการใช้กระแสลมพัดผ่านผิวหน้าน้ำที่เย็น จะพบว่าเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำในระยะทางยาวเพียวพออุณหภูมิอากาศจะค่อยๆเย็นลง แต่มีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่ม

2.7 ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความรู้สึกร้อน-หนาว

ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความรู้สึกร้อนหนาว สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 องค์ประกอบด้านอาคารและกรอบอาคาร
ส่วนที่ 2 องค์ประกอบด้านระบบอาคาร

ส่วนที่ 1 องค์ประกอบด้านอาคารและกรอบอาคาร

ในส่วนขององค์ประกอบด้านอาคารและกรอบอาคาร องค์ประกอบหลักที่มีอิทธิพลต่อ สภาพภายในอาคารด้านความร้อน-หนาวคือ กรอบอาคารซึ่งหมายถึงส่วนของอาคารที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารทั้งหมด โดยมีหน้าที่หลักของอาคารในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาว เมื่อพิจารณาแล้วคือ (Stein, Benjamin and Reynolds, John S., 1999)

1 เป็นส่วนเชื่อมต่อ (connector) นั้นคือเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร
2 เป็นส่วนกรองหรือป้องกัน (filter or barrier) นั้นคือเป็นส่วนของอาคารที่ทำหน้าที่กรองความรุนแรงของสภาพอากาศภายนอกเพื่อปรับสภาพอากาศภายในให้รู้สึกสบาย
3 เป็นส่วนที่ปรับให้มีการเปิด-ปิดได้ (switch) นั้นคือเปลือกอาคารสามารถปรับที่จะเปิดรับเอาประโยชน์สูงสุดจากธรรมชาติ และสามารถปิดเพื่อป้องกันสิ่งที่ไม่ต้องการจากภายนอก

องค์ประกอบกรอบอาคารแบ่งเป็น

1 ส่วนทึบแสง ประกอบด้วย พื้น ผนัง หลังคา
2 ส่วนโปร่งแสง หรือ ส่วนช่องเปิด

ในส่วนของกรอบอาคารที่ทึบแสงที่มีอิทธิพลต่อสภาพภายในในด้านความรู้สึกร้อนหนาว นั้นคือศักยภาพของกรอบอาคารที่สามารถสร้างสภาพภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบายที่ต้องการมากที่สุด หรือทำให้มีช่วงเวลาที่สภาพภายในอาคารอยู่ในเขตสบายมากที่สุด จากสภาพแวดล้อมภายนอกในภูมิภาคร้อนชื้น จะพบว่าสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารส่วนมากจะอยู่สูงกว่าเขตสบายที่มนุษย์ต้องการดังนั้นกรอบอาคารที่ดีจึงควบเป็นกรอบอาคารที่สามารถปรับให้ในช่วงเวลาใช้งานอาคารมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าสภาพภายนอกที่อยู่นอกเขตสบาย ซึ่งสามารถสรุปหลักการได้ดังนี้คือ

1. การป้องกันความร้อนจากภายนอก
2. การนำความเย็นจากสภาพแวดล้อมมาใช้

การป้องกันความร้อนจากภายนอก

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ แบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1 การนำความร้อน

การนำความร้อนหมายถึงการถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลของสสารในสถานะเดียวกัน (Stein,1992)

2 การพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างสสารต่างสถานะ ได้แก่ ของแข็งกับของเหลว ของแข็งกับก๊าซ ของเหลวกับก๊าซ

3 การแผ่รังสีความร้อน

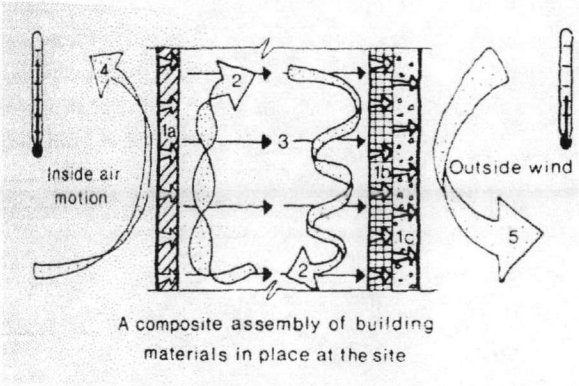
เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบที่แตกต่างกับการนำและการพา เนื่องจากไม่ต้องอาศัยสสารในการถ่ายเทความร้อน แต่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อวัตถุมีอุณหภูมิผิวต่างกัน

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารแบ่งตามองค์ประกอบของเปลือกอาคารได้ดังนี้ การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง และการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนทึบแสง

(Stein, Benjamin and Reynolds, john s.,1999: 120-124)

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนทึบจะเป้นการถ่ายเทความร้อนที่มีการผสมผสานระหว่าง การนำ การพา และการแผ่รังสี เช่น การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับผิวผนังภายนอก ได้แก่ การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ พื้นที่ผิวอื่นๆโดยรอบ และเกิดการพาความร้อนของอากาศภายนอก จากนั้นจึงถ่ายเทด้วยการนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุเข้าไปยังผิวด้านในเมื่อพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิผิวภายในสูงขึ้นอากาสภายในอาคารที่พัดผ่านผิวเปลือกอาคารก็จะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นในขั้นตอนนี้ความร้อนจะถูกถ่ายเทในรูปของการพาความร้อน และเมื่ออุณหภูมิผิวภายในอาคารไม่เท่ากันก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนในรูปขแงการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวต่างๆ ภายในอาคาร



รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

ที่มา : Reynolds, Stein. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. p.123.

จากรูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร โดยที่ความร้อนจะถ่ายเทจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ด้านที่อุณหภูมิต่ำกว่า จากภาพประกอบด้วย 1) การนำความร้อน 2) การพาความร้อน 3) การแผ่รังสีความร้อน 4) การพาความร้อนบริเวณผิวด้านในอาคาร 5) การพาความร้อนบริเวณผิวด้านนอกอาคาร

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจะเกิดจากการมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกภายในดังสมการ

$$q = \Sigma(U * A)\Delta t \qquad \text{(ASHRAE,1997:3.3)}$$

เมื่อ

q คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร หน่วย (Btu/h) หรือ (Watt)

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกรอบอาคาร (overall coefficient of heat transmission) หน่วย (Btu/h ft^2 °F) หรือ(W/m^2 K or W/m^2 °C)

A คือ พื้นที่ของกรอบอาคารที่ความร้อนส่งผ่าน หน่วย (ft^2) หรือ (m^2)

Δt คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน หน่วย (°F) หรือ (K or °C)

นั้นคือ ปริมารความร้อนแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์ส่งผ่านความร้อนรวม (U-value) $q \propto u$

และจาก $U = \frac{1}{\Sigma R}$

เมื่อ

R คือ ค่าความต้านทางความร้อน (resistance) หน่วย (h ft^2 °F/Btu) หรือ(m^2 K/W)

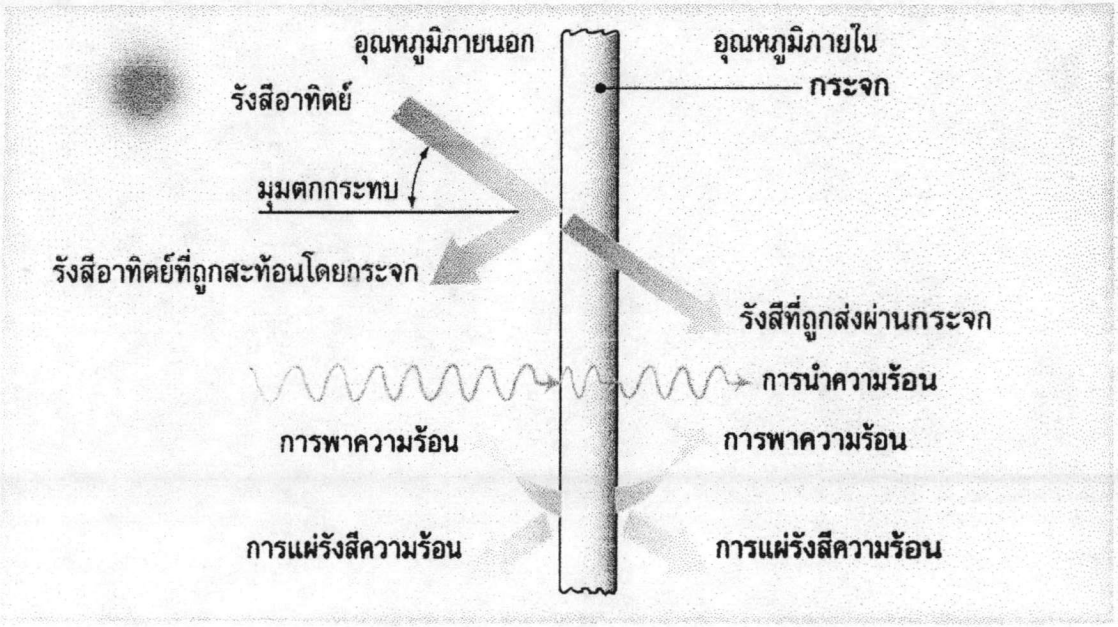
นั้นคือ ปริมารความร้อนแปรผกผันกับค่าความต้านทานความร้อน(R-value)

$$q \propto \frac{1}{\Sigma R}$$

แสดงว่ากรอบอาคารที่มดจะต้องมีปริมาณความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อค่าความต้านทานความร้อนมาก กรอบอาคารจะยิ่งมีศักยภาพในการกันความร้อน

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปรงแสง
(สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542 38-41)

จากการถ่ายเทความร้อนเกิดจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น สำหรับกรณีกระจกที่ทำหน้าที่เป็นส่วนของกรอบอาคาร รังสีดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะตกกระทบที่ผิวกระจกด้านนอก ความร้อนบางส่วนจะสะท้อนกลับไปสู่ภายนอก โดยการพาและการแผ่รังสี ความร้อนบางส่วนจะถูกดูดกลืนเอาไว้ภายในโมเลกุลของผิวด้านนอกกระจก จากนั้นความร้อนจะถูกส่งผ่านไปยังภายในอาคาร โดยการนำความร้อนจากโมเลกุลของผิวด้านในกระจกไปยังโมเลกุลของอากาศภายในอาคาร การนำความร้อนระหว่างโมเลกุลของอากาศ การพาความร้อนผ่านอากาศ และการแผ่รังสีความร้อนผ่านอากาศ



รูปที่ 2.8 การถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบ
ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล. เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน: การใช้กระจก. 2542, หน้า 28.

การประมาณปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้ การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน[1]

---

[1] เป็นวิธีประมาปริมาณความร้อนผ่านส่วนของช่องแสงด้วยวิธีcooling load temperature difference / solar cooling load / cooling load factor (CLTD / SCL / CLF) (1993 ASHRAE fundamental)

การประมาณปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง แสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$q = \Sigma(U * A)CLTD \qquad \text{(ASHRAE, 1997)}$$

เมื่อ

U คือ ค่า U-factor ของกระจก

CLTD คือ ค่า cooling load temperature difference ของกระจก

นั้นคือปริมารความร้อนแปรผันตามค่า U-factor ของกระจก แสดงว่ากรอบอาคารตรงส่วนกระจกนี้จะต้องมีค่า U-factor ที่น้อยที่สุดเพื่อให้ ความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด

นอกจากนี้องค์ประกอบส่วนของช่องแสงนี้ยังได้รับอิทธิพลของความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแสดงเป็สมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความร้อนที่ผ่านช่องแสงจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ เป็นดังนี้

$$q = A * SC * SHGF * CLF \qquad \text{(ASHRAE, 1997)}$$

เมื่อ

q คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร หน่วย (Btu/h) หรือ (Watt)

A คือ พื้นที่ของกระจกที่ความร้อนส่งผ่าน หน่วย (ft^2) หรือ (m^2)

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient) ไม่มีหน่วย

SHGF คือ maximum solar heat gain factor หน่วย (Btu/h ft^2) หรือ (W/m^2)

CLF คือ cooling load factor ไม่มีหน่วย

นั้นคือ ปริมาณความร้อนแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก(SC)

$$q \propto SC$$

แสดงว่าช่องแสงที่ดีจะต้องมีปริมาณความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดยิ่งน้อย ช่องแสงจะมีศักยภาพในการกันความร้อนดี

การหาแหล่งความเย็นมาใช้ แบ่งเป็นส่วนพื้น และส่วนของหลังคา

พิจารณาส่วนหลังคา

ความเย็นที่ผิวหลังค่าเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนกลับคืนสู่ท้องฟ้าตอนกลางคืน และ ส่งความเย็นผ่านมาที่ช่องว่างใต้หลังคาเพื่อนำมาใช้ในอาคาร

จากอิทธิพลของ **sol-air temperature** (1997 ASHRAE Fundamentals Handbook: 29.15–29.16.) ที่หมายถึง "the temperature of the outdoor air that in the absence of all radiation changes gives the same rate of heat entry into surface as would the combination of incident solar radiation, radiant exchange with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air." (2001 ASHRAE Fundamentals Handbook) **อุณหภูมิสมมติของอากาศที่ติดกับผิววัสดุที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์และการแลกเปลี่ยนรังสี ที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าจากสภาพแวดล้อมรอบตัว** และจากการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถแสดงแสดงความสัมพันธ์ดังสมการนี้

$$t_e = t_o + \frac{\alpha * E}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} \qquad \text{(ASHRAE, 1997)}$$

เมื่อ

t_e คือ Sol-air Temperature หน่วย ($^{\circ}F$)

t_o คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก หน่วย ($^{\circ}F$)

α คือ สัมประสิทธิ์การดูดความร้อนของผิววัสดุ (absorptance of surface for solar radiation) ไม่มีหน่วย

E คือ รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (total solar radiation incident on surface) หน่วย (Btu/h ft^2)

h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรังสีคลื่นยาวและการพาความร้อนของพื้นผิวด้านนอก (coefficient of heat transfer by long-wave radiation and convection at outer surface) หน่วย (Btu/h ft^2 $^{\circ}F$)

ε คือ สัมประสิทธิ์การเปล่งความร้อนออกจากผิว (hemispherical emittance of surface) ไม่มีหน่วย

ΔR คือ อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (difference between long-wave radiation incident on surface from sky and surrounding and radiation emitted by blackbody at outdoor air temperature) หน่วย (Btu/h ft^2)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเวลากลางคืนจะพบว่า อิทธิพลจาก ค่าพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ (E)จะมีค่าเป็น 0 นั้นคือ

$$t_e = t_o - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o}$$

แสดงว่าอุณหภูมิของผิวหลังคาจะเย็นที่สุดเมื่อ ค่าการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้ามากที่สุด และเมื่อผิวของหลังคาด้านบนเย็น ก็ต้องสามารถส่งความเย็นลงมาสู่ช่องว่างอากาศใต้หลังคาได้มากที่สุด จากสมการแสดงปริมาณความร้อนผ่านเปลือกอาคารข้างต้น แสดงว่างผิวหลังคายิ่งมีค่าความต้านทานความร้อนน้อย จะทำให้ความเย็นสามารถผ่านได้ดี เมื่อผิวของหลังคาด้านบนเย็นและส่งความเย็นลงมา มวลสารภายในช่องใต้หลังคาควรมีน้อยที่สุด เพื่อให้ช่องใต้หลังคามีความร้อนที่สะสมไว้ตอนกลางวันน้อยที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการนี้

$$q = m * c * \Delta t$$ (ASHRAE, 1997)

เมื่อ

q คือ ปริมารความร้อน หน่วย

m คือ มวลสาร หน่วย

c คือ ค่าความจุความร้อน หน่วย

Δt คือ อุณหภูมิที่แตกต่าง หน่วย

นั้นคือ ปริมาณความร้อนที่สะสมในมวลสารใต้หลังคาแปรผันตามค่ามวลสารของฉนวนใต้พลังงาน

$$q \propto m$$

ดังนั้นมวลสารยิ่งน้อยจะทำให้ความร้อนที่สะสมที่ช่องใต้หลังคาน้อยที่สุด และจะทำให้ความเย็นลงมามากที่สุด

พิจารณาความเย็นจากพื้นที่สัมผัสดิน

ความเย็นจากพื้นที่สัมผัสดินผ่านมาในจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่สัมผัสดิน นั้นคือ

$$q \propto \Delta t$$

นั้นคือเมื่ออุณหภูมิดินมีการปรับปรุงได้อย่างถูกต้องเหมาะสมแล้ว จะช่วยให้สภาพภายในอาคารเข้าสู่เขตสบายมากที่สุด

การหน่วงเหนี่ยวเวลา (time lag)

เมื่อเปลือกอาคารสามารถหน่วงเหนี่ยวช่วงเวลาที่ร้อนที่สุกให้เข้าสู่อาคารได้ จะเป็นการช่วยลดปัจจัยของความร้อนจากภายนอกที่จะเข้าสู่อาคารในเวลาเดดี่ยวกัน หากสามารถหน่วงความร้อนจากตอนกลางวันไปใช้ได้ตอนกลางคืน และสามารถหน่วงความเย็นจากเวลากลางคืนมาใช้ได้ในเวลากลางวัน นั้นคือเปลือกอาคารที่สามารถ ดึงเอาประโยชน์จากธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเต็มที่

ตารางที่ 2.2 แสดง Overall heat transmission coefficient (U) and time lag characteristic data for homogeneous walls

ที่มา : Olgyay, Victor อ้างถึง heating ventilating air conditioning guide 1951

Material	Thickness (inches)	U value (Btu / sq.f./hr)	Time lag (hours)
Stone	8	0.67	5.5
	12	0.55	8.0
	16	0.47	10.5
	24	0.36	15.5
Solid concrete	2	0.98	1.1
	4	0.84	2.5
	6	0.74	3.8
	8	0.66	5.1
	12	0.54	7.8
	16	0.46	10.2

Common brick	4	0.60	2.3
	8	0.41	5.5
	12	0.31	8.5
	16	0.25	12.0
Face brick	4	0.77	2.4
Wood	½	0.68	0.17
	1	0.48	0.45
	2	0.30	1.3
Insulation board	2	0.14	0.77
	4	0.08	2.7
	6	0.05	5.0

การดูดซับความร้อนจากภายใน

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนกับมวลสารภายในอาคาร

$$q = m * c * \Delta t$$

นั้นคือ $q \propto m$ ปริมาณความร้อนที่มวลสารสามารถดูดซับไว้ได้แปรผันตามมวลสารภายในของอาคาร นั้นคือ มวลสารภายในอาคารจะทำหน้าที่ดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารไว้

ส่วนที่ 2 องค์ประกอบด้านระบบอาคาร

ในส่วนนี้จะเป็นองค์ประกอบภายในอาคารที่จำเป็น เนื่องจากหากองค์ประกอบด้านอาคารและกรอบอาคาร ไม่สามารถสร้างสภาพสบายภายในอาคารได้ตมต้องการ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาระบบอาคารเพื่อช่วยสร้างสภาพสบายภายในอาคาร ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักดังนี้

1 เครื่องกลสำหรบสร้างความรู้สึกเสมือนเย็นขึ้นด้วยออิทธิพลของความเร็วลม ได้แก่ พัดลม

2 เครื่องกลสำหรับสร้างความเย็น ได้แก่ ระบบปรับอากาศ

ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับพัดลม

ถึงแม้ว่าพัดลมจะเป็นเครื่องกลที่ใช้พลังงานน้อย เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศ แต่ก็มีข้อจำกัดคือ ในการใช้อิทธิพลความเร็วลมเพื่อสร้างความรู้สึกสบายนั้น จะต้องกำหนดความเร็วลมที่ไม่รบกวนผู้ใช้อาคาร

ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ

การคิดภาระการทำความเย็น (cooling load) เมื่อพิจารณาแหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร สามารถแบ่งความร้อนออกเป็น

1. ความร้อนภายในอาคาร (internal heat gain) ประกอบด้วย
   - ความร้อนของผู้อยู่อาศัยในอาคารมีทั้งส่วนความร้อนสัมผัส (sensible heat) และ ความร้อนแฝง (latent heat)
   - ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า

2. ความร้อนจากภายนอกอาคาร (external heat gain) ประกอบด้วย
   - ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารผ่านทางหน้าต่าง และช่องเปิดต่างๆ
   - ความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังและหลังคาอาคาร เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการนำความร้อน

- ความร้อนจากอากาศภายนอกที่รั่วไหลเข้าสู่ภายในอาคารตามของประตู หน้าต่าง และตามรอยรั่ว ต่าง

รูปที่ 2.9 แสดงแหล่งที่มาของความร้อน สำหรับการคิดภาระการทำวามเย็น

ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน หน้า 30.

การคำนวณภาระการทำความเย็น มีวิธีการประมาณ 3 วิธี(ASHRAE) ดังนี้

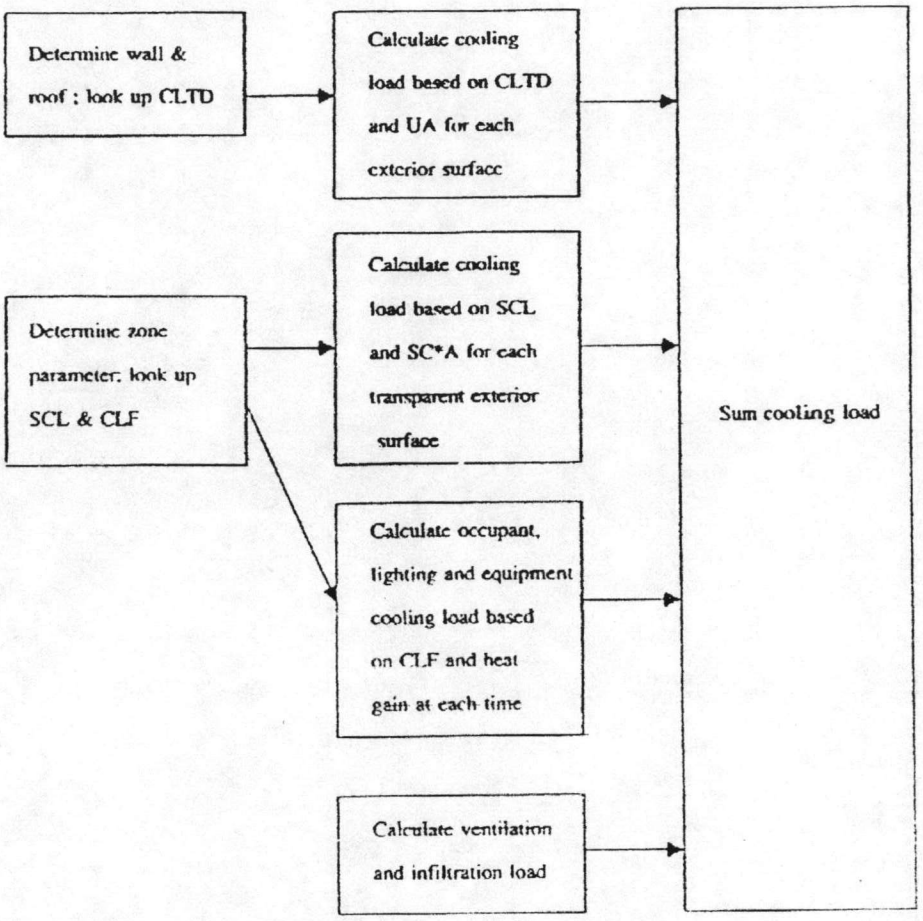
1 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Transfer function method (TFM)

2 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Cooling load temperature difference / solar cooling load / cooling load factor (CLTD / SCL / CLF)

3 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Total equivalent temperature difference / time averaging (TETD / TA)

จากการศึกษาแนวทางในการคำนวณภาระในการทำความเย็นทั้ง 3 แนวทาง ทำให้สรุปได้ว่า วิธีคำนวณภาระการทำความเย็นที่มีขั้นตอนเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการวิจัยนี้คือวิธี Cooling load temperature difference / solar cooling load / cooling load factor (CLTD / SCL / CLF) โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

1. พิจารณากรอบอาคารส่วนทึบแสง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร (U) พื้นที่ผิว และค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น (cooling load temperature difference) เพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารทึบแสง
2. พิจารณากรอบอาคารส่วนโปร่งแสง เพื่อหาค่า (U) และพื้นที่ผิวของกรอบอาคารในส่วนที่พิจารณา และใช้ร่วมกับค่า CLTD ที่กำหนดให้ เพื่อนำไปคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง
3. พิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ในอาคาร เพื่อนำไปหาค่า solar cooling load (SCL) และค่า cooling load factor (CLF) สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปรงแสง และการคำนวณภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนต่างๆภายในอาคาร โดนคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่งจากมวลขององค์ประกอบภายในอาคาร



Overview of CLTD/SCL/CLF Method

รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี cooling load temperature difference / solar cooling load / cooling load factor

ที่มา: ASHRAE, Load Calculation Manual: Cooling and Heating, 1994

2.8 ปัจจัยด้านความรู้สึกร้อน-หนาวที่เหมาะสม

สภาวะสบายด้านความรู้สึกร้อน-หนาว(thermal comfort) หมายถึง **สภาวะทางจิตใจที่แสดงออกซึ่งความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ** (condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment.) (ASHRAE Terminology of heating ventilating air conditioning and refrigeration)

โดยจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ความสบายทางความรู้สึกร้อนหนาว (Fanger, 1967) พบว่าตัวแปรต่างที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกร้อนหนาว ประกอบด้วย

องค์ประกอบด้านสภาพแวดล้อม

1 อุณหภูมิอากาศ (air temperature)

2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

3 อุณหภูมิผิวเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature)

4 ความเร็วลม (air velocity)

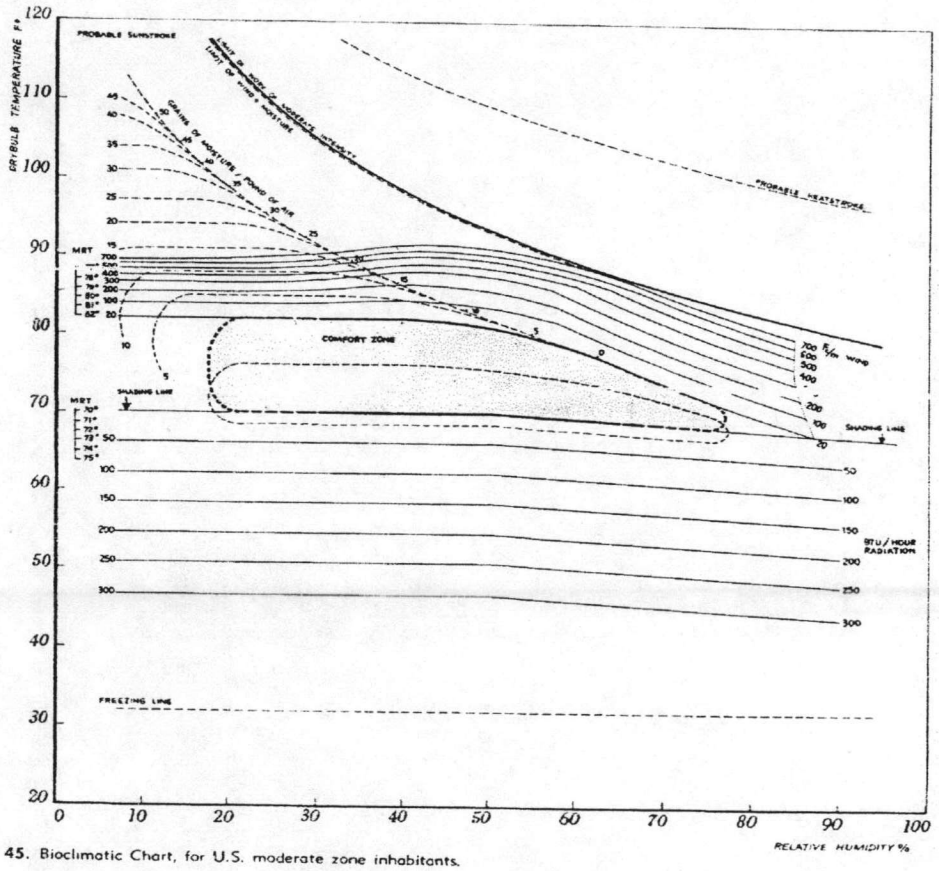
องค์ประกอบด้านบุคคล

5 เสื้อผ้าสวมใส (clo-value)

6 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (metabolism rate)

เทคนิคการวิเคราะห์เขตสบาย ด้วย Bioclimatic (Olgyay, Victor ; 1963)

เป็นการประเมินความสบายด้านความรู้สึกร้อน-หนาว โดยมีแนวคิดว่าขอบเขตความสบายไม่มีจุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวและประกอบด้วยอิทธิพลหลายตัวแปร ดังนั้นจึงได้สร้าง "Bioclimatic Chart" ซึ่งช่วงความสบาย ถูกนิยามในรูปอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (โดยกำหนดขอบเขตประมาณ 21–27 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ (โดยกำหนดขอบเขตประมาณ 30–70%) และแสดงอิทธิพลของสภาแวดล้อมโดย Additional Lines



45. Bioclimatic Chart, for U.S. moderate zone inhabitants.

รูปที่ 2.11 แสดง แผนภูมิไบโอไคลแมติก

ที่มา : Olgyay, Victor Design with climate bioclimatic approach to architectural regionalism page 22.

จากนั้นได้มีการศึกษาเกี่ยวกับขอบเขตต่างๆของเขตสบาย และเทคนิคการขยายขอบเขตสบาย จะพบว่าในสภาพการใช้งานจริงของผู้ใช้อาคาร จะมีการจดเป็นโซนระดับของเขตสบายโดยขอบเขตสบายต่างๆ สามารถขนายได้หลายระดับเนื่องมาจากกิจกรรมที่ผู้ใช้อาคารนั้นๆ มีความแตกต่างกันในความต้องการความคงที่ของสภาพแวดล้อม (ปุระชัย เปี่ยมสมบูรณ์, สุนทร บุญญาธิการ, แสงสันติ์ พานิช, 2544) ดังนี้

1 **พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อม** (control zone)

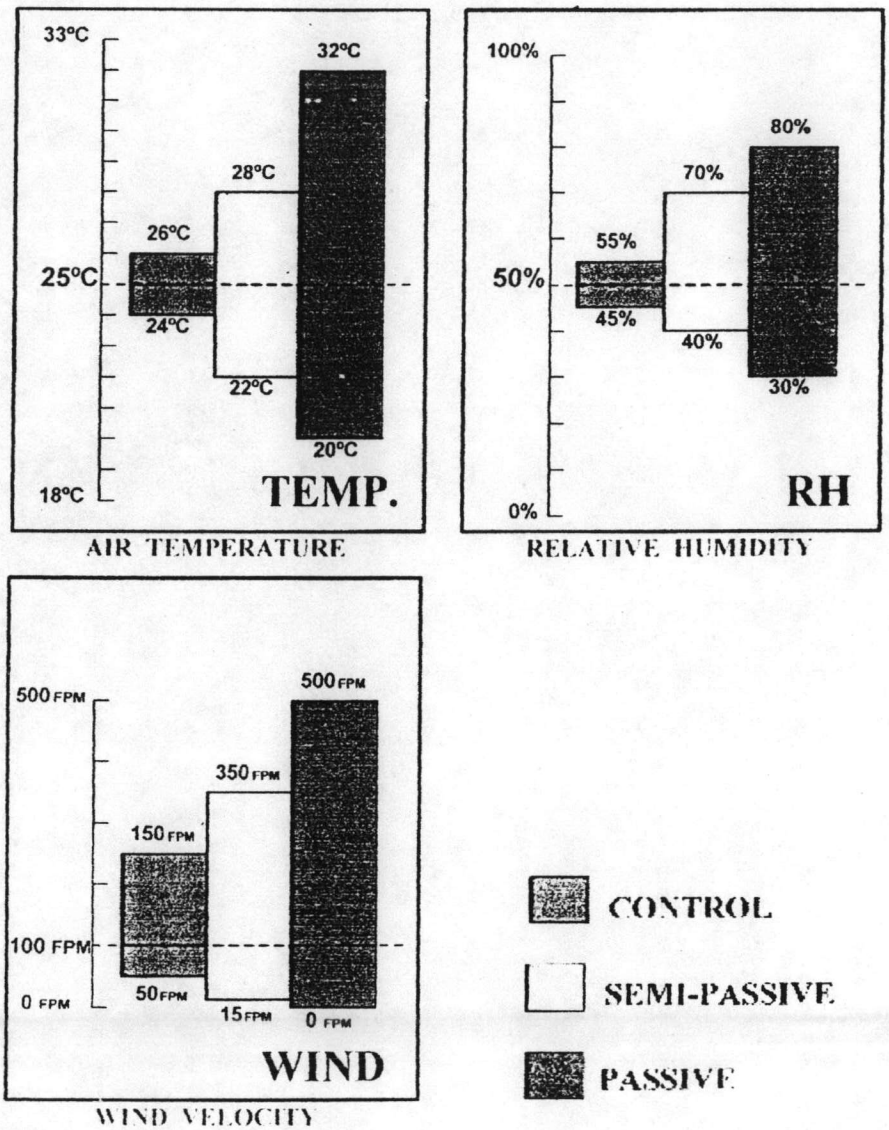
อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24 – 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 – 55 % ที่ระดับความเร็วลม 50 - 150 fpm ที่ระดับนี้สภาพอากาศจะไม่มีความแปรปรวน เมื่อเทียบกับสภาพภูมิอากาศภายนอก สามารถสร้างความสบายให้กับกิจกรรมทุกประเภทโดยเฉพาะอย่งยิ่งกิจกรรมที่ต้องมีการใช้ความคิด และต้องรักษาความตื่นตัวของร่างกายอยู่เสมอ เช่น การเรียนรู้ ซึ่งเป็นส่วนพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด

2 **พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม** (semi-passive zone)

อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22 – 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 – 70 % ที่ระดับความเร็วลม 15 - 350 fpm ที่ระดับนี้สภาพอากาศจะมีความแปรปรวนค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับสภาพภูมิอากาศภายนอก สามารถสร้างความสบายให้กับกิจกรรมบางประเภท

3 **พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ** (passive zone)

อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20 – 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30 – 80 % ที่ระดับความเร็วลม 0 - 500 fpm ที่ระดับนี้สภาพอากาศจะมีความแปรปรวนค่อนข้างมากตามสภาพภูมิอากาศ แต่ก็เหมาะสำหรับกิจกรรมที่ทำบางประเภทเช่น การพักผ่อน ทั่วไป ที่ไม่ต้องใช้สมาธิมาก



รูปที่ 2.12 แสดงระดับของตัวแปรต่างๆในพื้นที่แต่ละระดับความสบาย

ที่มา : ปุระชัย เปี่ยมสมบูรณ์ สุนทร บุญญาธิการ และ แสงสันต์ พานิช มหาวิทยาลัยชินวัตร : ปรัชญาและแนวคิดสู่มิติใหม่ทางการศึกษา หน้า 35.

เทคนิคการปรุงแต่งความรู้สึกด้านความร้อน-หนาว

เนื่องจากอุณหภูมิความร้อน-หนาวที่คนรู้สึกได้นั้นไม่ใช่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง หากแต่เป็นอุณหภูมิที่เสมือนรู้สึก (sensation temperature) จึงมีรูปแบบการปรับสภาพความสบายภายในอาคารเพื่อเพิ่มขอบเขตของสภาพสบายภายในอาคาร ได้ดังนี้

การปรับด้วยอิทธิพลความเร็วลม จากสมการ(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ความรู้สึกเย็นลง (องศาเซลเซียส) = 0.381V + 0.016RH

เมื่อ

V คือ ความเร็วลมกิโลเมตรต่อชั่วโมง

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความรู้สึกด้านความร้อนหนาว

ที่มา : Stein, Benjamin and Reynolds, john s. mechanical and electrical equipment for buildings page 41.

Air velocity			Possible lower temperature comfort sensation (between 80 – 90 *F)			Probable impact
Up to	50	fpm	-	-	°F	Unnoticed
	0.25	m/s	-	-	°C	
	0.9	km/hr	-	-	°C	
50	100	fpm	2	3	°F	Pleasant
0.25	0.51	m/s	1.1	1.7	°C	
0.9	1.84	km/hr			°C	
100	200	fpm	4	5	°F	Pleasant
0.51	1.02	m/s	2.2	2.8	°C	
1.84	3.67	km/hr			°C	
200	300	fpm	5	7	°F	Generally pleasant
1.02	1.52	m/s	2.8	3.9	°C	
3.67	5.47	km/hr			°C	
Above	300	fpm	more	5-7	°F	Requires corrective
	1.52	m/s		2.8-3.9	°C	measures if work is to be
	5.47	km/hr			°C	efficient and health secured.

การปรับด้วยอิทธิพลการแผ่รังสีเฉลี่ยโดยรอบ โดยมนุษย์จะรู้สึกเสมือนอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง 1.4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิอากาศ โดยที่มีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยโดยรอบสูงขึ้นหรือต่ำลง 1 องศาเซลเซียส(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2.9 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานด้านแสงสว่างที่เหมาะสม

ในการออกแบบอาคารเพื่อสร้างระดับแสงสว่างให้เพียงพอ และเหมาะสมต่อการใช้งานในกิจกรรมประเภทต่างๆ สำหรับแนวคิดของการออกแบบเพื่อประสิทธิภาพด้านพลังงานจะเป็นการนำเทคนิคการออกแบบผสมผสานระหว่างแสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์ เพื่อให้ได้ระดับแสงสว่างให้เพียงพอและเหมาะสมกับการมองเห็นในกิจกรรมต่างๆ สามารถสรุปเป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

1. ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านแสงสว่าง

หมายถึง ปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อระดับแสงสว่างและการมองเห็นภายในอาคารประกอบด้วย ระดับความส่องสว่างภายนอก และองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบอาคาร

2. ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านแสงสว่าง

หมายถึง ปัจจัยภายในอาคารซึ่งประกอบด้วย ในส่วนของแสงธรรมชาติได้แก่ การเลือกใช้ช่องแสงที่มีขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสม ลักษณะสภาพภายในห้องที่มีผลต่อคาการสะท้อนแสง รวมถึงการออกแบบแสงธรรมชาติที่มีการใช้ประสิทธิภาพสูงสุดของดวงโคม โดยที่สามารถควบคุมทิศทางของแสงให้สอดคล้องและเหมาะสมต่อการใช้งาน

3. ปัจจัยด้านแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสม

หมายถึง ระดับความส่องสว่าง และระดับความแปรปรวนของระดับความส่องส่างที่ยอมรับได้กับการมองเห็นในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจากความต้องการระดับความส่องสว่างนี้เอง หากแสงธรรมชาติภายนอกไม่เพียงพอจึงเป็นเหตุให้ต้องใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อสร้างระดับความส่องสว่างให้เหมาะสม

2.10 ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีผลต่อพลังงานด้านแสงสว่างที่เหมาะสม

ปัจจัยภายนอกที่สำคัญคือแสงธรรมชาติซึ่งเป็นรูปแบบของพลังงานที่เกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์ ความแปรปรวนของท้องฟ้า การสะท้อนแสงจากสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปเป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ โดยสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ (Commission International de l'Eclairage)

1. แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์

แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ คือดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

2. แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า

เนื่องจากการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศในชั้นต่างๆ จะเกิดการกระจากตัวของแสงไปทั่วท้องฟ้า โดยแบ่งลักษณะของท้องฟ้าออกเป็น

- ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ (Overcast sky)

3. แสงธรรมชาติจากพื้นดิน

ปริมาณของแสงสะท้อนจากพื้นดินเข้าสู่ช่องเปิดอาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสงภายนอก

ปัญหาหลักของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารจากการศึกษาการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ,2541) พบว่า ถึงแม้ประเทศไทยจะมีสภาพแสงแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งทำให้น่าจะมีความเหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร แต่เนื่องจากสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่มีความแปรปรวนเกือบตลอดทั้งวัน ทำให้เป็นปัญหาสำคัญในการควบคุมคุณภาพแสงและปริมาณแสงธรรมชาติในอาคาร

2.11 ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านแสงสว่าง

หน้าที่ของเปลือกอาคารที่มีผลต่อแสงสว่าง คือ ศักยภาพในการควบคุม และการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ แนวทางการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร (สุนทรบุญญาธิการ,2541) ประกอบด้วย

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติ

1. ความแปรปรวนของท้องฟ้า โดยสามารถแก้ไขได้โดย

- การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (diffuse light)

เป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ โดยการหลีกเลี่ยงแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่มีความแปรปรวนและควบคุมได้ยาก การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้าหรือที่เรียกว่าแสงเหนือจึงมีความสม่ำเสมอมากกว่าการใช้แสงโดยตรง

- การกำหนดกิจกรรมในพื้นที่ส่วนที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม

โดยพิจารากิจกรรมหรือประโยชน์ใช้สอยในพื้นที่นั้นๆว่า สามารถยอมรับความแปรปรวนของสภาพแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใด

- การใช้เทคโนโลยี เช่น การใช้ม่านกระจายแสง

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อช่วยการกระจายแสงให้มีความสม่ำเสมอ

2. ความต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ทุกทิศทาง

3. การควบคุมความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดความระคายเคืองตา

โดยการความสามารถของตาที่ยอมรับความจ้าของแสงที่ขึ้นอยู่กับทิศทางและมุมมองที่แสงสว่างนั้นเข้าสู่สายตา โดยมีแนวทางในการแก้ปัญหาดังนี้

- คำนึงถึงมุมมองของผู้ใช้อาคาร
- การเลือกประเภทของช่องแสง
- การออกแบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายนอก

4. การนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่า

เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด โดยคำนึงถึงศักยภาพสูงสุดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ในทางทฤษฎีพบว่าปริมารความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงระนาบนั้นๆ ที่กระทำกับเส้นตั้งฉากกับระนาบ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการแสดง ความสัมพันธ์ดังนี้ (Stein, Benjamin and Reynolds, John S.,2000)

$$FC = I * \cos\theta$$

เมื่อ

FC คือค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบใช้งาน (illumination) โดยมีหน่วยเป็น ฟุต-แคนเดิล)foot-candle)

I คือปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน (intensity) โดยมีหน่วยเป็น แคนเดลลา (candella)

$\cos\theta$ คือมุมตกกระทบของแสง (incident angle)

ดังนั้นในกการเลือกประเภทของช่องเปิดจึงควรคำนึงถึงมุมตกกระทบเป็นสำคัญ นั้นคือช่องแสงทางด้านบนจะมีประสอทธิภาพสูงกว่าช้องแสงทางด้านล่าง

การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบ

1. การเลือกชนิดของกิจกรรมให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย

ควรมีการคำนึงถึงกิจกรรมการใช้งานให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ซึ่งแต่ละยที่ในการใช้งานที่ขอบเขตที่ยอมรับได้ในความแปรปรวนของสภาพแสงธรรมชาติภายในอาคาร

2. การเลือกใช้ชนิดช่องแสงตามความเหมาะสม

ความต้องการแสงสว่างภายในอาคารคือความต้องการแสงสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานในระดับที่ไม่มากหรือน้อยเกินไป ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารจงเป็นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้สม่ำเสมอมากที่สุด โดยช่องเปิดแต่ละชนิดมีข้องจำกัดที่ต่างกันไปดับนี้

- ช่องเปิดด้านข้าง อาคารทั่วไปที่ใช้ช่องแสงด้านข้างเพียงอย่างเดียวพบว่าจะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้ ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการอยู่ประมาณ 2-3 เมตรจากหน้าต่าง
- ช่องแสงด้านบน จะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารได้มากกว่าช่องแสงด้านข้าง นอกจากนี้ช่องแสงด้านบนยังอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถรับความจ้าได้มากกว่าหน้าต่างด้านข้าง
- หิ้งสะท้อนแสง สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มาก แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้หิ้งสะท้อนแสงมีพื้นผิวที่ต้องการได้

การเลือกวัสดุของช่องเปิด

การเลือกใช้วัสดุที่ใช้เป็นส่วนโปร่งแสงเพื่อการประหยัดพลังงาน ควรมีลักษณะดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล 2542: 52-53.)

- มีความสมารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-value สูงหรือ U-value ต่ำ)
- กันการรั่วซึมของอากาศได้ดี
- กันน้ำและกันความชื้นได้ดี
- มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ
- มีค่าการส่งผ่านแสง (light transmission) สูง
- มีค่าอัตราส่วนระหว่างค่าการส่งผ่านแสงต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสูงซึ่งหมายความว่า ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก แต่ความร้อนเข้าได้น้อย

เทคนิคการออกแบบแสงประดิษฐ์

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงประดิษฐ์ประกอบด้วย

1. หลอดไฟ ได้แก่ ประเภท และประสิทธิภาพของหลอดไฟ รวมถึงอุปกรณ์ประกอบ
2. ดวงโคม ได้แก่ ค่าการสะท้อนแสงของโคม และการควบคุมทิศทางการสะท้อนแสง
3. ลักษณะภายในห้อง ได้แก่ ค่าการสะท้อน แสงของพื้นผิว ภายในห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน (Coefficient of utilization; CU)

วิธีการคำนวณ

เป็นวิธีในการคำนวณหาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของห้อง โดยการพิจารณาปริมาณแสงที่ออกจากดวงโคมไปยังพื้นที่ห้อง ตามสมการนี้ (Stein, 1999)

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

เมื่อ

E คือ lux ต่อพื้นที่ใช้งาน

L คือ lamp lumens

CU คือ Coefficient of utilization

LLF คือ Life-Loss Factor

2.12 ปัจจัยด้านแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสม

ระดับความต้องการปริมาณแสงสว่างมาตรฐานตามกิจกรรมต่าง ๆ

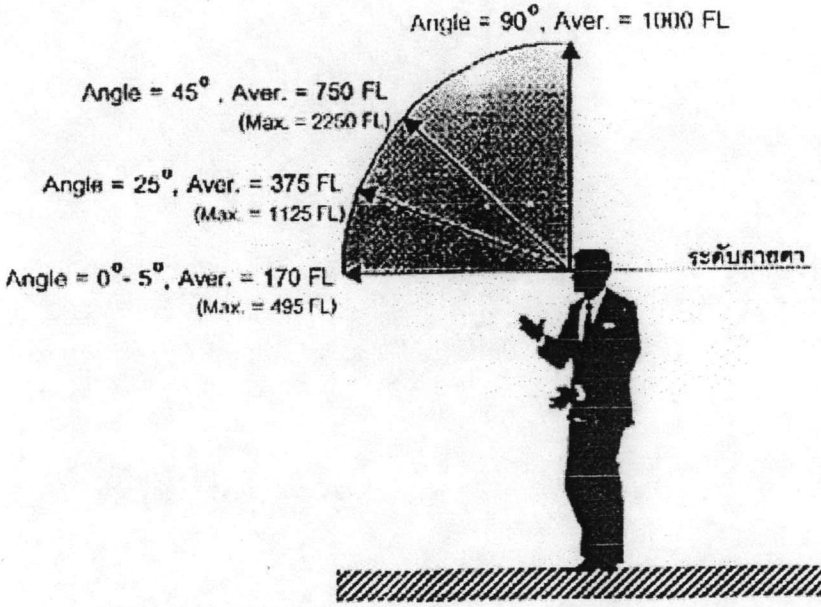
ตารางที่ 2.4 แสดง IES Illuminance Category for Generic Type of Activities in Interior

ที่มา : Robbins Claude L. Daylighting Design and Analysis.

Type of Activity	Illuminance	
	lux	Foot candles
General lighting thoughout spaces		
• Public space with dark surroundings	20 – 30 - 50	2 – 3 - 5
• Simple orientation for short temporary visits	50 – 75 - 100	5 – 7.5 – 10
• Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	100 – 150 - 200	10 – 15 - 20
Illuminance on task		
• Performance of visual tasks of high contrast or large size.	200 – 300 - 500	20 – 30 –50
• Performance of visual tasks of medium contrast or small size.	500 – 750 – 1000	50 – 75 - 100
• Performance of visual tasks of low contrast or very small size.	1000 – 1500 - 2000	100 –150 -200
Illuminance on task, obtain by a combination of general and local (supplementary) lighting		
• Performance of visual tasks of low contrast or very small size over a prolonged period.	2000 - 3000 - 5000	200 – 300 – 500
• Performance of very prolonged and exacting visual tasks	5000 – 7500 - 10000	500 – 750 – 1000
• Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	10000-15000-20000	1000 – 1500 - 2000

ระดับความสว่างที่มนุษย์ยอมรับได้

เมื่อพิจารณาจากความสามารถของสายตามนุษย์ ในการยอมรับความจ้าพบว่า (Flynn,1988) ถ้ามุมมองเป็นมุมเงยที่มีองศาของการมองยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้สายตาสามารถยอมรับความจ้าได้มาก



ภาพที่ 2.13 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (angle of degrees) ที่แตกต่างกัน ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของแสงสว่าง (average luminance) ที่สายตายอมรับได้ หน่วยเป็น ฟุต-แลมเบิร์ต (footlamberts) เลขที่แสดงเป็นการประมาณการ ในการประยุกต์เพื่อใช้งานต้องพิจารณาปัจจัยแวดล้อมอื่นๆอีกหลายประการ.

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ วรสารอาษา กรกฎาคม 2541. <u>การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร</u>

การจัดพื้นที่ใช้งาน

ระดับความต้องการปริมาณแสงสว่าง มีความแตกต่างขึ้นกับกิจกรรมที่ใช้งาน โดยสมารถแบ่งตาม กิจกรรมการใช้สอยดังนี้ (ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์, สุนทร บุญญาธิการ, แสงสันติ์ พานิช, 2544)

1 **พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อม** (control zone)

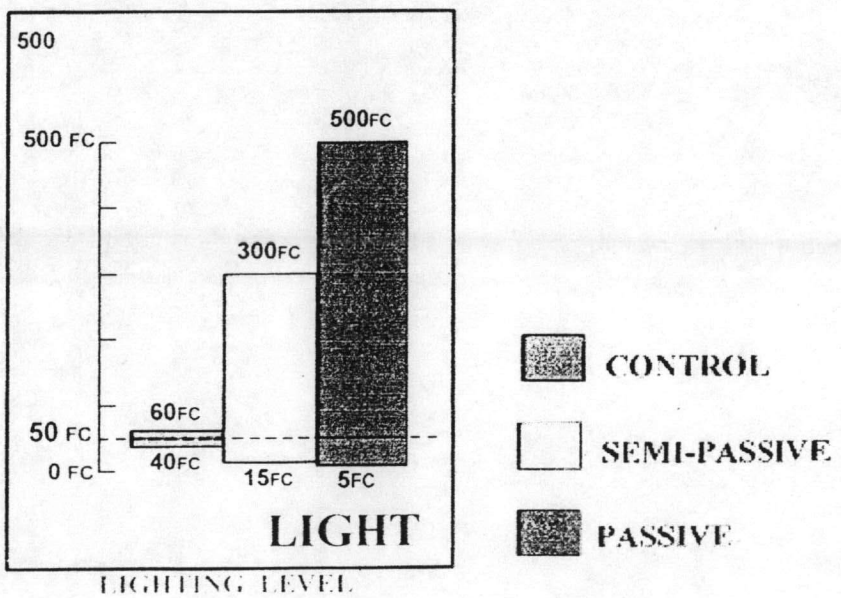
คือบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด จึงสามารถใช้แสงธรรมชาติได้น้อยมากจนถึงอาจจำเป็นต้องใช้แสงประดิษฐ์ในพื้นที่นี้ เช่น ห้องประชุม โดยมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 40 – 60 fc

2 **พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม** (semi-passive zone)

คือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ในระดับปานกลาง ในการออกแบบเน้นการนำแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามาใช้เป็นหลัก เช่น พื้นที่สำนักงาน โดยมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 15 – 300 fc

3 **พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ** (passive zone)

คือบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างมาก สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้มากที่สุด โดยมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 5 – 500 fc



รูปที่ 2.14 แสดงปริมาณความต้องการแสงสว่างกับกิจกรรมการใช้งาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์ สุนทร บุญญาธิการ และ แสงสันติ์ พานิช มหาวิทยาลัยชินวัตร : ปรัชญาและแนวคิดสู่มิติใหม่ทางการศึกษา หน้า 35.