# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (Energy Factors)

จากการศึกษาถึงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2536) พบว่าการใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ มากมาย แต่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ ได้ 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีอิทธิพลซึ่งกันและกันในลักษณะที่ค่อนข้างซับซ้อน และยากที่จะชี้เฉพาะได้ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลมากหรือน้อยกว่ากัน กลุ่มตัวแปรดังกล่าวได้แก่

ที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ (Site and Climate) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ตัวแปรที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศของถิ่นผนวกกับสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร (Microclimate) ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร จำเป็นต้องหาแนวทางในการปรับปรุงสภาพภูมิอากาศ ณ ที่ตั้งอาคารให้มีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการนำเอาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมดังกล่าว มาเป็นปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอาคารและระบบอาคาร (Building and Systems) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับอาคารและระบบของอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ระบบเปลือกอาคาร ระบบโครงสร้าง ระบบเครื่องกล ฯลฯ ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น ผู้ออกแบบต้องแสวงหารูปแบบของอาคารและงานระบบต่าง ๆ ที่สอดคล้องกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ใช้พลังงานน้อยในทุก ๆ สภาพการณ์

ผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (Users and Operation) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคารและการควบคุมอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะของกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนตารางการใช้งานและการควบคุมระบบต่าง ๆ ในอาคาร

ในการออกแบบอาคารในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างประเทศไทย เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาให้ละเอียดว่ามีอะไรบ้างที่เป็นเครื่องเอื้ออำนวยหรือเป็นประโยชน์ในเชิงประหยัดพลังงาน (Assets) และอะไรบ้างที่เป็นปัญหาต่อการประหยัดพลังงาน

(Liabilities) ถ้ามองในด้านดีจะเห็นว่าสภาพภูมิอากาศแบบบ้านเรามีข้อดีคือ อุณหภูมิโดยทั่วไปไม่รุนแรงเท่ากับอุณหภูมิในแถบอื่น ๆ ของโลก และมีลมประจำที่เป็น Asset ตัวที่สำคัญที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ แต่ถ้าเรามองในแง่ของปัญหาหรือ Liabilities ของภูมิอากาศแบบนี้ก็จะเห็นว่า ปัญหาสำคัญที่สุดก็คือ ความร้อนจากแสงแดดและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินขอบเขตของเขตสบาย (Comfort Zone) ซึ่งในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานจำเป็นต้องคำนึงถึงการแก้ปัญหาจากสิ่งเหล่านี้ด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2534)

ขนาดของอาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เราอาจจำแนกขนาดของอาคารออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. อาคารขนาดเล็ก หรืออีกนัยหนึ่งคืออาคารที่เปลือกอาคารมีอิทธิพลมากในการใช้พลังงานในอาคาร (Skin Dominated Load หรือ SDL) เช่น บ้านพักอาศัย
2. อาคารขนาดใหญ่ หรือเป็นอาคารที่อิทธิพลของเปลือกที่หุ้มห่ออาคารมีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภายในอาคาร (Internal Dominated Load หรือ IDL)

ในการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานในอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านพักอาศัยนั้น มุ่งเน้นที่การประยุกต์ใช้สิ่งเอื้ออำนวยต่าง ๆ ทางธรรมชาติ มาช่วยปรุงแต่งสภาวะภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับความต้องการให้ได้มากที่สุดก่อน ส่วนที่เหลือเมื่อไม่สามารถทำให้อยู่ในเขตสบายได้หรือสภาพภูมิอากาศไม่เอื้ออำนวยจึงค่อยนำระบบเครื่องกล (Mechanical Systems) มาใช้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก แนวความคิดและกรรมวิธีในการออกแบบอาคารแบบ SDL นี้ พอสรุปได้ดังนี้

1. การสร้างสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน หมายถึง การทำให้บริเวณอาคารร่มเย็น มีลมพัดผ่านสะดวกและเอื้ออำนวยต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยมีปัจจัยที่จะช่วยปรุงแต่งบริเวณอาคาร (Site Elements) ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติด้านความร้อน (Thermal Environment) ได้แก่ ความชันของพื้นดิน (Land Sloping) วัสดุคลุมดิน (Ground Covering) ต้นไม้ (Vegetation) สภาพภูมิประเทศ (Topography) แหล่งน้ำ (Water Bodies) และ ความจุความร้อน (Thermal Capacity)
2. การทำให้อุณหภูมิภายในของเปลือกอาคารมีค่าต่ำ (Low Interior Surface Temperature) เพื่อช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร และช่วยเพิ่มความรู้สึกเย็น (Cooling Sensation) ให้กับผู้ใช้อาคาร เนื่องจากร่างกายเกิดการสูญเสียความร้อนให้กับผนังโดยรอบ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น
   - ใช้ฉนวนกันความร้อนในส่วนของผนังและฝ้าเพดาน
   - มีการระบายอากาศร้อนให้กับหลังคาและผนังอย่างถูกต้อง

- เลือกใช้วัสดุที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) และความจุความร้อน (Heat Capacity) ที่ถูกต้องเหมาะสม

3. การจัดระบบ Orientation ของหน้าต่างและช่องเปิดที่ถูกต้อง เช่น ไม่มีแสงแดดเข้าโดยตรง ได้รับแสงธรรมชาติ เป็นช่องรับลมและระบายอากาศ และเปิดให้เห็นทิวทัศน์ภายนอก
4. จัดระบบ Ventilation ที่ถูกต้อง และควบคุมให้มีการรั่วซึมของอากาศน้อย (Low Infiltration) โดยเฉพาะในอาคารปรับอากาศ

## 2.2 วัสดุที่ใช้ในอาคาร

ในสมัยโบราณประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าไม้และพืชพันธ์ธรรมชาติต่าง ๆ อีกทั้งมีจำนวนประชากรและความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ บ้านเรือนหรือที่อยู่อาศัยก็ไม่ค่อยแออัดอย่างเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมในอดีตเอื้ออำนวยให้อาคารทรงไทยที่มีหลังคาสูง ใต้ถุนสูง และมีระบบการกันแดด โดยการยื่นชายคาออกไปเพื่อกันแดดให้กับผนังอาคารทั้งในส่วนที่เป็นผนังทึบและหน้าต่าง ประกอบกับมีต้นไม้ช่วยบดบังแสงแดดให้กับอาคาร ทำให้ผนังเกือบทุกด้านของอาคารไม่ต้องประสบกับปัญหาการถูกแดดเผาเกือบตลอดทั้งวัน ความร้อนที่ผนังได้รับก็มีเฉพาะในส่วนของ "รังสีสะท้อน" (Diffuse Radiation) จากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีปริมาณความร้อนประมาณ 10-15% ของแสงแดดปกติเท่านั้น

### 2.2.1 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อการใช้วัสดุ

เมื่อความหนาแน่นของประชากรและที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเช่นในปัจจุบัน (โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ที่ดินและค่าก่อสร้างมีราคาแพงขึ้น ทำให้เนื้อที่ที่ใช้ปลูกสร้างอาคารมีน้อยลง การที่จะสร้างอาคารให้มีส่วนยื่นออกมากันแดด หรือสร้างสภาพแวดล้อมให้ร่มรื่นด้วยต้นไม้แบบอาคารโบราณในอดีตเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมาก อีกประการหนึ่งเป็นเพราะสภาพเศรษฐกิจทำให้การลงทุนทำหลังคา ซึ่งมีส่วนยื่นออกมาจากแนวอาคารมาก ๆ แบบสมัยก่อนกลายเป็นการลงทุนที่สูงมาก เพราะบางครั้งเนื้อที่เฉพาะส่วนหลังคาที่ยื่นออกมาจากแนวอาคาร อาจมากเกือบเท่ากับส่วนพื้นที่ใช้สอยของอาคารนั้นเลยทีเดียว เนื่องจากความจำเป็นดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้บ้านพักอาศัยและอาคารในยุคหลัง มีชายคาหรือส่วนยื่นกันแดดค่อนข้างสั้น (หรือไม่มีเลย) ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ผิวอาคารได้รับแสงแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน เป็นผลให้ภายในอาคารร้อนมากกว่าปกติ เพราะผนังอาคารเป็นตัวดูดซับความร้อนเอาไว้แล้วส่งผ่านเข้าไปภายในอาคาร จนทำ

ให้ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อปรับสภาพภายในอาคารให้สามารถเข้าไปใช้งานได้ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ดังนั้นน่าจะถึงเวลาแล้วที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุก่อสร้างจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมให้มากขึ้น โดยการหันมาเลือกใช้วัสดุอื่นที่มีการกันความร้อนดีกว่าระบบก่ออิฐฉาบปูนแบบเก่า หรือมิฉะนั้นก็ต้องปรับปรุงผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบเดิมให้มีค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อนที่ดีกว่าเดิม

### 2.2.2 การพิจารณาเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร

การก่อสร้างอาคารเท่าที่เป็นมาในอดีตนั้น มีวัสดุที่จะให้ผู้ออกแบบได้เลือกใช้อย่างค่อนข้างจำกัด ทำให้อาคารจำนวนมากในบ้านเราก่อสร้างด้วยวัสดุที่เหมือน ๆ กัน เช่น คอนกรีตเสริมเหล็กผนังก่ออิฐฉาบปูน แต่ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีและวิทยาการเจริญก้าวหน้าไปจากเดิมอย่างมาก มีการพัฒนาค้นคว้าวัสดุแปลกใหม่เพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองการใช้งานในการออกแบบและการก่อสร้าง ข้อจำกัดเดิมของผู้ออกแบบในด้านการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างลดน้อยลง มีวัสดุก่อสร้างทั้งเก่าและใหม่ให้เลือกใช้ได้อย่างอิสระ เพื่อสนองต่อความคิดสร้างสรรค์รูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่หลากหลาย จนบ่อยครั้งที่ผู้ออกแบบมุ่งเน้นแต่การเลือกใช้วัสดุ โดยคำนึงถึงความสวยงามแปลกตาของอาคารจนอาจลืมพิจารณาถึงความเหมาะสมของวัสดุนั้นในด้านอื่น ๆ เช่น ความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ การประหยัดพลังงาน การบำรุงรักษา ฯลฯ จนทำให้เกิดปัญหาตามมาในการใช้งานหรือต่อสภาพแวดล้อมในภายหลัง

เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานเริ่มมีบทบาทต่อระบบเศรษฐกิจมากขึ้น ถ้าการก่อสร้างอาคารและการเลือกใช้วัสดุที่ไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ย่อมจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่รุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารสูงที่ยากต่อการทำ "ระบบกันแดด" (Shading Device System) ยิ่งทำให้การเลือกวัสดุที่ใช้เป็นส่วนของเปลือกอาคาร (Building Envelope) มีความสำคัญมาก จนบางครั้งความผิดพลาดในการตัดสินใจของผู้ออกแบบอาจหมายถึงความหายนะของเจ้าของกิจการอย่างที่เคยเป็นมาแล้วในบางประเทศ

### 2.2.3 ข้อควรคำนึงในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ที่มีอิทธิพลจากแสงแดด, ความชื้น และความร้อนจากภายนอกอาคารแตกต่างไปจากต่างประเทศ (โดยเฉพาะยุโรปและอเมริกา) วัสดุหลายชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ อาจสร้างปัญหาที่คาดไม่ถึงเมื่อนำมาใช้ในบ้านเราได้ จากการที่เรามีภูมิ

อากาศแบบร้อนชื้น โดยมีฝนตกชุกและอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ทำให้เกิดปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งในการออกแบบอาคารคือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (Cooling Load) จากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวัน โดยอาศัยการหน่วงเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนในบ้านเรามีไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีในปัจจุบันจะเอื้ออำนวย จึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารได้น้อยที่สุดเป็นหลัก

ปัจจุบันมีการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ ใช้ในการก่อสร้างอาคารหลายประเภทตามความต้องการและประโยชน์ใช้สอยในด้านต่างๆ ซึ่งอาจจำแนกวัสดุที่ใช้เป็นผนังภายนอกอาคารออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ วัสดุทึบแสง (Opaque Material) และ วัสดุโปร่งแสง (Transparent Material) ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน ต้องคำนึงถึงวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นผนังภายนอก เพราะจะเป็นสิ่งที่สกัดกั้นความร้อน และความชื้นจากภายนอกไม่ให้เข้ามาภายในอาคาร และยังเป็นส่วนที่ช่วยสร้างสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลาการใช้งาน คุณสมบัติและข้อควรคำนึงถึงในการเลือกใช้วัสดุทึบแสง และวัสดุโปร่งแสงในอาคารมีดังนี้

### 2.2.4 วัสดุทึบแสง

วัสดุที่ใช้เป็นเปลือกอาคารในส่วนของผนังทึบ จัดว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าในอาคารเป็นอย่างมาก ข้อควรคำนึงในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุทึบแสงสำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย จึงมีลักษณะแตกต่างไปจากต่างประเทศดังนี้

คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานและการกันความชื้น

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-Value สูง)
- ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อน (Thermal Capacity) ต่ำ
- มีความทนทานต่อการขยายตัวและหดตัวได้ดี เพื่อลดปัญหาการแตกร้าว
- ไม่ดูดหรืออมความชื้น
- กันน้ำได้ดี
- กันการรั่วซึมของอากาศได้ดี

คุณสมบัติในการก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ

- มีน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
- มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน
- หาง่าย
- ราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง

คุณสมบัติทางด้านที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- มีความสวยงามและทนทาน
- มีอัตราการกันไฟสูงหรือไม่ติดไฟ

คุณสมบัติด้านการกันเสียง

- สามารถป้องกันเสียงจากภายนอกหรือแหล่งกำเนิดเสียงได้ดี
- มีค่าการดูดซับเสียงหรือสะท้อนเสียงภายในได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ

### 2.2.5 เทคนิคการใช้วัสดุฉนวนในอาคาร

ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางหนึ่ง คือ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร หรือมีค่า R-Value สูง ฉนวน คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน โดยมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) น้อย ทำให้อิทธิพลภายนอกที่เข้ามาภายในเกิดขึ้นค่อนข้างรุนแรง ซึ่งมีทางแก้โดยการเพิ่มความหนาของฉนวนให้มากขึ้นแต่จะทำให้มีราคาแพง ดังนั้นการออกแบบโดยการผสมผสานการใช้ฉนวนและมวลสาร จะเป็นผลดีในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารไม่เปลี่ยนแปลงรุนแรงเหมือนภายนอก และถ้าสามารถหน่วงเหนี่ยวเวลาได้อย่างเหมาะสม คือ ทำให้ปริมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคารในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงมากที่สุด ก็จะยิ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากยิ่งขึ้น (สุนทร บุญญาธิการ, 2540)

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุฉนวน มีดังนี้

- ความสามารถในการกันความร้อน (Thermal Conductivity)

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical Forms) เช่น เป็นม้วน, แผ่น, ฝอย ฯลฯ
- ความหนาแน่นและน้ำหนัก (Bulk Density)
- ช่วงอุณหภูมิของการใช้งาน (Suitability for Service Temperature)
- การยืดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal Expansions)
- การกันน้ำและความชื้น (Resistance to Water Penetration)
- การทนต่อแรงอัด (Resistance to Compaction)
- ความแข็งแรงทนทาน (Mechanical Strength)
- อันตรายจากเพลิงไหม้ (Fire & Explosion Hazards)
- การทนต่อแมลงและเชื้อรา (Resistance to Vermin & Fungus)
- ความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Health Hazards)
- ความจุความร้อน (Optimum Heat Capacity)
- การปลอดจากสารเคมีและกลิ่น (Freedom from Objectionable Odour)
- การเสื่อมสภาพ (Corrosion)
- ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)
- ความต้องการในการบำรุงรักษา (Maintenance Requirements)

วัสดุประเภทฉนวนในปัจจุบันมีหลายชนิดให้เลือกใช้ ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน ผู้ออกแบบต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงคุณสมบัติของฉนวนประเภทต่าง ๆ ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุฉนวนบางประเภทที่นิยมใช้และเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายมีดังนี้

ฟลอยด์ : ในการเลือกใช้ฉนวนประเภทต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการกันความร้อนให้กับอาคาร จากการศึกษาพบว่า การใช้ฟลอยด์เพียงชั้นเดียว ไม่เพียงพอสำหรับกันความร้อนจากหลังคา ต้องมีฟลอยด์ไม่น้อยกว่า 3-4 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีช่องว่างอากาศ (Air Gap) ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว และต้องป้องกันการรั่วซึมได้ดีด้วย แต่มีข้อแม้ว่า ผิวของแผ่นฟลอยด์จะต้องมีลักษณะ "มัน-เงา" อยู่ตลอดเวลา ไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้ฟลอยด์สูญเสียคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ไปโดยสิ้นเชิง ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกต่อไป

โฟม : ฉนวนประเภทโฟมทั้งหลาย มีความจำเป็นต้องห่อหุ้มหรือปกป้องจากการทำลายของรังสี UV จากดวงอาทิตย์ โฟมส่วนใหญ่มีข้อดี คือ สามารถคงสภาพเดิมได้แม้จะโดนความเปียกชื้น (ทนน้ำ) แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ (โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) ทำให้เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานาน ๆ โฟมก็จะเปลี่ยนรูป เช่น บิด-งอ, บุบสลาย หรือไหม้ไปในที่สุด แต่ใน

บ้านทั่ว ๆ ไปมักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่มีการนำโฟมไปใช้บุหลังกระจกโดยตรง จะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้

ไฟเบอร์กลาส : ในปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าไฟเบอร์กลาสเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ในประเทศไทยจะรู้จักกันภายใต้ชื่อของ ไมโครไฟเบอร์ ฯลฯ (ตามชื่อของผู้ผลิต) ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้ว ยังกันเสียงได้ด้วย และมีค่าการกันไฟได้สูงถึงประมาณ 300 องศาเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น การกลั่นตัวของหยดน้ำภายในฉนวนจะทำให้ไฟเบอร์กลาสสูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อน

ร็อควูล (Rock Wool) : ฉนวนประเภทร็อควูลจัดเป็น Mineral Fiber ที่ไม่มีสารประกอบของแอสเบสทอส (Asbestos) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้เทียบเท่ากับฉนวนประเภทไฟเบอร์กลาสแต่สามารถทนไฟได้ดีกว่า จึงนำมาใช้เป็นฉนวนที่สามารถกันไฟได้ด้วย (ทนความร้อนได้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส) คุณสมบัติพิเศษอีกประการหนึ่งคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียง โดยปกติในการใช้งานจะใช้ร็อควูลที่มีความหนาแน่น (Density) สูง และตกแต่งด้วยผ้าเพื่อความสวยงาม แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น

เซลลูโลส : โดยทั่วไปแล้วฉนวนประเภทนี้ มักทำขึ้นจาก เยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไฟลามทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดนไฟไหม้จะมีควันคล้ายควันธูปและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษนี้มีการสารเคมีที่ผสมอย่างถูกต้อง ก็สามารถใช้เป็นวัสดุกันไฟได้ สำหรับคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกันกับร็อควูล และไฟเบอร์กลาส

ยิบซั่ม : วัสดุประเภท "ยิบซั่ม" ไม่จัดว่าเป็นวัสดุประเภทฉนวนกันความร้อน อย่างไรก็ตาม ยิบซั่มชนิดกันไฟ (ไม่ใช่แผ่นยิบซั่มที่ใช้กันอยู่ทั่วไป) จะสามารถป้องกันไฟได้ดี เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการป้องกันไฟไหม้ให้กับโครงสร้างอาคาร สำหรับค่าความเป็นฉนวนของยิบซั่ม จะมีเพียง 1/4 ของวัสดุฉนวนอื่น ๆ ข้างต้น ดังนั้นยิบซั่มจึงไม่เป็นฉนวนแต่กันไฟได้ การใช้ยิบซั่มในอาคารส่วนใหญ่เป็นไปเพื่อความสะดวกในการตกแต่ง และเมื่อใช้ประกอบกับไฟเบอร์กลาส หรือร็อควูลแล้ว จะสามารถใช้ในการกันเสียงได้ดีหากมีการติดตั้งที่ถูกต้อง

### 2.2.6 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน

ในการเลือกใช้วัสดุในส่วนที่เป็นผนังทึบภายนอกอาคาร ให้มีคุณสมบัติในการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น นอกจากจะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการกันความร้อนได้ดี หรือมีค่า R-Value สูงแล้ว ยังต้องคำนึงถึงอิทธิพลของ "มวลสาร" (Thermal Mass) ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารอีกด้วย เพราะวัสดุที่มีมวลสารมาก จะมีผลทำให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งในการลด Peak Cooling Load ให้กับตัวอาคารได้

อิทธิพลของมวลสารต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร มีดังนี้

1. ลด Peak Cooling Load ของการใช้พลังงานในอาคาร โดยมวลสารจะทำหน้าที่ลด Peak ของความร้อน โดยการหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้เข้ามาในอาคารในช่วงที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงกว่าภายใน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอก ซึ่งเป็นการลด Impact ของผนังและอุณหภูมิภายนอกไม่ให้เกิดพร้อม ๆ กัน
2. การลดทั้ง Peak Cooling Load และปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ซึ่งจะเกิดได้เฉพาะในกรณีที่อุณหภูมิภายในห้องอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศภายนอกหรืออุณหภูมิผนังเท่านั้น สภาวะดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ขึ้นอยู่กับ ที่ตั้งของอาคาร (Location) เดือน การปรับสภาพแวดล้อม และการลดอุณหภูมิผิวผนัง

ในสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องมาก ทำให้การใช้มวลสารไม่สามารถช่วยลดปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคารได้ แต่จะช่วยลดเฉพาะ Peak ของการใช้พลังงานในอาคารได้เท่านั้น เพราะไม่ว่าจะใช้มวลสารหรือผนังที่หนามากเพียงใด ก็ไม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังให้ต่ำลงได้

จากการศึกษาถึงผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่ไม่มีการปรับอากาศภายในพบว่า (สินีรัตน์, 2537) ผนังที่มีมวลสารมากก็จะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag) มาก โดยผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีอุณหภูมิภายในสูงสุดหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงสุดเป็นเวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาและสีของผนัง และจะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกต่อไปอีกหลายชั่วโมงเนื่องจากความจุความร้อนของมวลสาร (Heat Capacity) เมื่อเปรียบเทียบกับผนังโฟมซึ่งมีมวลสารน้อย พบว่าเกือบจะไม่มีค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลาเลย โดยอุณหภูมิภายในผนังโฟมจะแปรเปลี่ยนคล้อยตามอุณหภูมิภายนอกตลอดเวลา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


### 2.2.7 ระบบควบคุมอาคารที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน

ในการออกแบบหรือเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในส่วนที่เป็นเปลือกอาคาร ต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานภายในอาคาร ซึ่งมีผลกระทบต่อการพิจารณาเลือกใช้วัสดุในส่วนนั้น ๆ ด้วย เพราะการควบคุมสภาวะภายในอาคารไม่ว่าจะโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ หรือการใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องนำมาพิจารณา ระบบการควบคุมสภาวะภายในอาคารอาจจำแนกออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ

1. ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เช่น โบสถ์ไทยโบราณ บ้านไทยแบบโบราณ
2. มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ แต่มีระยะหรือช่วงเวลาในการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น
   - อาคารมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา เช่น โรงแรม โรงพยาบาล
   - อาคารมีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะยาว (เปิดเวลากลางวันและปิดเวลากลางคืน) เช่น อาคารสำนักงาน
   - อาคารมีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศบ่อย ๆ (เปิด ๆ ปิด ๆ ) เช่น บ้านพักอาศัย ห้องประชุม

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่ใช้เฉพาะระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ (เหมือนสถาปัตยกรรมไทยในอดีต) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายนอกมาก ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรม (Behavior) ที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่าง ๆ เมื่อเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน เพราะวัสดุผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารแต่ละช่วงเวลา ถ้าเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือผนังคอนกรีต จะทำให้อุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลงไม่รุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีมวลสารน้อย เพราะมวลสารของผนังจะทำหน้าที่สะสมความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนจะกระจายออกสู่ภายในอาคารเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ทำให้ในเวลากลางวันที่ภายนอกมีอากาศร้อนจัด แต่อุณหภูมิภายในไม่สูงนัก (บางครั้งอาจต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้) ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการที่อุณหภูมิภายใน "โบสถ์ไทยโบราณ" เย็นสบายในเวลากลางวัน ดังนั้นลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร ก็คือ

- มีความหนามากกว่าปกติ
- กันความร้อนได้ดี
- มีการหน่วงเหนี่ยวเวลา
- ไม่ดูดซับความร้อนและความชื้น

ในกรณีที่อาคารมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาวะภายในอาคาร ผู้ออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาถึงรูปแบบการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ ที่แตกต่างกันในอาคารแต่ละประเภท เพราะลักษณะของระบบควบคุมอาคารที่แตกต่างกัน มีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคาร ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของอาคารที่แตกต่างกันมีดังนี้

อาคารมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา สำหรับอาคารที่มีการปรับอากาศภายในตลอดเวลา ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในมีความคงที่ (Steady) ในระดับที่ต้องการ ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอก แนวทางในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) สูง หรือค่า "U" ต่ำ เพื่อลดภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ

อาคารมีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะยาว ถ้าเป็นอาคารที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลานาน ๆ เช่น ตลอดเวลากลางวัน และปิดเวลากลางคืน ต้องมีการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ให้ผสมผสานกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะภายในอาคาร และเป็นการประหยัดพลังงาน โดยอาจพิจารณาจากตำแหน่งในการติดตั้งและคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

- การนำ "Mass" ไว้ด้านนอก เป็นการลดความรุนแรง (Impact) ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากสภาวะภายนอก
- การติดตั้ง "ฉนวน" ไว้ด้านในอาคาร เป็นการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร
- การใช้ "Reflective Insulation" เป็นการนำคุณสมบัติในการต้านทานความร้อน ในกรณีที่เกิดความร้อนไหลลง (Heat Flow Down) ในช่วงเวลากลางวันมาใช้ โดยเฉพาะในกรณีของส่วนหลังคา

อาคารมีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศบ่อย ๆ ( เปิด ๆ ปิด ๆ ) สำหรับพื้นที่ส่วนที่ต้องมีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศบ่อย ๆ เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ระบบผนังที่เหมาะสมกับการใช้งานแบบนี้คือ ต้องเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน วัสดุไม่มีการสะสมความร้อน

2.2.8 วัสดุโปร่งแสง

วัสดุโปร่งแสงหรือกระจก นับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการก่อสร้างปัจจุบัน โดยเฉพาะในอาคารสูงมีการนำกระจกมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบผนังภายนอกอาคาร เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านความทนทานและสวยงาม ผนังโปร่งแสงของอาคารหรือ Fenestration เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เพราะเป็นส่วนที่ความร้อนจากแสงแดดภายนอกจะเข้ามาในอาคารได้มากที่สุด แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่อาคารจะได้รับแสงธรรมชาติด้วย ในการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานที่ดีนั้น ช่องโปร่งแสงจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมกล่าวคือขนาดเล็กพอที่จะไม่ให้ความร้อนเข้ามาในอาคารมากนัก แต่ใหญ่พอที่จะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ หรือต้องเลือกใช้กระจกชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาตามมา ข้อควรคำนึงในการพิจารณาเลือกกระจกสำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบบ้านเรา อาจจำแนกออกตามคุณสมบัติในแต่ละด้านดังนี้

คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานและความร้อน

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-Value สูง)
- มีความสามารถในการทนความร้อนสูง
- กันการรั่วซึมของอากาศได้ดี
- กันน้ำและกันความชื้นได้ดี
- มีค่า Shading Coefficient (SC) ต่ำ
- มีค่า Light Transmission สูง
- มีค่าของอัตราส่วนระหว่าง Light Transmission ต่อ Shading Coefficient สูง ซึ่งหมายความว่ายอมให้แสงผ่านเข้าได้มาก แต่ความร้อนเข้าได้น้อย (คุณสมบัติเฉพาะสำหรับเมืองร้อน)

คุณสมบัติในการก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ

- มีความปลอดภัยสูง
- มีน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
- มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน
- หาง่าย
- ราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง

คุณสมบัติทางด้านที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- มีความสวยงามและทนทาน
- มีค่าการส่องผ่านกระจกของรังสี UV ต่ำ

คุณสมบัติด้านการมองเห็น (Visual)

- มีค่าการสะท้อนแสงภายนอกต่ำ ทำให้ไม่รบกวนสภาพแวดล้อม
- มีค่าการสะท้อนแสงภายในอยู่ในระดับที่เหมาะสมกล่าวคือ ไม่สูงเกินไปจนมองเห็นทัศนียภาพภายนอกไม่ชัดเจน หรือต่ำเกินไปจนไม่มีความเป็นส่วนตัว
- ให้ภาพสะท้อนที่ไม่บิดเบือนไปจากความเป็นจริง
- มีความหลากหลายของรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ออกแบบทางด้านความสวยงาม

คุณสมบัติด้านการกันเสียง

- สามารถกันเสียงจากภายนอกได้ดี
- ไม่ก่อให้เกิดปัญหาจากการสั่นสะเทือน (Vibration)

ในการจำแนกประเภทของกระจก สามารถแบ่งออกตามกระบวนการผลิต และวัตถุประสงค์ในการนำไปปรุงแต่งสภาพด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อตอบสนองการใช้งานที่แตกต่างกันได้ดังนี้

1. Float Glass เป็นกระจกพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยตรง ได้แก่ กระจกใส (Clear Glass) และกระจกสี (Tinted Glass)
2. Treated Glass เป็นกระจกใส/สี ที่นำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งคุณภาพของเนื้อกระจก เพื่อให้มีความแข็งแกร่งมากขึ้น หรือรับแรงกระทำจากภายนอกได้มากขึ้น แบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่ กระจก Heat Strengthen, กระจก Tempered, กระจก Laminated เป็นต้น
3. Surface Coating Glass เป็นกระใส/สี ที่นำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งผิวให้มีความทนทานสวยงามมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในสภาวะต่าง ๆ กัน โดยแบ่งออกเป็นประเภทของกระจกได้แก่ กระจกเงา (Mirror), กระจก Reflective, กระจก Hard Coated, กระจก Soft Coated, กระจก Low-E, กระจก Patterned เป็นต้น
4. Processed Glass เป็นกระจกที่นำมาดัดแปลงปรุงแต่งด้วยกระบวนการ (Process) ต่าง ๆ เพื่อตอบสนองการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น กระจกฉนวน (Insulated Glass) และกระจก Heat Mirror เพื่อการกันความร้อน

5. Application Glass เป็นกระจกที่ผ่านกระบวนการดัดแปลงเพื่อการใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น Air Flow, Tilted Glass, Sound Proof, Fire Proof, Bullet Proof, Energy Saving, UV-Protection, etc.

การเลือกใช้กระจกในอาคารจำเป็นทราบคุณสมบัติและข้อควรระวังในการใช้งาน ซึ่งกระจกที่นิยมใช้กันในปัจจุบันและกระจกที่มีคุณสมบัติที่ดีในด้านการประหยัดพลังงานพอสรุปได้ดังนี้

**กระจกใส** (Clear Glass)

คือ กระจกโปร่งแสงที่สามารถมองผ่านได้อย่างชัดเจน และให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว กระจกชนิดนี้ปล่อยให้แสงผ่านได้ประมาณ 75-92% ขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก คุณสมบัติของกระจกใสมีดังนี้

1. ราคาถูก
2. การมองเห็นจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน
3. มีค่าการดัดพลังงานแสงสว่างเพียง 13% (สำหรับกระจกหนา 12 มิลลิเมตร)
4. มีค่าการสะท้อนแสงต่ำเพียงประมาณ 7%
5. ผิวกระจกไม่ร้อน และหากกระจกใสมาก ๆ จะไม่เก็บความร้อนเหมาะกับเขตร้อน

ข้อควรระวัง

1. ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก ทำให้ความร้อนเข้ามามากด้วย เมื่อคลื่นสั้น (0.3 ไมคอน) ผ่านกระจกใสเข้ามาภายในกระทบวัตถุหรือวัสดุภายในอาคารจะเปลี่ยนเป็นคลื่นยาว (3-50 ไมคอน) ซึ่งไม่สามารถผ่านออกไปภายนอกได้อีก เพราะกระจกทึบแสง (Opaque) กับคลื่นยาว ดังนั้นความร้อนจะถูกกักเก็บไว้ ทำให้อากาศข้างในร้อน
2. กระจกใสมองทะลุถึงภายใน ทำให้ไม่มีความเป็นส่วนตัว (โป๊) และไม่สะท้อนภาพทิวทัศน์

**กระจกโฟลทสีดัดแสง** (Tinted or Heat Absorbing Glass)

ผลิตขึ้นโดยการผสมออกไซด์ของโลหะเข้าไปในส่วนผสม (Batch Mix) ในขั้นตอนการผลิตกระจก ทำให้กระจกมีสีสัน รวมถึงคุณสมบัติในการดูดซับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบผิวกระจก และลดปริมาณของแสงที่ผ่านกระจกลง ปริมาณแสงที่จะทะลุผ่านกระจกโฟลทสีดัดแสง ขึ้นอยู่กับความเข้มของสี และความหนาของกระจก (หมายเหตุ : American Society

for Testing and Material หรือ ASTM ได้แยก Tinted Glass และ Heat Absorbing Glass ออกจากกันเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้ว Tinted Glass มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนในตัวของมันเองอยู่แล้ว) คุณสมบัติของกระจกโฟลทสีตัดแสงมีดังนี้

1. ผิวกระจกร้อน เนื่องจากสีของเนื้อกระจกที่เกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ เป็นตัวดูดซับความร้อน ทำให้ความร้อนจากผิวกระจกแผ่เข้าหาตัวเรา (ในเมืองหนาวต้องการผิวกระจกที่ร้อน)
2. ตัดแสงไม่ให้เข้ามาในอาคารมาก Tinted Glass มีค่า SC (Shading Coefficient หรือสัมประสิทธิ์เปรียบเทียบปริมาณการส่องผ่าน) ต่ำกว่ากระจกใสมาก เมื่อค่า SC ต่ำมาก ๆ แสงเข้าน้อย ทำให้ความร้อนเข้ามาได้น้อยด้วย
3. สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องกระทบกระจกได้ถึง 35-50% ขึ้นอยู่กับชนิดของสี, ความเข้ม และความหนาของกระจก ซึ่งจะช่วยลดภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้
4. ช่วยลดความจ้าของแสงที่ส่องผ่านกระจก ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลและเกิดความสบายตาในการมอง ประการสำคัญคือไม่มีผลทำให้การมองเห็นวัตถุที่อยู่ด้านหลังกระจกผิดไปจากเดิม ทั้งรูปร่างและสีสัน

ข้อควรระวัง

เมื่อกระจกโฟลทสีตัดแสงมีความหนาเพิ่มมากขึ้น ความเข้มของสีก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการสะสมความร้อนในเนื้อกระจกเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่กระจกสะสมความร้อนในอุณหภูมิที่สูงขึ้น โอกาสที่กระจกจะแตกเนื่องจากการสะสมความร้อนของกระจก (Thermal Breakage) ก็จะมีมากกว่ากระจกโฟลทใส ดังนั้นสิ่งที่ควรคำนึงในการติดตั้งและใช้งานกระจกโฟลทสีตัดแสง เพื่อป้องกันการแตกร้าวของกระจกจากการสะสมความร้อนมีข้อควรระวังดังนี้

1. ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง เพราะจะทำให้สูญเสียพลังงานมาก
2. ไม่ควรติดผ้าม่านที่มีความหนาทึบ หรือวางตู้เหล็กหรือสิ่งของอื่น ๆ ชิดกับกระจก หรือติดตั้งฉนวนปิดบังกระจกโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อน เพราะอาจทำให้กระจกสะสมความร้อนเพิ่มขึ้นและเป็นสาเหตุให้กระจกแตกได้ง่าย
3. ไม่ควรทาสีหรือติดแผ่นกระดาษใด ๆ ลงบนผิวกระจก
4. ควรจะต้องมีการตัดและฝนขอบกระจกให้เรียบ เพราะการแตกร้าวของกระจกโดยธรรมชาติแล้วเกิดขึ้นจากแรงดึงระหว่างผิวของกระจก และอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างขอบกระจกและบริเวณกลางแผ่นกระจก ดังนั้นการตัดและฝนขอบกระจกให้เรียบจะทำให้ขอบกระจกมีความทนทานต่อการแตกร้าวของแรงดึง

**กระจกสะท้อนแสง** (Reflective Glass)

เป็นการเคลือบผิวกระจกโฟลทด้วยแผ่นออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสง ทำให้สามารถสะท้อนพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีได้บางส่วน กรรมวิธีในการเคลือบออกไซด์ของโลหะสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีดังนี้

1. การเคลือบแบบแวคุม (Vacuum Deposition หรือ Soft Coating) โดยการพ่นสารโลหะบางชนิดบนผิวด้านใดด้านหนึ่งของกระจก กระแสไฟฟ้าจะทำปฏิกิริยาทำให้โลหะแทรกตัวลงบนผิวกระจก การเคลือบด้วยวิธีการนี้สารที่เคลือบสามารถจะถูกขูดขีดออกได้ง่าย แต่สารที่เคลือบกระจกสามารถเคลือบไปทุกอณูของผิวกระจก กระจกที่ผ่านการเคลือบโลหะแล้ว จะมาทำกรรมวิธีเทมเปอร์หรือฮีทเสตรงท์ไม่ได้ เนื่องจากความร้อนในกระบวนการเทมเปอร์ หรือ ฮีทเสตรงท์จะทำลายสารของโลหะ
2. การเคลือบแบบไพโรลิทิค (Pyrolitic Deposition หรือ Hard Coating) กรรมวิธีนี้กระจกจะถูกเคลือบในขณะที่กระจกยังอยู่ในลักษณะที่เป็นของเหลวอยู่ ออกไซด์ของโลหะจะถูกเคลือบลงบนผิวของเหลวของกระจก จากนั้นก็จะกระจายแทรกซึมลงในเนื้อกระจก ด้วยวิธีนี้ออกไซด์ของโลหะไม่สามารถกระจายไปทุกพื้นผิวของโลหะอย่างเท่า ๆ กัน แต่สารออกไซด์ของโลหะโดยกรรมวิธีเคลือบแบบ Pyrolitic จะมีความแข็งแรงทนทานกว่าการเคลือบแบบ Vacuum

คุณสมบัติของกระจกมีดังนี้

1. ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อย ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ
2. ช่วยลดแสงที่แรงจ้าให้นุ่มนวลลง ทำให้เกิดความสบายตา
3. สร้างความเป็นส่วนตัวให้แก่คนภายในอาคาร เนื่องจากมองทะลุเข้ามาในตัวอาคารได้ลำบาก

ข้อควรระวัง

1. ในการตัดกระจกควรมีการป้องกันผิวด้านที่ coat ไว้เพื่อป้องกันรอยขีดข่วน
2. เมื่อมีการบิ่นหรือแตกบริเวณขอบกระจกให้เจียขอบกระจกให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันการแตกทั้งแผ่น
3. ป้องกันอย่าให้ cement หรือ plaster ติกบนกระจก เพราะจะทำอันตราย coating ของกระจก
4. ด้าน coating ควรอยู่ด้านในของอาคารเสมอ เพื่อให้ได้เห็นสีของกระจก และเพื่อไม่ให้ coating สัมผัสมลภาวะภายนอก
5. อย่าเป่าความเย็นลงบนกระจก วางตู้ใกล้กระจก ติดกระดาษ หรือทาสีลงบนกระจกเพราะจะทำให้เกิด Thermal Breakage ได้

6. ควรจะอบฮีทเสตรงค์ หรือ เทมเปอร์ เพื่อป้องกันปัญหา Thermal Breakage
7. ควรจะ Laminated ด้าน coating เพื่อป้องกันการทำลาย coating หรือสารเคมีหรือวัตถุแข็ง

**กระจก Low-E (Low Emissivity Glass)**

คือ กระจกสะท้อนแสงซึ่งยอมให้แสงผ่านกระจกได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกระจกโฟลท ในขณะเดียวกันก็สามารถสะท้อนคลื่นความร้อนและป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี และมีการสะท้อนแสงน้อย กระจก Low-E สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูง โดยยอมให้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Short Wave Radiation) ผ่านเข้ามาในตัวอาคาร ในขณะที่สะท้อนรังสีความร้อน (Long Wave Radiation) ออกพอสมควร ในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทยหรือแถบเอเชียใต้ กระจก Low-E จะช่วยสะท้อนรังสีความร้อน (Long Wave Radiation) ซึ่งจะไปลดการสะสมความร้อนในอาคาร ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นให้กับอาคาร ในการเคลือบกระจก Low-E สามารถเคลือบได้ทั้งกรรมวิธี Soft Coating หรือ Hard Coating คุณสมบัติของกระจกมีดังนี้

1. ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี
2. ยอมให้แสงผ่านกระจกได้มากกว่ากระจกสะท้อนแสง
3. ช่วยสะท้อนแสงอุลตร้าไวโอเลท (UV) ทำให้ลดความเสียหายซึ่งอาจเกิดขึ้นกับพรมและเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ
4. ช่วยลดความจ้าของแสง

**ข้อควรระวัง**

1. สาร Low-E เป็นสารที่อ่อนไหว (Sensitive) มาก ไม่ควรฉาบสารนี้ที่ผิวของกระจกด้านนอก เทคนิค Low-E ที่มีคุณภาพสูงในปัจจุบันจะให้ด้านที่เคลือบ Low-E อยู่ในช่องว่างระหว่างกระจกเท่านั้น
2. การบรรจุ "ก๊าซเฉื่อย" ในช่องว่างระหว่างกระจกของกระจกรุ่นใหม่ ๆ แทนการใช้อากาศแห้ง (Dry Air) จะช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับกระจกได้ดี

**กระจกฉนวน (Insulated Glass)**

ในการนำกระจกมาดัดแปลงหรือปรุงแต่งด้วยกระบวนการ (Process) ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นกระจกฉนวนความร้อน มีองค์ประกอบในการพิจารณา คือ ความสามารถที่จะเป็นฉนวนกั้นอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างกระจกทั้ง 2 ด้าน ซึ่งถูกคั่นโดยอากาศแห้ง (Dry Air) เนื่องจากอากาศแห้งซึ่งบรรจุ

อยู่ในช่องว่างระหว่างกระจก เกิดจากการดูดความชื้นของสารดูดความชื้น (Desiccant) ในตัวขอบอลูมิเนียม อากาศแห้งนี้ทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อน จากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นด้านใดด้านหนึ่งของกระจก จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะไม่มีผลกระทบต่อความสามารถในการเป็นฉนวนของอากาศแห้ง แต่ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า ลบ 20 องศาฟาเรนไฮ จะมีผลทำให้สารดูดความชื้นไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ มีผลทำให้เกิดฝ้า หรือแนวน้ำภายในช่องอากาศแห้ง ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาถึงสภาพอากาศ ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถในการดูดความชื้นของสารดูดความชื้นในกระจกฉนวนให้เหมาะสมด้วย กระจกฉนวนผลิตโดยการนำกระจกอย่างน้อย 2 แผ่น ตัดให้ได้ขนาดตามความต้องการ มาประกบกันโดยมีอลูมิเนียมซึ่งบรรจุสารดูดความชื้นคั่นกลาง หลังจากนั้นจะปิดรอยที่ขอบกระจก ผลก็คือ อากาศภายในช่องระหว่างกระจกจะกลายเป็นอากาศที่แห้ง ไม่มีความชื้นเหลืออยู่ ซึ่งมีคุณสมบัติในการกันความร้อน คุณสมบัติของกระจกมีดังนี้

1. ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร ทำให้ลดค่าใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ
2. ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้ดีกว่ากระจกธรรมดา
3. สามารถรับแรงดันลมได้เพิ่มขึ้น
4. ให้ความปลอดภัยในกรณีที่ใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์มาผลิตเป็นกระจกฉนวนความร้อน

ข้อควรระวัง

1. ควรใช้ Silicon สำหรับ Structure Glazing เท่านั้น ส่วน Conventional Glazing สามารถใช้ Polysulfide Silicon ได้
2. การหักงอของช่องอลูมิเนียม (Aluminium Spaces) หรือสารเคมีที่ใช้ในการเชื่อมต่อกระจก มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของกระจกทั้งสิ้น

เมื่อเปรียบเทียบการใช้กระจกที่มีค่า SC หรือสัมประสิทธิ์การบังแดดที่เท่ากันแล้ว ถ้าเป็นบ้านที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ และหน้าต่างทุกบานปิดสนิทแล้ว การเลือกใช้กระจกชั้นเดียว (Single Glass) จะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านเย็นกว่าการใช้ Insulated Glass (สำหรับในเมืองไทย) ทั้งนี้เพราะเมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ (Short Wave Radiation) ที่ทะลุทะลวงผ่านกระจกเข้ามาในอาคารแล้ว Insulated Glass จะกักกันไม่ให้ความร้อน (Long Wave Radiation) รั่วออกไปได้ง่ายเหมือน Single Glass (ค่า R หรือความต้านทานความร้อนของ Insulated Glass ดีกว่ามาก ทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในบ้านออกไปได้ยาก) ดังนั้นบ้านที่ไม่ปรับอากาศและปิดสนิท ถ้าใช้ Insulated Glass จะร้อนกว่าการใช้ Single Glass แต่ถ้าเป็นบ้านปรับอากาศจะให้ผลที่ตรงกันข้าม การใช้ Insulated Glass จะสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอก และกักเก็บความเย็นไว้ภายในบ้านได้เป็นอย่างดี

กระจก Heat Mirror

ลักษณะของกระจก Heat Mirror เป็นระบบของกระจก Double Glazing ที่เคลือบสาร Low-E ทั้ง 2 ด้านของฟิล์มที่อยู่ระหว่างช่องว่างอากาศ โดยที่ช่องว่างอากาศทั้งสองข้างจะกลายเป็น Reflective Air Space ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกชนิดนี้ (U-Value) อาจมีค่าต่ำถึง 0.25 Btu/hr.ft$^2$ คุณสมบัติของกระจกมีดังนี้

1. สามารถสะท้อนความร้อน (Reflect) ออกไปจากกระจกได้ถึง 80% หรือยอมให้ความร้อนส่งผ่าน (Transmits) เข้ามาเพียง 10% ที่เหลืออีก 10% จะถูกดูดกลืน (Absorb) เข้าไปในกระจก ทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีน้อยมาก และผิวกระจกก็จะไม่ร้อน ส่งผลให้ขณะที่เรายืนใกล้กระจก จะไม่รู้สึกร้อนซึ่งเป็นผลจาก MEAN RADIANT TEMPERATURE (MRT) Effect
2. กระจก Heat Mirror ยอมให้แสงสว่าง (Daylight) เข้ามามากถึง 50% ทำให้สามารถช่วยการประหยัดไฟฟ้า ในการใช้ระบบแสงสว่างช่วงเวลากลางวันในบริเวณนั้นได้
3. ป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเล็ต หรือ UV ได้ดี โดยสามารถสะท้อน (Reflect) รังสี UV ได้ 98% และยอมให้มีการส่งผ่าน (Transmits) เข้ามาเพียง 2%

### 2.2.9 อิทธิพลของความร้อนต่อตัวกระจก

ในการออกแบบอาคารทั่วไปที่ใช้กระจกเป็นผนังอาคาร บางครั้งผู้ออกแบบอาจจะไม่ได้นึกถึงการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกระจกที่ร้อนไปยังผู้ที่อยู่ในอาคาร และเนื่องจากกระจกเป็นตัวนำความร้อนที่ดี จึงสามารถถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก จนบางครั้งของวันที่ร้อนจัดอุณหภูมิของผิวกระจกอาจสูงได้ถึง 45 องศาเซลเซียส ผลกระทบที่เกิดจากปริมาณความร้อนผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารที่สูงขึ้น อันเนื่องมาจากความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน ($\Delta T$) ซึ่งเป็นสาเหตุของการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก ทำให้ต้องปรับอากาศภายในอาคารให้ลดต่ำลงจากเดิม เพื่อให้ผู้ที่อยู่อาศัยในอาคารมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่พอเหมาะ คือ มีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรหาวิธีการที่จะทำให้ผิวกระจกภายในอาคารเย็นที่สุด โดยการเลือกใช้ชนิดของกระจกที่เหมาะสมผนวกกับการออกแบบอย่างเข้าใจ เพื่อทำให้ลดความรุนแรงของปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับผู้ใช้อาคาร

### 2.2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับการประหยัดพลังงาน

ในการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในส่วนของกระจกนั้น ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการนำแสงธรรมชาติมาใช้ และปริมาณความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคาร เพราะการใช้กระจกที่มีค่า SC (Shading Coefficient) ต่ำ ๆ ปริมาณ Cooling Load จาก Radiation จะลดลง แต่ขณะเดียวกันปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคารก็จะลดลงด้วย ด้วยเหตุนี้การใช้แสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพจึงมีความเป็นไปได้เพียงแค่ระยะ 1-3 เมตรจากช่องแสงเท่านั้น เมื่อเป็นเช่นนี้ ผลตอบแทนจากแสงธรรมชาติจึงมีค่อนข้างน้อย สำหรับอาคารที่มีช่องแสงขนาดใหญ่มาก ๆ เช่น เต็มช่องเปิดระหว่างพื้นกับเพดานนั้น ช่องแสงดังกล่าวจะเป็นสาเหตุให้อาคารนั้นมี Cooling Load สูง ซึ่งอาจจะเป็นความต้องการของสถาปนิกที่ต้องการช่องกระจกขนาดนั้น ถ้าจะคิดทางด้านประหยัดพลังงานแล้ว ช่องแสงนั้น สถาปนิกส่งมอบให้ลูกค้าด้วยปัญหาราคาที่สูงมากหลาย ๆ ด้าน ได้แก่

1. First Cost อันสืบเนื่องมาจากราคาของผนังกระจกและราคาของเครื่องปรับอากาศที่ต้องเพิ่มขึ้น
2. Energy Cost หรือ Operating Cost ซึ่งต้องเพิ่มขึ้นและมีผลตลอดชั่วอายุของอาคารอันเนื่องมาจากปริมาณ Cooling Load ของช่องแสงขนาดใหญ่
3. ปัญหาเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายในอาคาร ( Thermal Discomfort ) ปัญหาที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไปนั้นสืบเนื่องมาจากการใช้ช่องแสงที่โตเกินขนาด เพื่อให้ได้มาซึ่งรูปร่างหน้าตาที่สถาปนิกอยากให้เป็น เมื่อช่องแสงมีขนาดใหญ่มากดังกล่าว วิธีลด Cooling Load จาก Radiation เท่าที่ใช้กัน คือ การใช้กระจกที่มีค่า Shading Coefficient ต่ำ ผลที่ตามมาก็คืออุณหภูมิที่ผิวของกระจกเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติมาก ในบางอาคารผิวกระจกมีอุณหภูมิสูงกว่า 100F เมื่อเป็นเช่นนี้ผู้ใช้อาคารที่นั่งใกล้กระจกจะมีความรู้สึกร้อนทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิภายในห้องได้ควบคุมให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย

ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในส่วนของการเลือกใช้กระจก จึงควรพิจารณาจากคุณสมบัติของกระจกที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก ในขณะที่มีปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาน้อยที่สุด โดยใช้ค่า LSG ของกระจกเป็นเกณฑ์ที่ในการประเมินคุณภาพของกระจกนั้น ค่า LSG หรือ Light to Solar Gain เป็นอัตราส่วนระหว่าง VT (Visible Transmission) และ SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของกระจก โดยกระจกที่มีค่า LSG มากจะเป็นกระจกที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้งาน ทั้งในด้านของการใช้แสงธรรมชาติและการประหยัดพลังงาน

## 2.3 แนวทางในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานนั้น ก่อนอื่นต้องมาทำความเข้าใจกับคำว่า "บ้านประหยัดพลังงาน" เสียก่อน ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ หมายถึง บ้านที่มีการใช้พลังงานน้อย โดยที่ยังคงสามารถรักษาและควบคุมสภาวะน่าสบายตลอดจนคุณภาพชีวิตภายในบ้านไว้ได้เป็นอย่างดี ตามความเข้าใจของคนทั่วไปให้นิยามของคำว่าบ้านประหยัดพลังงานว่าเป็นบ้านที่ใช้พลังงานน้อย แต่ถ้าการประหยัดพลังงานนั้นทำให้ต้องสูญเสียคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยและไม่สามารถควบคุมสภาวะภายในบ้านได้ ก็ไม่จัดว่าเป็นบ้านประหยัดพลังงาน ดังนั้นคำว่าบ้านประหยัดพลังงานอาจพิจารณาได้ดังนี้

1. บ้านที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด คือ บ้านที่ไม่ใช้พลังงานเลย เช่น บ้านไทยในสมัยโบราณ ซึ่งไม่มีทั้งไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ อย่างไรก็ตามคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยในบ้านคงจะไม่สามารถเทียบเท่ากับยุคปัจจุบันได้

2. บ้านในยุคต่อมาได้มีการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น โดยการนำไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศมาใช้ ซึ่งจะพบว่าพลังงานที่ใช้ในบ้านส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ต้องใช้เพื่อระบบปรับอากาศ และถ้าเป็นบ้านไทยแบบดั้งเดิมจริง ๆ ที่ผู้อยู่อาศัยต้องการควบคุมสภาวะภายในบ้านให้ได้ระดับมาตรฐานตลอดเวลาก็ต้องมีการติดตั้งระบบปรับอากาศทำให้ต้องใช้พลังงานปริมาณมหาศาลแล้วยังไม่สามารถควบคุมสภาวะภายในบ้านให้อยู่ในเขตสบายได้อย่างสมบูรณ์ หรือมิฉะนั้นผู้อยู่อาศัยอาจจะต้องยอมทนใช้ชีวิตอยู่กับการควบคุมที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และไม่สามารถตอบสนองคุณภาพชีวิตของคนรุ่นใหม่ได้ เช่น

- ยอมให้อุณหภูมิภายในบ้านอยู่นอกเขตสบาย
- ยอมให้ระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในบ้านสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้
- ยอมให้มีแสงสว่างภายในบ้านน้อยเกินไป
- ยอมให้มลภาวะต่าง ๆ จากภายนอกบ้านเข้ามาภายในโดยยากที่จะควบคุมได้

หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไปจากอดีตมากนัก แนวความคิดของการใช้ชีวิตอยู่กับระบบธรรมชาติมีแนวโน้มของความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการออกแบบบ้านไทยโบราณที่มีการใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ก็จะไม่ทำให้คุณภาพชีวิตเลวร้ายจนเกินไป ซึ่งเป็นแนวทางของการสร้างสรรค์ "สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่สมบูรณ์แบบ" แนวความคิดหลักที่นำไปใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานสำหรับการอยู่อาศัยยุคใหม่ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการประหยัดพลังงานสูงสุด ประกอบด้วยปัจจัยสำคัญได้แก่

1. การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน
2. การเลือกรูปแบบที่เหมาะสม
3. การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
4. การเลือกใช้วัสดุประเภทต่าง ๆ
5. การเลือกอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน

### 2.3.1 การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน

ปัจจัยทางธรรมชาติ สามารถนำมาแปรเปลี่ยนเป็นความได้เปรียบของการออกแบบสถาปัตยกรรมได้ ถ้าผู้ออกแบบมีความเข้าใจและนำมาใช้อย่างเหมาะสมถูกต้องโดยเฉพาะในขั้นตอนเริ่มต้นของการออกแบบ ถ้าสามารถวิเคราะห์ได้ว่าบริเวณที่ตั้งของบ้านหรืออาคาร มีปัจจัยทางธรรมชาติอะไรบ้างที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบ ก็จะสามารถนำมาใช้เป็นข้อได้เปรียบของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปัจจัยธรรมชาติเป็นสิ่งที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อสภาวะภายในอาคารอีกด้วย ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

**การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่**

ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบบ้านเรานั้น การมีต้นไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะต้นไม้ส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนชื้นจะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต โดยการดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบ กระบวนการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2,200 บีทียู เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจประมาณการได้ว่าถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมา แล้วแปลงสภาพน้ำให้เป็นไอในอัตราประมาณ 5.5 ลิตรต่อชั่วโมง ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่ากับ เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน (12,000 บีทียู ต่อชั่วโมง) หรือ 12.66 เมกกะจูลต่อชั่วโมง จากการที่ต้นไม้ใหญ่แต่ละต้นสามารถช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มาก ดังนั้นถ้าต้องการใช้ประโยชน์จากการมีต้นไม้ใหญ่อย่างเต็มที่ ควรสร้างสภาพแวดล้อมเบื้องบนอาคารให้ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ เพราะนอกจากจะช่วยบังเงาให้แก่อาคารแล้วยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำ โดยการแปลงสภาพรังสีจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำก่อนที่จะผ่านลงมายังบ้าน การเลือกใช้ต้นไม้ประเภทต่าง ๆ โดยมีความเข้าใจที่ถูกต้อง เช่น ใช้

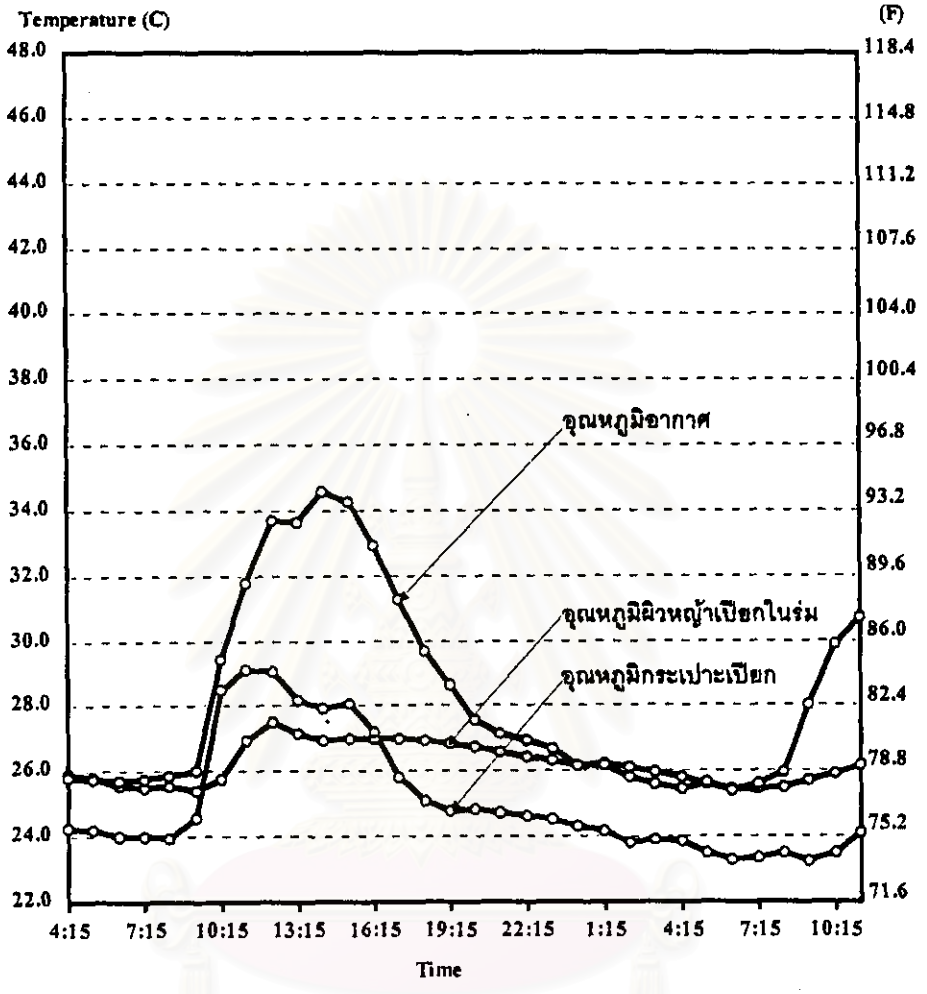
ต้นไม้สูงเพื่อกรองแดดหรือสกัดกั้นแสงแดดจากด้านบน โดยมีพุ่มใบของต้นไม้เป็นตัวแปลงสภาพแวดล้อมให้เย็น จากการใช้รากดูดน้ำและคายน้ำที่ใบ ผลที่ได้ก็คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เหนือและใต้พุ่มใบ โดยที่บริเวณด้านใต้พุ่มใบจะมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิด้านบนเหนือพุ่มใบมาก การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางปลูกในบริเวณรอบ ๆ อาคาร นอกจากจะช่วยให้สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้นั้นเย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไปเนื่องจากกระบวนการการสังเคราะห์แสงแล้ว ใบของต้นไม้ยังช่วยกรองแสงแดดที่จะส่องลงมายังผิวดินโดยตรง เป็นการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากแสงแดดโดยตรงสู่ดิน และช่วยในการบังแสงแดดที่จะส่องเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางมุม หรือบางช่วงเวลาที่ไม่ต้องการ เป็นการลดความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radiation)

**การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน**

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมในระดับที่ต่ำลงมาจากพุ่มใบของต้นไม้ใหญ่ก็คือ การใช้พืชคลุมดิน โดยเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบของพุ่มไม้ อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-Bulb Temperature) ซึ่งจะทำให้ดินบริเวณนั้นเย็น และความเย็นดังกล่าวก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวดินจนสามารถทำให้ดินในบริเวณนั้นส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องกันไปถึงพื้นที่ใต้อาคารได้ นอกจากนี้ยังพบว่าในบริเวณสนามหญ้าก็มีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ ถึงแม้ว่าจะไม่เย็นมากเท่าอุณหภูมิภายใต้พืชคลุมดินก็ตาม แต่เป็นการแสดงให้เห็นว่าการที่จะทำให้สภาพแวดล้อมเย็นได้นั้น จะต้องทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินเย็นลงเสียก่อนเพราะนอกจากจะทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลงแล้ว ยังทำให้เกิดผิวของสภาพแวดล้อมที่เย็นเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบาย เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าอีกด้วย เทคนิคนี้เป็นเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมไทยในการสร้างสภาวะแวดล้อมบริเวณใต้ถุนบ้านให้เย็นสบาย

การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินเป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนให้กับดิน ในขณะเดียวกันก็เป็นการเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ซึ่งจะมีผลทางด้านการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนสู่ผิวดินที่เย็นกว่า เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ นอกเหนือจากนั้นยังเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตา และป้องกันการสะท้อนของแสงที่อาจทำให้เกิดความจ้า (Glare) ของสายตา อีกทั้งป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งได้อีกด้วย จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-Bulb Temperature) โดยตลอด และยังพบอีกว่าในช่วงที่มีอากาศร้อนจัดอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกนั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอีกด้วย (สุนทร บุญญาธิการ,

2540) เป็นเพราะว่าพื้นดินที่เย็นจะมีการกักเก็บความเย็นไว้จำนวนหนึ่ง ด้วยเหตุนี้อุณหภูมิจึงไม่แปรปรวนตามสภาพอากาศภายนอก



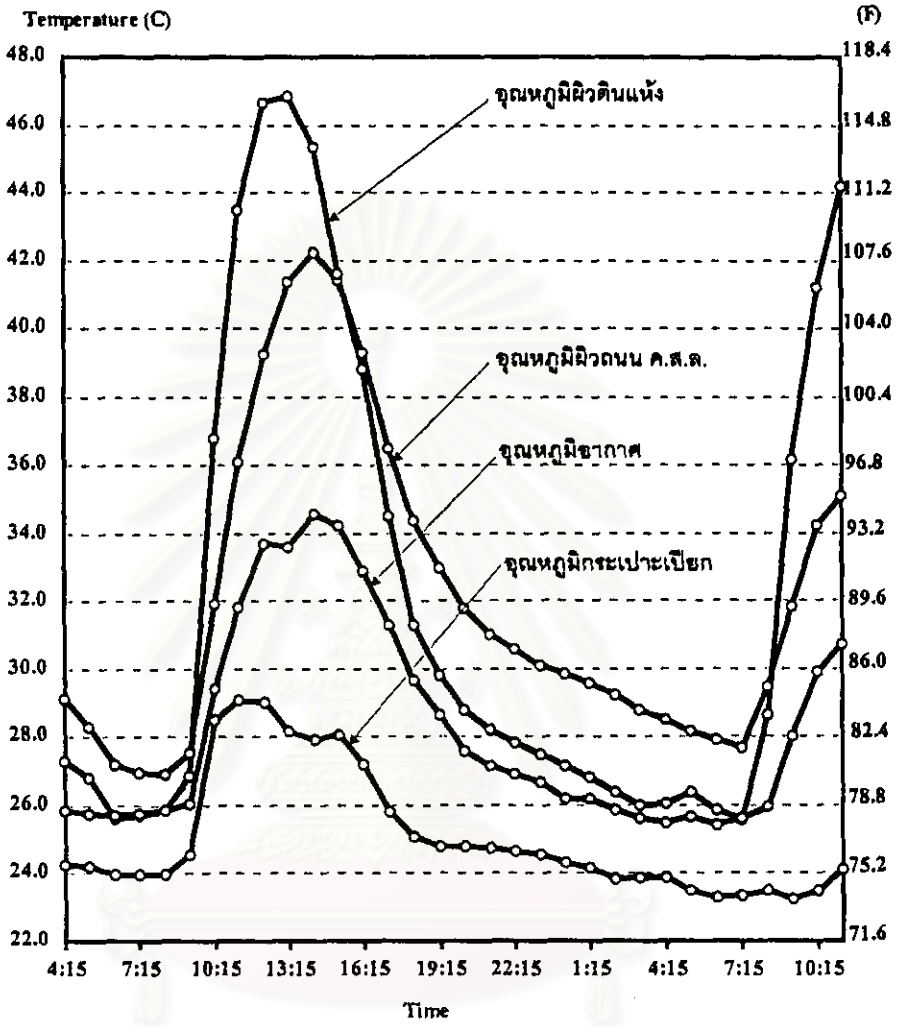

แผนภูมิ 2-1 แสดงอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม (ใต้ต้นไม้) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ (ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

## การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน

การเลือกใช้วัสดุปูผิวดินที่เหมาะสมก็จะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ โดยควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูง หรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี และควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสีเข้มและมีค่าการดูดซับความร้อนสูง เช่น ผิวยางมะตอย โดยเฉพาะในที่ที่มีลมพัดผ่าน เพราะจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนไว้มาก จากการศึกษาพบว่าวัสดุที่มีมวลสารมากจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก เมื่อโดนแดดก็จะดูดซับความร้อน

I18607901

เอาไว้ได้มากทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นร้อนขึ้นทั้งเวลากลางวันและกลางคืน การเลือกใช้ผิวหญ้าใต้ต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาจึงจะเป็นการช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

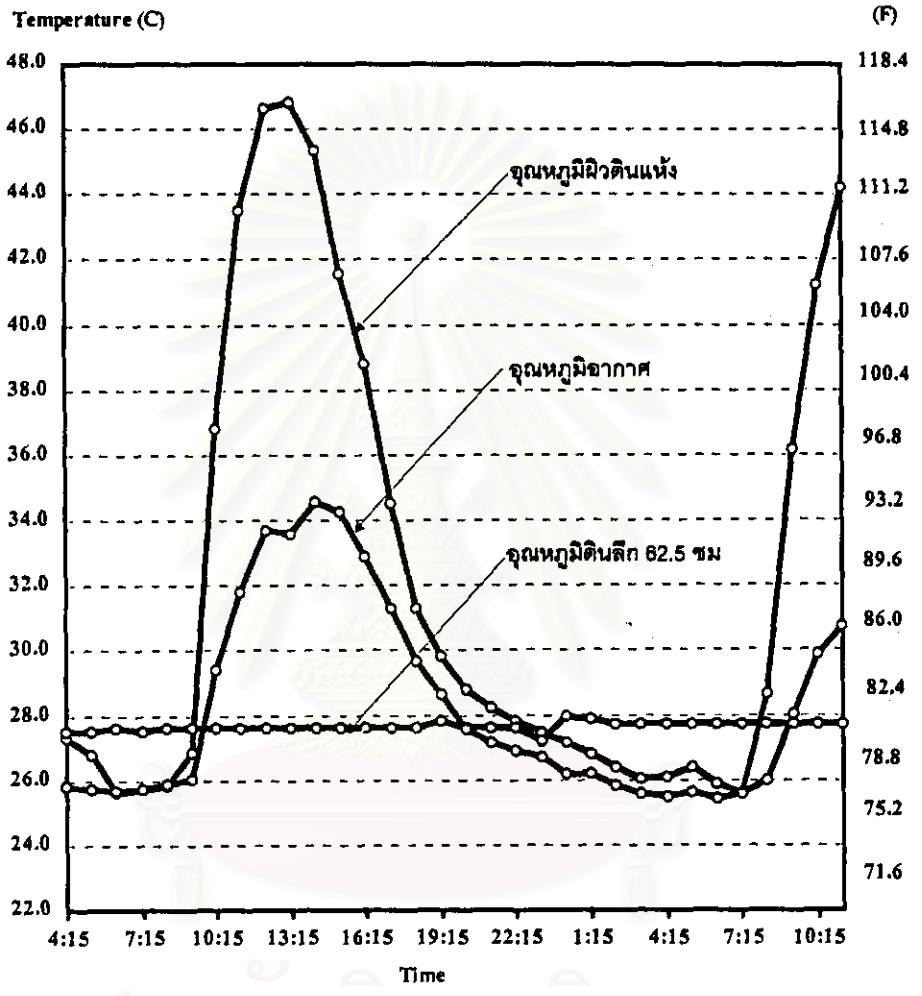



แผนภูมิ 2-2 แสดงอุณหภูมิผิวถนน ค.ส.ล. อุณหภูมิผิวดินแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ (ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

## ดินและการใช้ประโยชน์จากดิน

จากการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึก 0.60 เมตรจากผิวดิน (สุนทร บุญญาธิการ, 2540) การที่จะใช้ประโยชน์จากดินให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด การปรับสภาพดินดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของต้นไม้ที่ใช้ ผสมผสานกับการทำให้ดินเปียกและมีกระแสลมพัดผ่านเพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำ รวมถึงความสามารถของการกระจายความร้อนของผิวดินให้กับท้องฟ้า และใช้ต้นไม้-พืชคลุมดินที่มีลมพัดผ่านใต้พุ่มใบเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น ถ้า

สามารถทำการปรับสภาพของดินได้อย่างเหมาะสมโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว จะเป็นผลทำให้อุณหภูมิของดินเย็นลงมาก จนอาจทำให้ดินมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้ เทคนิคที่ใช้สำหรับการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน คือการออกแบบให้พื้นบ้านมีผิวสัมผัสกับดินโดยตรง (Surface Contact To Ground) เพื่อดึงความเย็นจากดินมาใช้




แผนภูมิ 2-3 แสดงอุณหภูมิดิน และอุณหภูมิผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ (ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

## การใช้ประโยชน์จากลม

การใช้ประโยชน์จากลมให้ได้มากที่สุดนั้น ต้องทำให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อมพัดผ่านบริเวณที่เย็นก่อนที่จะพัดเข้าสู่ตัวบ้าน เช่น ใต้ร่มไม้ หรือใกล้ระดับผิวดิน ซึ่งจะทำให้ภายในบ้านได้รับอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงจากสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวถึงแม้จะทำให้ได้อากาศที่เย็นลง แต่ก็เป็นอากาศที่มีความชื้นสูงมาก ถ้ามีการนำเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาในอาคารที่มีการปรับอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศก็จะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี เนื่องจากปริมาณความชื้นใน

อากาศนั้นสูงเกินไป จากการศึกษาพบว่าการนำเอาอากาศร้อนแต่แห้งเข้ามาในระบบปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอากาศเย็นแต่ชื้น ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีระบบปรับอากาศนั้น บางครั้งพบว่าถ้าปิดประตูหน้าต่างทั้งหมด โดยปล่อยให้กระแสลมภายนอกที่เย็นและชื้นพัดผ่านเฉพาะรอบอาคารภายนอกกลับจะเป็นผลดีมากกว่าการปล่อยให้อากาศดังกล่าวผ่านเข้ามาภายในอาคาร แต่ต้องมีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศเป็นอย่างดี การนำเอาอากาศที่เย็นแต่ชื้นเข้ามาภายในอาคารที่ปรับอากาศนั้น ถ้าเป็นช่วงเวลาที่สภาวะอากาศภายนอกมีความร้อนและความชื้นสูง พบว่าทำให้ต้องใช้พลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นมาก ถ้าต้องการระบายอากาศด้วยระบบธรรมชาติ สำหรับอาคารที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องแล้วนั้น ช่วงเวลาที่สามารถนำระบบธรรมชาติมาใช้ได้เป็นช่วงเวลาหัวค่ำจนถึงเช้าตรู่เท่านั้น เพราะเป็นช่วงที่อากาศภายนอกมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้สร้างสภาวะน่าสบายมากที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถออกแบบบ้านที่ดี และมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้จึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยลดความรุนแรงของสภาพอากาศ และทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดประตู-หน้าต่างให้อากาศภายนอกผ่านเข้ามาภายในอาคารอีกต่อไป

ในกรณีของบ้านที่ได้รับการออกแบบด้วยกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น จากการวิจัยที่ผ่านมา (สุนทร บุญญาธิการ, 2537) พบว่าช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 21.00น. นั้น หากปิดประตูและหน้าต่างของบ้านทั้งหมดแล้ว จะมีอุณหภูมิในส่วนชั้นล่างของบ้านที่เป็นห้องรับแขกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก บางครั้งอาจเย็นลงมากกว่า 7-8 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากจะใช้ลมมาช่วยในการระบายอากาศจึงไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด ในทางตรงกันข้ามกลับเป็นการพาความร้อนเข้ามาภายในบ้านเลียอีก ทั้งนี้เพราะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในบ้านมาก อย่างไรก็ตามสำหรับบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบก่ออิฐฉาบปูนทั่ว ๆ ไป จะพบว่าอุณหภูมิภายในบ้านสูงกว่า (ร้อนกว่า) ภายนอกบ้านตลอดเวลา เนื่องจากการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เชื่อว่าการออกแบบจะต้องมีการระบายอากาศด้วยระบบธรรมชาติ จึงอาจเป็นการขัดแย้งกับสิ่งที่เคยเป็นมาในอดีตซึ่งนับเป็นก้าวใหม่ของการออกแบบเนื่องจากอากาศภายในบ้านเย็นกว่าภายนอกบ้านมากในช่วงเวลากลางวัน

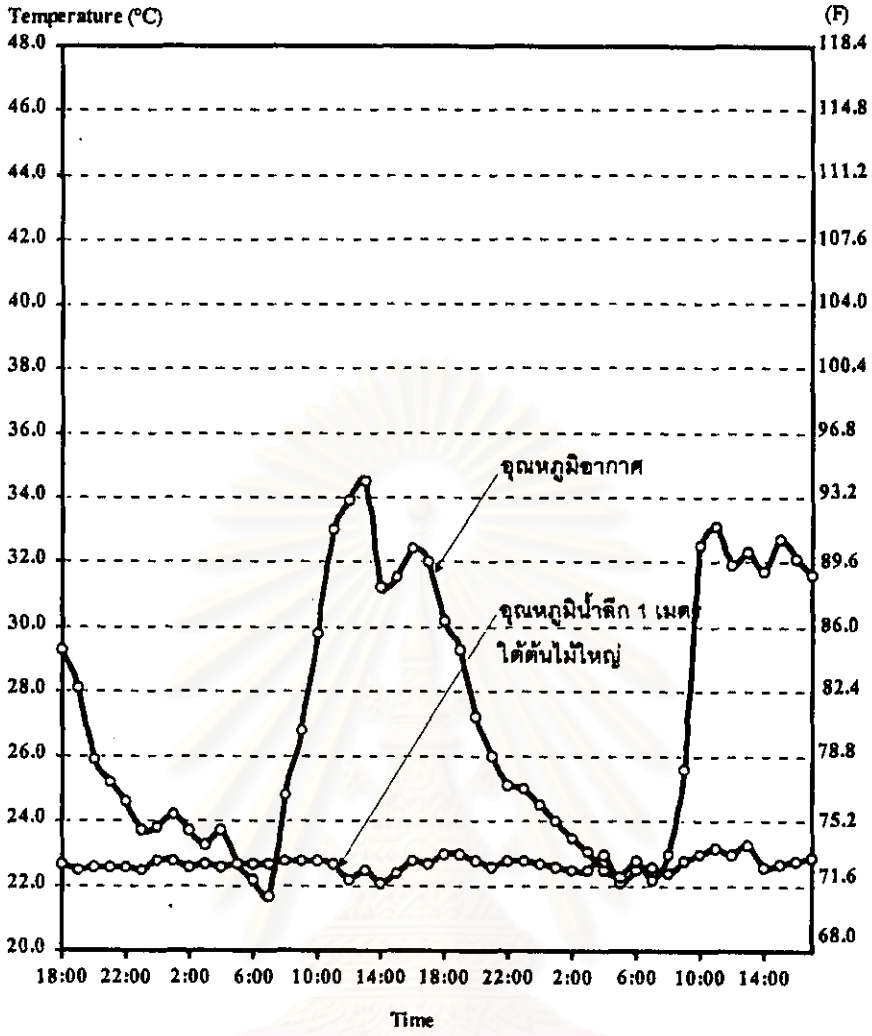
**การใช้ประโยชน์จากความลาดเอียงของพื้นดิน**

การปรับแต่งสภาพพื้นที่รอบ ๆ บริเวณบ้านประหยัดพลังงาน จะพยายามให้มีต้นไม้ปกคลุมให้มากที่สุดเพื่อต้องการให้พื้นที่เหล่านั้นมีอุณหภูมิต่ำ แต่ในบางกรณีพื้นที่บางส่วนของบ้านไม่อาจที่จะทำให้มีต้นไม้หรือร่มเงาปกคลุมได้ เช่น พื้นที่จอดรถ เป็นต้น จึงอาจใช้วิธีปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้รับแสงแดดน้อยลงในเวลากลางวัน ซึ่งในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนี้ การทำให้พื้น

ดินเอียงไปทางด้านทิศเหนือจะทำให้รับแสงแดดเฉลี่ยตลอดปีน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินในระนาบปกติและพื้นดินที่เอียงไปทางด้านทิศใต้ แนวความคิดนี้จะตรงกันข้ามกับเมืองหนาวซึ่งต้องการให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารร้อนกว่าปกติ โดยการใช้พื้นผิวดินที่ลาดเอียงไปด้านทิศใต้ (South Slope) ผนวกกับวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูง แต่ในประเทศไทยต้องการให้สภาพแวดล้อมเย็นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นความลาดเอียงของพื้นดินหากสามารถทำได้จึงควรลาดเอียงไปด้านทิศเหนือ (North Slope) จะมีความเหมาะสมกว่ามาก และควรเลือกใช้วัสดุผิวที่มีค่าการดูดซับความร้อนน้อย การใช้พืชคลุมดินหรือหญ้าเป็นวัสดุผิวดินจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้คอนกรีต คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือถนนราดยางอย่างไรก็ตามหากไม่สามารถปรับความลาดเอียงของพื้นดินตามความต้องการได้ ทางออกทางหนึ่งก็คือการใช้ต้นไม้หรือพืชคลุมดินช่วยสร้างร่มเงาให้กับพื้นผิวดินให้ได้รับแสงแดดน้อยที่สุด นอกจากนี้ความลาดเอียงของพื้นดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปรับแต่งเส้นแนวการไหลเวียนของอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ ในกรณีนี้อาจใช้ความลาดเอียงของพื้นดินเป็นตัวควบคุมให้กระแสลมถูกปรับเปลี่ยนแนว ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางซึ่งจะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงหรือเพิ่มความเร็วลมได้

**การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ**

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยการให้กระแสลมที่พัดผ่านบริเวณผิวหน้าของน้ำที่เย็นทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศแล้วนำเข้ามาภายในอาคาร แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของความชื้นที่มากับลมด้วย จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำในระยะทางที่ยาวเพียงพอ อุณหภูมิอากาศจะค่อย ๆ เย็นลงไปพร้อม ๆ กับความชื้นที่เพิ่มขึ้น ผลที่ได้ก็คืออากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงกว่าเดิมแต่มีความชื้นเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อากาศที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพัดผ่านพื้นน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียสในบริเวณกว้าง จะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่พัดผ่านแหล่งน้ำนั้นมีอุณหภูมิลดต่ำลงได้ถึง 3 องศาเซลเซียส หรือมีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ในเชิงปฏิบัติแล้วถ้านำเอาอากาศดังกล่าวมาใช้ในอาคาร (Fresh Air) จะไม่เป็นการช่วยลดการใช้พลังงาน เนื่องจากอากาศนั้นมีความชื้นมากขึ้นกว่าเดิม แต่ในสภาพทั่วไปที่มีลมพัดหรือมีอากาศถ่ายเทสะดวก ความชื้นก็จะไม่สะสมมากนัก และจะเป็นการสร้างความร่มเย็นให้กับสภาพแวดล้อมและช่วยลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการลดภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ให้กับอาคารอีกส่วนหนึ่งด้วย




แผนภูมิ 2-4 แสดงอุณหภูมิน้ำลึก 1 เมตร เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ (ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

### 2.3.2 การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ

จากเหตุผลต่าง ๆ ที่กล่าวมาในข้างต้น สรุปได้ว่าหากมีการออกแบบบ้านโดยการนำเอาประโยชน์จากธรรมชาติมาร่วมด้วย จะทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้ ดังนั้นปัญหาต่อไปก็คือจะต้องออกแบบส่วนต่าง ๆ ของบ้านให้รองรับกับเทคนิคต่าง ๆ ที่กล่าวมา อีกทั้งมีการใช้งานภายในส่วนต่าง ๆ ของบ้านอย่างเหมาะสม และที่สำคัญคือต้องมีความสวยงามทั้งภายนอกและภายในด้วย

**รูปทรงของอาคารและอิทธิพลของลม**

การออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านควรคำนึงถึงการระบายอากาศ ในกรณีที่ใช้การระบายอากาศโดยกระแสลมธรรมชาติ เนื่องจากถ้าลมสามารถพัดผ่านส่วนต่าง ๆ ของบ้านได้สะดวกทั่วถึงทุกส่วนของบ้าน ทำให้สามารถกำหนดช่องเปิดหรือหน้าต่างของบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลมที่พัดผ่านจากการเจาะช่องหน้าต่างด้านความกดอากาศสูง จะสามารถพัดผ่านเข้าสู่ตัวบ้านและระบายออกสู่ด้านความกดอากาศต่ำโดยผ่านส่วนกลางของบ้านได้ในทุก ๆ ชั้น การจัดวางห้องน้ำของบ้านจะจัดให้อยู่ในจุดที่มีความกดอากาศต่ำทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ลมไม่สามารถพัดพาเอากลิ่นของห้องน้ำเข้าสู่ตัวบ้านได้รวมถึงห้องครัวด้วยเช่นเดียวกัน สำหรับการระบายอากาศของส่วนหลังคาควรออกแบบให้บริเวณใต้ชายคาด้านความกดอากาศสูงมีการเจาะช่องระบายอากาศ เพื่อให้ลมเข้าไประบายอากาศให้แก่หลังคาอีกด้วย

**การทำให้เกิดกระแสลมจากความแตกต่างของอุณหภูมิ**

เทคนิคในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสลม โดยอาศัยผลของความแตกต่างของอุณหภูมิหรือเรียกว่า Stack Ventilation เป็นแนวความคิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่สูงที่สุดของบ้านให้เกิดความร้อนมาก ๆ อากาศบริเวณใต้หลังคาเมื่อร้อนก็จะขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้น และเมื่อลอยตัวถึงส่วนที่สูงสุดแล้วจะถูกลมจากภายนอกพัดพาออกไป ทำให้อากาศที่เย็นและมีมวลมากกว่าเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศที่ต่อเนื่องขึ้นจากชั้นล่าง ถึงหลังคาในลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง วิธีทำให้ผิวหลังคาร้อนอาจทำได้โดยการออกแบบหลังคาเป็นทรงปั้นหยาที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ สามารถรับแดดที่เป็นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้หากเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาเป็นแผ่นโลหะ สีค่อนข้างเข้มทึบ ที่ไม่มีการสะท้อนรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ และภายในโครงสร้างหลังคาไม่มีฉนวนกันความร้อนก็จะทำให้หลังคาดูดซับความร้อนไว้อย่างเต็มที่ตลอดทั้งวัน แต่หากออกแบบในลักษณะเช่นนี้ จำเป็นต้องมีการป้องกันความร้อนจากหลังคาแผ่เข้าสู่ตัวบ้าน โดยการใช้วัสดุที่มีความเป็นฉนวนสูง เช่น โฟม ใยแก้ว ใยหิน เป็นฝ้าเพดานยึดติดเป็นด้านเดียวกันระนาบของหลังคา ซึ่งจะเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีในการป้องกันกันการแผ่รังสีความร้อนจากหลังคาสู่ภายในบ้าน ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศไม่เพิ่มขึ้นจากความร้อนที่เข้าสู่ตัวบ้าน

**รูปทรงของหลังคา**

การออกแบบรูปทรงของหลังคาบ้าน ต้องคำนึงถึงความสามารถที่จะเอื้ออำนวยต่อการระบายอากาศได้โดยสะดวก โดยอาจใช้หลังคาที่มีความชันมากกว่า 30 องศา เพื่อให้เกิดความกดอากาศต่ำ (Negative Pressure) ที่แรงมากเพียงพอจะช่วยดึงให้กระแสลมพัดผ่านตลอดทั่วทั้งอาคาร ทำให้สามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ การยื่นของหลังคาในแต่ละด้านจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์แต่ละส่วนของหลังคา โดยทั่วไปหลังคาควรจะมีชายคายื่นออกมาเพื่อให้สามารถกันแดดได้ตั้งแต่เวลา 8 โมงเช้าจนถึง 4 โมงเย็น และบางส่วนจะยื่นออกไปคลุมพื้นที่ใช้งานส่วนที่เป็นระเบียง ด้วย เหตุผลก็คือจะเป็นการกันไม่ให้แสงแดดมากระทบกับผิวของผนังหรือกระจกโดยตรง การออกแบบให้หลังคาบังแดดให้กับผนังและกระจกนี้ นอกจากจะช่วยลดความร้อนจากแสงแดดได้โดยตรงแล้ว ยังช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศด้วย ในกรณีที่หลังคาไม่สามารถบังแดดให้กับช่องเปิดได้ทั้งหมด อาจพิจารณาเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำทดแทน เพื่อลดอิทธิพลของรังสีจากดวงอาทิตย์

**การกันแดด**

ปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานอีกประการหนึ่งคือ การกันแดดให้กับตัวอาคาร เพราะผนังทั่วไป เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ที่ไม่โดนแดดโดยตรงมีปริมาณความร้อนเข้าผ่านสู่ตัวอาคารถึงประมาณ 30-50 บีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมง ถ้าเป็นผนังกระจกที่โดนแดดมีความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเพิ่มสูงขึ้นอีก 6-7 เท่า (มากกว่า 200 บีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมง) ดังนั้นการป้องกันไม่ให้ผนังหรือกระจกโดนแดดจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ต้องคำนึงถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างพอเหมาะหากไม่สามารถกันแดดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ก็ต้องเลือกผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนมาก ๆ เพราะถ้าผนังมีค่าความเป็นฉนวนมาก ๆ แล้ว อิทธิพลของสีผิวผนังไม่ว่าจะอ่อนหรือเข้มจะไม่มีผลต่อความร้อนเข้าสู่อาคารมากนัก การกันแดดในการออกแบบอาคาร ต้องคำนึงถึงผลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในมุมต่าง ๆ เป็นสำคัญ เนื่องจากความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) มีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร ดังนั้นในการออกแบบบ้าน จะต้องคำนึงถึงทิศทางของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้ามาในอาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งมีทิศทางและมุมของแดดที่ลาดเอียงต่ำกว่าด้านอื่น ๆ ทำให้แดดเข้ามาสู่ภายในบ้านได้ลึก โดยอาจออกแบบให้มีระเบียงขนาดใหญ่ยื่นออกจากตัวบ้านให้เป็นส่วนบังแดด หรืออาจสร้างเป็นโรงรถเพื่อกันไม่ให้ผนังโดนแดดก็ได้

**สัดส่วนของพื้นที่ใช้สอยภายในต่อพื้นที่ผิวภายนอก**

ในการออกแบบพื้นที่ใช้สอยของบ้านจะต้องคำนึงถึงสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกบ้านต่อพื้นที่ใช้สอยภายในบ้าน โดยออกแบบให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimize Surface Area) โดยควรออกแบบให้มีรูปร่างเข้าใกล้รูปทรงกลมมากที่สุด เพราะเป็นรูปที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรภายในน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้มีพื้นที่ ที่จะรับปริมาณความร้อน (Heat Gain) ที่จะเข้าสู่ภายในอาคารจากผนังและหลังคาเมื่อเทียบกับพื้นที่ใช้สอยมีค่าน้อยที่สุดนั่นเอง และควรออกแบบให้อาคารมีพื้นที่ชั้นล่างสัมผัสดินให้มากที่สุด (Maximize Surface Contact To Ground) โดยการทำเนินดินให้สูงขึ้นคลุมผิวของผนังบ้าน เพื่อประโยชน์ในการนำความเย็นจากดินมาใช้ และลดพื้นที่ผิวที่จะได้รับแสงอาทิตย์

2.3.3 **การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม**

วิธีการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้อย่างถูกต้องคือ การผสมผสานระหว่างการใช้ระบบธรรมชาติ และระบบเครื่องกล (Mechanical) ให้ทำงานร่วมกัน ต่อเมื่อระบบธรรมชาติไม่สามารถสร้างสภาวะน่าสบายให้แก่ผู้ใช้อาคารได้ ก็จะนำระบบเครื่องกลมาช่วย เทคโนโลยีในการสร้างสภาวะน่าสบาย ซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน ได้แก่

**การใช้แสงภายในบ้าน**

แนวความคิดที่สำคัญเพื่อการประหยัดพลังงานในด้านแสงสว่างของบ้านประหยัดพลังงานก็คือ การพยายามลดการใช้พลังงานสำหรับแสงประดิษฐ์หรือหลอดไฟต่าง ๆ ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพดีกว่าในเวลากลางวัน ซึ่งเป็นแนวคิดในการอิงกับระบบธรรมชาติให้มากที่สุดในเวลากลางวันโดยไม่ต้องใช้แสงไฟ แนวความคิดนี้ทำได้โดยควบคุมความสม่ำเสมอของแสงสะท้อนจากท้องฟ้า และสภาพแวดล้อมข้างเคียง (Indirect Light) ซึ่งในการออกแบบพยายามให้มีแสงเข้าสู่ตัวอาคารได้มากที่สุดโดยปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ยกเว้นเฉพาะในช่วงเช้ามาก ๆ และเย็นมาก ๆ (เช่น ก่อน 8 โมงเช้าและหลัง 4 โมงเย็น) ในการออกแบบอาจใช้ทั้งส่วนยื่นของอาคาร แผงบังแดด ต้นไม้รอบ ๆ บริเวณบ้าน และเทคนิคอื่น ๆ ที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์เมื่อส่องทะลุหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านจะเกิดความจ้ามาก ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ไม่พึงปรารถนา การใช้

แสงธรรมชาตินอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานแล้ว (เพราะในเวลากลางวันไม่ต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง) ยังสร้างบรรยากาศและแสงสีที่สดใสภายในบ้านอีกด้วย

**การออกแบบและควบคุมระบบปรับอากาศ**

โดยทั่วไปในการออกแบบระบบปรับอากาศของบ้าน จะมีความแตกต่างจากระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงาน เนื่องจากในอาคารสำนักงานมีลักษณะการใช้งานที่ผู้ใช้อาคารมีกิจกรรม (Activity) สูง ทำให้ต้องใช้แรงลมค่อนข้างสูงและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ เช่น มีการจ่ายลมเย็นเฉพาะจุดที่เป็นโต๊ะทำงาน (Work Station) แต่ถ้าหากจัดให้มีการกระจายลมค่อนข้างเร็ว โดยมีกิจกรรมน้อยจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นเกินไป ส่วนในการออกแบบระบบปรับอากาศของบ้านต้องคำนึงถึงการใช้งานในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ โดยละเอียด บ้านพักอาศัยจะมีพื้นที่ที่มีกิจกรรมสูงไม่มากนัก เช่น ในส่วนรับแขก ส่วนทานอาหาร จึงควรมีการปรับให้มีอัตราความเร็วลมสูง แต่ถ้าเป็นส่วนอื่น ๆ ที่มีกิจกรรมต่ำ เช่น ห้องนอน ส่วนพักผ่อน ซึ่งผู้อยู่อาศัยจะแต่งตัวด้วยเสื้อผ้าค่อนข้างเบาบาง (มีค่า Clo- Value[2] น้อย) ดังนั้นอุณหภูมิภายในบ้านจึงควรสูงกว่าปกติเล็กน้อยเพื่อความสบายและคุณภาพชีวิตที่ดี โดยเฉพาะห้องนอนต้องให้มีการไหลเวียนของอากาศค่อนข้างต่ำ และมีอุณหภูมิไม่เย็นมากนัก การควบคุมระบบปรับอากาศในบ้านจะเน้นให้มีระดับเอนทัลปีสูงสุด โดยยังคงสภาพของสภาวะน่าสบายภายในบ้านได้ ซึ่งหมายถึงจะทำให้สามารถใช้ระบบปรับอากาศภายในบ้านโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด แต่สภาวะภายในบ้านยังคงอยู่ในเขตสบาย

ระบบปรับอากาศที่จะใช้ในบ้านประหยัดพลังงานนั้น จะแตกต่างจากบ้านทั่ว ๆ ไปเนื่องจากบ้านประหยัดพลังงานมีภาระการทำความเย็นน้อยมาก ดังนั้นหากต้องการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในจุดต่าง ๆ ภายในบ้านเหมือนกับที่บ้านทั่วไปนิยมทำกันจะไม่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด เพราะแต่ละเครื่องจะมีขนาดที่น้อยมาก ด้วยเหตุนี้จึงได้ออกแบบให้ใช้ระบบท่อลม โดยเดินท่อลมไปยังทุก ๆ จุดภายในบ้านและจ่ายลมเย็นโดยเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เพียงพอกับภาระการทำความเย็นสูงสุดของบ้านเพียงจุดเดียว การติดตั้งโดยใช้ระบบนี้จะให้ความสวยงามและประหยัดเนื้อที่ใช้สอยของบ้านโดยที่ไม่ต้องมีเครื่องทำความเย็นและเครื่องระบายความร้อนให้เปลืองเนื้อที่เหมือนในระบบเก่า นอกจากนี้ ยังสามารถควบคุมการจ่ายลมเย็นไปตามส่วนของห้องที่เหมาะสมกับการใช้งานได้ดีกว่าระบบเก่าด้วย กล่าวคือ ในกรณีที่มีส่วนของบ้านที่ไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน ๆ เช่น ใน

---

[2] Clo Value คือค่าที่บอกความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม โดยค่า Clo = 1 มีค่าเทียบเท่ากับชายใส่ชุดสูททำงาน จาก Benjamin Stein and John S. Reynolds, Mechanical And Electrical Equipment For Buildings Eighth Edition, John Wiley& Sons,Inc , page 36-37.

เวลากลางคืนห้องนอนมีภาระความเย็นมากก็จะจ่ายลมมาก ส่วนห้องรับแขกไม่มีคนอยู่จะมีลมเย็นจ่ายไปในปริมาณน้อย เป็นต้น

### 2.3.4 การเลือกใช้วัสดุประเภทต่าง ๆ และคุณสมบัติของวัสดุ

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น และมีฝนตกชุก โดยมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคาร คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (Cooling Load) จากการศึกษาพบว่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2540) การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวันโดยอาศัยการหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีในยุคปัจจุบันจะเอื้ออำนวย จึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก

#### วัสดุผนังภายนอก

ในการเลือกใช้ผนังอาคารประเภทใดนั้น ต้องเลือกด้วยเหตุผลว่า ผนังภายนอกอาคารทำหน้าที่กับตัวอาคาร ได้แก่ กันความร้อน กันความชื้น กันเสียง กันไฟ ประหยัดพลังงาน และคงทนต่อแรงกระทบ และด้วยเหตุผลนี้ ทำให้สามารถเลือกผนังได้หลายชนิดสำหรับอาคารหลังหนึ่งตามเหตุผลที่ต้องการของผนังในแต่ละส่วน การเลือกใช้ผนังของบ้านประหยัดพลังงาน จึงมีหลายประเภทแตกต่างกันออกไป แต่เป็นการเลือกใช้ด้วยความเข้าใจในความต้องการและหน้าที่ของผนังแต่ละส่วน ในภาพรวมแล้วระบบผนังส่วนใหญ่ของบ้านประหยัดพลังงาน ควรมีคุณสมบัติที่เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก หรือ EIFS (Exterior Insulation and Finish Systerm) โดยมีวัสดุอื่น ๆ ผสมผสานบ้างตามเหตุผลข้างต้น เพราะผนังดังกล่าวมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถตอบสนองความต้องการในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน และมีความเหมาะสมต่อการใช้งานได้เกือบสมบูรณ์ทุกอย่าง โดยเฉพาะเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผนังที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จากการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ, 2540) เปรียบเทียบผนัง 4 ชนิด ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 10 เซนติเมตร ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 20 เซนติเมตร ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 20 เซนติเมตร ที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง และ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกชนิดที่มีโฟมหนา 3 นิ้ว (EIFS 3") พบว่ามีคุณสมบัติในด้านการประหยัดพลังงานของผนังแต่ละชนิดพอสรุปได้ดังนี้

(1) ผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว เป็นผนังที่นิยมใช้กันทั่วไป เนื่องจากทำงานง่ายและราคาถูก แต่ในแง่ของการประหยัดพลังงานจัดเป็นผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนค่อนข้างต่ำมาก อย่างไรก็ตามหากไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารก็ไม่ถึงกับสูงมากจนเกินไป แต่หากนำมาใช้เป็นผนังอาคารที่ใช้กันตามปกติทั่วไป (ซึ่งผนังจะถูกแดดบ้างไม่ถูกแดดบ้าง) พบว่าอุณหภูมิภายในอาคารจะสูงกว่าภายนอกเกือบตลอดเวลา ในแง่ของการประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง ยกเว้นจะใช้ร่วมกับวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน

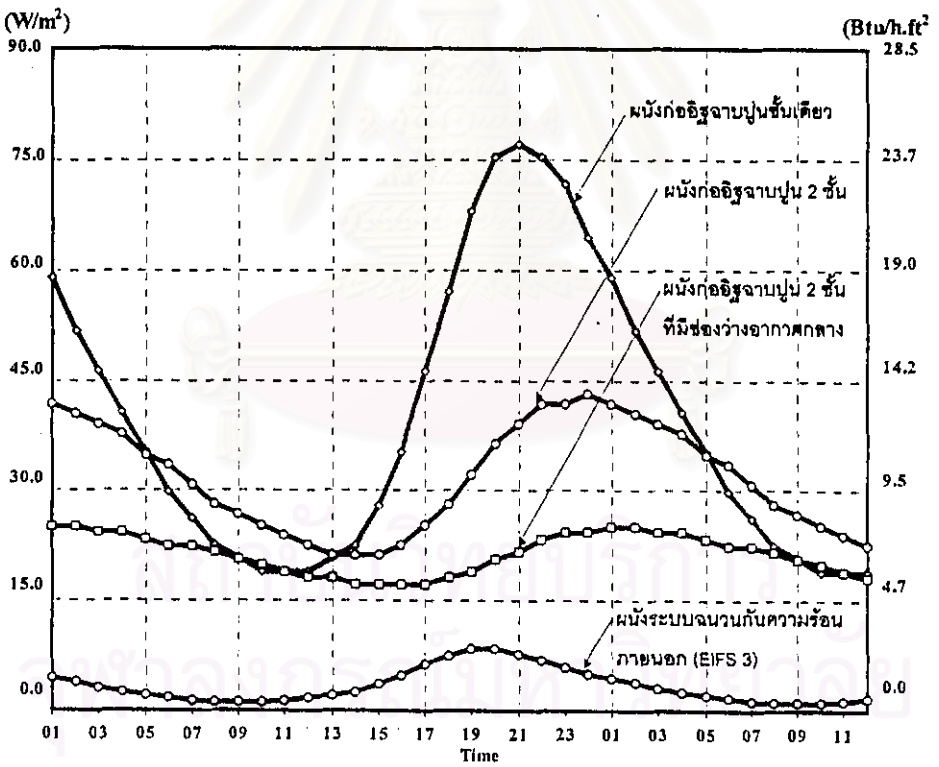
(2) ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น เป็นผนังที่จะช่วยลดปริมาณความร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้น (Peak Load) ให้กับอาคารได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนเพียงชั้นเดียว ในขณะเดียวกันผนังประเภทนี้ก็จะมีค่าการกักเก็บความร้อนมากกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว สังเกตุได้จากปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านทิศตะวันตกซึ่งมีค่าสูงกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียวในช่วงหลังเวลาเที่ยงคืนไปจนถึงรุ่งเช้า (ในทิศทางอื่นช่วงเวลาดังกล่าวอาจเปลี่ยนไปบ้าง)

(3) ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง ผนังประเภทนี้มีลักษณะคล้ายผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นแต่ป้องกันความร้อนได้ดีกว่าเนื่องจากช่องว่างอากาศระหว่างผนังจะช่วยเพิ่มค่าความเป็นฉนวนของผนัง (แต่ถ้ามีการระบายความร้อนภายในช่องว่างอากาศ อาจทำให้ประสิทธิภาพลดลงในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในผนังด้านที่ไม่โดนแดด) ผนัง (2) และ (3) ถ้าใช้ในอาคารปรับอากาศจะมีการสะสมความร้อนค่อนข้างสูง ทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าปกติในการทำความเย็นเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศใหม่ ๆ

(4) ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกชนิดที่มีโฟมหนา 3 นิ้ว เป็นผนังซึ่งมีคุณสมบัติในการกันความร้อนและความชื้นได้ดี โดยประสิทธิภาพของผนังจะแปรผันไปตามความหนาของโฟมที่ใช้ภายนอก ในที่นี้ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว ซึ่งพบว่ามีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดีในทุกทิศทาง และมีค่าการดูดซับความร้อนกับความชื้นน้อยมาก ทำให้สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้อย่างรวดเร็วเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศเนื่องจากมีค่าการสะสมความร้อนน้อย ผนังระบบนี้ยังอาจนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุอื่นที่ไม่ใช่โครงเคร่าก็ได้ เช่น คอนกรีตมวลเบา หรือผนังก่ออิฐฉาบปูน แต่ประสิทธิภาพในด้านที่เกี่ยวกับการป้องกันความร้อนและความชื้นอาจจะด้อยลงไปบ้าง (โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้านำไปใช้กับผนังก่ออิฐฉาบปูน) และมวลสารภายในอาคารก็จะเพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องใช้เวลาในการรีดความร้อนและความชื้นเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศนานขึ้น

สำหรับผนังอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วที่มีโฟมตรงกลาง ซึ่งเป็นผนังที่มีลักษณะคล้ายกับผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วที่มีช่องว่างอากาศ แต่เปลี่ยนจากช่องว่างอากาศ

ตรงกลางเป็นโฟมระหว่างผนังทั้ง 2 ชั้น ทำให้ผนังระบบนี้มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดีขึ้น แต่จะมีปัญหาในการติดตั้งหรือทำงานค่อนข้างยาก โดยเฉพาะในช่วงรอยต่อของโฟมที่ชนกันจะต้องระวังให้รอยต่อนั้นแนบสนิทกัน (Seal) ทุกด้าน และยังมีปัญหาไม่สามารถทำรอยต่อบริเวณเสาได้อีกด้วย (ถ้าสามารถทำรอยต่อได้สมบูรณ์จะทำให้ได้ค่าการกันความร้อนเท่ากับผนัง EIFS 3 นิ้ว ซึ่งเป็นตัวเลขที่ได้จากการคำนวณในเชิงทฤษฎีเท่านั้น ในการทำงานจริงไม่สามารถทำได้) ผนังชนิดนี้มีน้ำหนักและความหนามาก จึงทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ถ้าไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลานานระยะหนึ่งแล้ว เมื่อเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศอีกครั้งหนึ่ง จะต้องใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิภายในอาคารนานมาก ถ้าบ้านไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ และไม่มีความต้องการติดตั้งระบบปรับอากาศแล้ว การใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วที่มีโฟมตรงกลาง (หรือมีช่องว่างอากาศแล้วแต่ความเหมาะสม) น่าจะเป็นระบบผนังชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน เพราะผนังดังกล่าวจะทำให้มีปริมาณความร้อนที่เข้ามาในเวลากลางวันน้อยกว่าระบบอื่น ๆ ซึ่งเปรียบเทียบได้จากการประยุกต์ใช้ในผนังของโบสถ์ไทยโบราณ แต่ถ้ามีระบบปรับอากาศ จะทำให้มีการสูญเสียพลังงานในการรีดเอาความร้อนและความชื้นออกจากผนังอาคารเป็นจำนวนมาก




แผนภูมิ 2-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังทึบแต่ละประเภทเข้ามาภายในอาคารทางผนังด้านทิศตะวันตกในเดือนเมษายน (ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

## คุณสมบัติของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)

ถ้าต้องการให้มีการสะสมความร้อนในผนังน้อยที่สุดแล้ว ผนังระบบระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก หรือ EIFS (Exterior Insulation and Finish System) น่าจะเป็นระบบที่น่าสนใจที่สุดอันหนึ่ง เพราะมีการใช้ฉนวนประเภทโฟม และระบบเคลือบกันความเสียหายจากความร้อนและความชื้นด้านนอกอาคารไว้โดยรอบ และยังมีน้ำหนักเบา ทำให้ทำงานได้ง่าย จุดเด่นของระบบผนัง EIFS คือ เมื่อนำไปใช้กับผนังภายนอกอาคารแล้ว จะสามารถป้องกันการแตกร้าวได้ดีมาก อีกทั้งวัสดุที่ใช้เคลือบภายนอกก็เป็นสารผสมทรายที่กันรังสีอุลตร้าไวโอเล็ต (UV)ได้ดี กับมีสารบางตัวซึ่งทำหน้าที่ป้องกันผนังจากรอยร้าวและความชื้น ทำให้ผนังมีสภาพคงทนสวยงาม ถ้าเลือกใช้ระบบผนัง EIFS จำเป็นต้องมีแผ่นยิบซั่มร่วมอยู่ในระบบด้วย เพื่อทำหน้าที่ป้องกันไฟ (Fire Protection) ให้กับโครงสร้างทั้ง 2 ด้าน โดยผนังยิบซั่มภายในเป็นวัสดุที่สามารถตกแต่งเพื่อความสวยงามได้ง่าย ระบบที่ใช้จึงเป็นโครงสร้างเหล็กที่ประกบด้วยแผ่นยิบซั่มทั้ง 2 ด้าน ทำให้กลายเป็นระบบที่สามารถกันร้อน กันชื้น กันเสียง และกันไฟได้ (การกันเสียงจากภายนอกได้ดีของระบบ EIFS เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถห่อหุ้มอาคารได้อย่างสมบูรณ์ โดยเสียงจากภายนอกจะผ่านเข้ามาได้น้อยมาก)

ผนังระบบ EIFS คือ ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนไว้ภายนอกอาคาร และมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดีหรือ มีค่า R - Value สูง
- ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนต่ำ (Low Thermal Capacity )
- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ดี เพราะวัสดุภายนอกเป็นเซลปิด (Close Cell)
- ผนังระบบนี้สามารถทำงานได้รวดเร็ว เพราะส่วนประกอบของผนังระบบนี้ส่วนใหญ่เป็นวัสดุสำเร็จรูป จึงช่วยลดการสูญเสียทั้งเวลาและพลังงานในการก่อสร้าง
- แข็งแรงทนทาน ทนต่อการทะลุทะลวง
- สีภายนอกทนทาน ไม่เกิดการแตกร้าวลายงานหรือผุกร่อนจากรังสีอุลตร้าไวโอเล็ต (UV) ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
- สามารถฉาบผิวทับทาสีใหม่ กรีดหรือทุบออกได้โดยไม่ทำลายโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากโครงสร้างเหล็กรับน้ำหนักอยู่ภายใน
- สามารถกระจายน้ำหนักหากเกิดแผ่นดินไหว หรือมีกระแสลมแรง ๆ เพราะองค์ประกอบของอาคารสามารถป้องกันแรงลมได้มากกว่า 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

**การป้องกันการควบแน่นของหยดน้ำในผนัง**

จากการศึกษาถึงแนวโน้มในการเกิดการควบแน่นของหยดน้ำ (Condensation) ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทยพบว่าอุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (Dew Point) อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง หมายความว่า โอกาสที่จะเกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังอาคารก็จะสูงตามไปด้วย จากการวิเคราะห์ข้อมูลจริงของสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2538 (1995) พบว่าการควบแน่นของหยดน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียสมีจำนวน 27.65 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสขึ้นไปมีจำนวนชั่วโมงสูงถึง 18.68 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงว่าการป้องกันความชื้นในผนังกรณีที่มีการปรับอากาศภายในอาคารที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหาการควบแน่นของหยดน้ำในผนังค่อนข้างสูงหากอาคารนั้นมีการปรับอากาศเป็นระยะเวลายาวนาน ปัญหาการควบแน่นดังกล่าวเป็นสาเหตุหนึ่งในการทำลายประสิทธิภาพของฉนวนในผนังโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับฉนวนที่มีการดูดซับความชื้นสูง ในกรณีของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก หรือ EIFS จุดที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนัง EIFS ซึ่งเป็นผนังที่มีโฟม EPS ห่อหุ้มอยู่ภายนอกและมีระบบเคลือบผิวภายนอกเพื่อป้องกันความชื้นจะพบว่าจุดที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำจะเกิดขึ้นในบริเวณส่วนกลางของโฟมที่หุ้มอยู่ภายนอกผนัง แต่เนื่องจาก EPS โฟมและระบบผนังดังกล่าวมีความสามารถในการป้องกันความชื้นได้อย่างค่อนข้างสมบูรณ์การควบแน่นของหยดน้ำที่เกิดขึ้นจึงไม่เป็นปัญหาสำหรับระบบผนังแบบนี้

เมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังอื่น ๆ ตัวอย่างเช่นผนังก่ออิฐหรือผนังชนิดอื่นที่มีการติดตั้งฉนวนภายในอาคาร จุดที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วอยู่ภายในอาคารจะพบว่า บริเวณที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำจะอยู่ภายในเนื้อฉนวนที่อยู่ในอาคารถัดจากผนังชั้นนอกเข้ามา การป้องกันความชื้นจึงต้องอยู่ระหว่างผนังก่ออิฐกับฉนวนซึ่งทำได้ยากในเชิงปฏิบัติ แนวโน้มที่จะเกิดปัญหาการควบแน่นของหยดน้ำในเนื้อของวัสดุฉนวนซึ่งจะทำลายประสิทธิภาพของฉนวนเนื่องจากมีความชื้นสะสมอยู่ภายในจึงอาจเกิดขึ้นได้ง่ายเพราะระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังที่ไม่สามารถป้องกันการทะลุทะลวงของความชื้นได้ดีนัก ทางแก้ปัญหาวิธีหนึ่งอาจทำได้โดยการทาสีภายนอกเพื่ออุดรอยต่อหรือรอยรั่วที่อาจเป็นสาเหตุให้ความชื้นจากภายนอกทะลุทะลวงผ่านผนังเข้ามาภายในอาคารแต่ในทางปฏิบัติทำได้ค่อนข้างยากยกเว้นแต่จะต้องทาสีบ่อยครั้ง หรืออาจเว้นช่องว่างระหว่างผนังอิฐกับฉนวนโดยมีระบบกันความชื้นที่ฉนวนซึ่งก็ทำได้ไม่ง่ายนักในเชิงปฏิบัติเช่นเดียวกัน

**วัสดุพื้น**

ในกรณีของบ้านที่มีสภาพแวดล้อมภายนอกที่ดี หรือมีสภาพภูมิอากาศ (Climate Temperature) ที่เย็นแล้ว การเลือกใช้วัสดุพื้นก็สามารถใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นตัวนำที่ดี (Conductor) เช่น หินอ่อน แกรนิต หรือกระเบื้องได้ เพื่อช่วยนำความเย็นจากดินเข้ามาภายในบ้าน แต่ต้องมีระบบป้องกันความชื้นที่ดี บ้านประหยัดพลังงานหลังนี้ได้เลือกใช้กระเบื้องเคลือบเป็นวัสดุพื้นภายในและภายนอกอาคาร โดยการกันความชื้นของบ้านจะใช้วิธีการระบายน้ำในระดับคานคอดิน และใช้ระบบป้องกันความชื้นทาเคลือบผิวพื้นทั้งหมด (โดยเฉพาะด้านล่างจะป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด) ถ้าบริเวณบ้านโดยรอบมีการปรับแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม และมีอุณหภูมิดินที่เย็นแล้ว เราก็จะสามารถเลือกใช้วัสดุปูพื้นที่ดึงเอาความเย็นจากดินมาใช้ในบ้าน ทำให้ผิวของพื้นบ้านมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกายของเรา และเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อม ทำให้เรารู้สึกเย็นกว่าปกติ ซึ่งเป็นการใช้เทคนิคของการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวคนกับสภาพแวดล้อม หรือ MRT Effect เพราะถ้าอุณหภูมิรอบข้างโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผิวกาย 1 องศาเซลเซียส เราจะรู้สึกเย็นกว่าปกติ 1.4 องศาเซลเซียส และเป็นเทคนิคของการทำผิวของสภาพแวดล้อมให้เย็นนี้ เป็นเอกลักษณ์ที่พบได้ในสถาปัตยกรรมไทย เช่น พื้นใต้ถุนบ้าน พื้นโบสถ์

วัสดุพื้นชนิดอื่น ๆ ก็สามารถนำมาใช้ในบ้านได้ ถ้ามีความเข้าใจในคุณสมบัติของวัสดุ และนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เช่น

- ไม้ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนในระดับหนึ่ง ซึ่งถ้านำมาใช้กับพื้นชั้นล่างจะลดค่าการนำความร้อนจากดินลงไปมาก ทำให้สูญเสียความรู้สึกเย็นจากสภาพแวดล้อมลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หินชนิดต่าง ๆ
- หินแกรนิต มีความคงทนแต่ให้ความรู้สึกที่แข็งกระด้างเหมาะกับการใช้งานบริเวณพื้นนอกบ้าน
- หินอ่อน ให้ความรู้สึกที่นุ่มนวลกว่าแกรนิต แต่ดูแลรักษายาก
- กระเบื้องเคลือบ มีความคงทน และดูแลรักษาง่าย แต่ดูด้อยค่ากว่าหินธรรมชาติ

**ระบบกันความร้อนของหลังคา**

ในการพิจารณาเรื่องความสามารถในการกันความร้อนของระบบหลังคาโดยรวมนั้น ต้องอาศัยความเข้าใจถึง ระบบการถ่ายเทอากาศที่สมบูรณ์ภายใต้ผิวหลังคา สิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบระบบกันความร้อนในส่วนของหลังคาคือ การทำให้มีอุณหภูมิบริเวณเหนือผิวหลังคามีค่าค่อนข้างสูง (ร้อนมาก ๆ ) เพื่อเป็นการป้องกันนก หนู หรือแมลงต่าง ๆ เข้ามาอาศัยอยู่ภายใต้หลังคา

เหนือฝ้าเพดาน แต่ต้องคำนึงถึงการระบายอากาศภายใต้หลังคาด้วย และในระดับต่ำจากผิวหลังคาลงมาต้องมีระบบฉนวน เพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้เข้ามาภายในอาคารได้อย่างสมบูรณ์

**การเลือกใช้กระจก**

ในการออกแบบอาคารทั่ว ๆ ไปนั้น มักจะไม่มีการคำนึงถึงปัญหาที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกระจกที่ร้อนไปยังผู้ใช้อาคาร เนื่องจากกระจกเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่ดี จึงสามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้มาก ส่งผลให้มีปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารมากตามไปด้วย แต่การนำกระจกมาใช้ในอาคารก็มีข้อดีในเรื่องการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ ดังนั้นในการเลือกใช้กระจกจึงควรใช้กระจกที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารให้ได้มากที่สุด ในขณะเดียวกันก็ต้องยอมให้ความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยที่สุดด้วย

**วัสดุฝ้าเพดานระหว่างชั้นและฝ้าหลังคา**

สำหรับฝ้าหลังคามีการเพิ่มความหนาและเพิ่มฉนวนให้กับหลังคา เพื่อทำให้ช่องว่างใต้หลังคาร้อนที่สุดในช่วงวันที่มีแดดจัดและไม่มีลม ถึงแม้จะมีการระบายอากาศใต้หลังคาที่ดีก็ตาม จะพบว่าการทำให้หลังคาร้อนเช่นนี้ทำให้แมลงและสัตว์ต่าง ๆ ไม่สามารถอยู่อาศัยใต้หลังคาได้ ในขณะเดียวกันระบบฉนวนของหลังคาจะนำมาใช้เหนือพื้นที่ห้องซึ่งเป็นส่วนใช้งานของอาคาร โดยเพิ่มปริมาณฉนวนให้เพียงพอต่อการสกัดกั้นความร้อนที่จะทะลุผ่านหลังคาเข้ามาภายในตัวบ้าน จากการวิจัยพบว่าการใช้ฉนวนบาง ๆ หรืออลูมินั่มฟลอยด์ใต้หลังคาเพื่อสกัดกั้นความร้อนจากหลังคา ในขณะที่เหนือพื้นที่ใช้งานในอาคารไม่มีฉนวนที่ดี เพื่อป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่ตัวห้องอีกชั้นหนึ่งนั้นไม่เป็นการเพียงพอเนื่องจากความร้อนใต้หลังคายังมีปริมาณมาก กับทั้งบริเวณเหนือฝ้ายังไม่ร้อนเพียงพอที่จะกำจัดแมลงหรือสัตว์ต่าง ๆ ทำให้ภายใต้หลังคาของบ้านหลาย ๆ หลังกลายเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงและหนู

### 2.3.5 การเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน คือ อุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศก็หมายถึง เครื่องปรับอากาศที่ทำความเย็นได้มากโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ถ้าเป็นระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หมายถึง คุณภาพของหลอดไฟที่สามารถผลิตแสงสว่างได้มากโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย และถ้าเป็นตู้เย็น หมายถึง ตู้เย็นที่สามารถควบคุมความเย็น

| ชนิดของหลอด | ลูเมนต่อวัตต์ | รายละเอียดและการใช้งาน |
|---|---|---|
| หลอด T-5[4] | 96 - 104 | ใช้งานทั่วไปและในพื้นที่สำนักงาน จัดเป็นหลอดไฟในตระกูลฟลูออเรสเซน ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก |
| แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) | 110 | แสงชนิดนี้ควบคุมยาก และมีความเข้มของการส่องสว่างสูงจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ใช้ในพื้นที่ที่ต้องใช้งานอย่างจริงจัง ไม่แนะนำให้ใช้กับภายในอาคาร แต่สามารถนำมาใช้เน้นในบางส่วนของอาคารได้ |
| แสงเหนือ หรือแสงกระจายจากท้องฟ้า (Indirect Light) | 140 | เป็นแสงที่เหมาะอย่างยิ่งกับการใช้งานในอาคาร เพราะจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากได้ทั้งการประหยัดพลังงานและคุณภาพของแสงที่ดีกว่า |

(ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

การเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันในบ้านประหยัดพลังงาน มีดังนี้

ในการใช้แสงสว่างภายในอาคารสำหรับตอนกลางวัน ควรจะใช้แสงจากธรรมชาติทั้งหมด สำหรับการเลือกใช้หลอดไฟควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนท์ขนาดตั้งแต่ 20-40 วัตต์ เพื่อให้แสงสว่างและเลือกใช้โคมไฟแบบ Down Light เพื่อกำหนดจุดความสว่างตามพื้นที่ต่าง ๆ ในจุดที่ต้องการความสว่างเฉพาะจุด โดยมี Reflector ที่สามารถกระจายแสงได้อย่างทั่วถึง

การเลือกใช้ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ ควรเลือกใช้ชนิดที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด ถ้าเป็นไปได้ตำแหน่งการจัดวางตู้เย็นควรจัดวางไว้นอกบ้าน เพื่อไม่ให้ความร้อนจากเครื่องเข้าสู่ภายในบ้าน อันจะส่งผลถึงการเป็นภาระในการทำความเย็นให้แก่เครื่องปรับอากาศ ส่วนของเครื่องปรับอากาศที่จะต้องมีการซ่อมบำรุงจะอยู่ภายนอกบ้าน เพื่อความสะดวกและปลอดภัย

### 2.3.6 เทคนิคการก่อสร้าง

ในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง (Thermal Inertia)

---

[4] หลอด T-5 เป็นหลอดไฟรุ่นใหม่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเล็กมาก และมีอุณหภูมิผิวหลอดสูงเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย สามารถให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส (ใช้ในอาคารอนุรักษ์พลังงานฯ)

| ชนิดของหลอด | ลูเมนต่อวัตต์ | รายละเอียดและการใช้งาน |
|---|---|---|
| หลอด T-5[4] | 96 - 104 | ใช้งานทั่วไปและในพื้นที่สำนักงาน จัดเป็นหลอดไฟในตระกูลฟลูออเรสเซน ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก |
| แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) | 110 | แสงชนิดนี้ควบคุมยาก และมีความเข้มของการส่องสว่างสูงจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ใช้ในพื้นที่ที่ต้องใช้งานอย่างจริงจัง ไม่แนะนำให้ใช้กับภายในอาคาร แต่สามารถนำมาใช้เน้นในบางส่วนของอาคารได้ |
| แสงเหนือ หรือแสงกระจายจากท้องฟ้า (Indirect Light) | 140 | เป็นแสงที่เหมาะอย่างยิ่งกับการใช้งานในอาคาร เพราะจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากได้ทั้งการประหยัดพลังงานและคุณภาพของแสงที่ดีกว่า |

(ที่มา : จากหนังสือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

การเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันในบ้านประหยัดพลังงาน มีดังนี้

ในการใช้แสงสว่างภายในอาคารสำหรับตอนกลางวัน ควรจะใช้แสงจากธรรมชาติทั้งหมด สำหรับการเลือกใช้หลอดไฟควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนท์ขนาดตั้งแต่ 20-40 วัตต์ เพื่อให้แสงสว่างและเลือกใช้โคมไฟแบบ Down Light เพื่อกำหนดจุดความสว่างตามพื้นที่ต่าง ๆ ในจุดที่ต้องการความสว่างเฉพาะจุด โดยมี Reflector ที่สามารถกระจายแสงได้อย่างทั่วถึง

การเลือกใช้ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ ควรเลือกใช้ชนิดที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด ถ้าเป็นไปได้ตำแหน่งการจัดวางตู้เย็นควรจัดวางไว้นอกบ้าน เพื่อไม่ให้ความร้อนจากเครื่องเข้าสู่ภายในบ้าน อันจะส่งผลถึงการเป็นภาระในการทำความเย็นให้แก่เครื่องปรับอากาศ ส่วนของเครื่องปรับอากาศที่จะต้องมีการซ่อมบำรุงจะอยู่ภายนอกบ้าน เพื่อความสะดวกและปลอดภัย

### 2.3.6 เทคนิคการก่อสร้าง

ในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง (Thermal Inertia)

---

[4]หลอด T-5 เป็นหลอดไฟรุ่นใหม่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเล็กมาก และมีอุณหภูมิผิวหลอดสูงเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย สามารถให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส (ใช้ในอาคารอนุรักษ์พลังงานฯ)

2. การป้องกันความชื้นให้กับโครงสร้างและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร
3. การเลือกระบบที่จะลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำ (Condensation) ภายในผนังและโครงสร้าง
4. การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน (Thermal Bridge)
5. การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับระบบกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง

**การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง** (Thermal Inertia)

ระบบโครงสร้างที่เลือกใช้เน้นการใช้โครงสร้างที่มีมวลสารน้อย เพื่อลดการดูดซับความร้อนและความชื้นภายในอาคาร อย่างไรก็ตามยังมีบางส่วนที่จำเป็นต้องใช้ระบบโครงสร้างที่มีมวลสารมาก เช่น ในส่วนของคานชั้นล่าง แต่องค์ประกอบที่เหลือทั้งหมดเป็นระบบที่มีมวลสารน้อยกว่าปกติ การใช้ระบบนี้ทำให้มวลสารในส่วนที่เป็นพื้นมีค่าการดูดซับความร้อนและความชื้นประมาณ 50% ของอาคารทั่วไปเพราะมีพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนาเพียง 3 นิ้ว สำหรับในส่วนที่เป็นผนังทั้งในส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกและผนังภายในอาคารใช้ระบบผนังเบาตลอดทุกส่วน

ด้วยเหตุที่ระบบโครงสร้างมีการสะสมความร้อนน้อย จึงช่วยลดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศไปได้มาก สำหรับทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ เพราะช่วยลดพลังงานในการรีดความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารของบ้าน อย่างไรก็ตามข้อเสียของระบบนี้คือ หากมีแดดเข้ามาภายในบ้านจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงขึ้นกว่าปกติ แต่ในกรณีของบ้านหลังนี้ได้ออกแบบป้องกันแสงแดดโดยตรง (Direct Sun) ไม่ให้เข้ามาภายในบ้านในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.ถึง 16.00 น. ดังนั้นอิทธิพลที่จะเกิดจากแสงแดดในกรณีดังกล่าวจึงไม่ปรากฏ ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบโครงสร้างพื้นที่มีความหนาของคอนกรีตเพียง 3 นิ้ว ก็คือ การลดน้ำหนักของอาคาร (Dead Load) ให้กับส่วนระเบียงที่ยื่นออกไปจากตัวอาคาร ทำให้สามารถออกแบบให้มีส่วนยื่นออกไปได้มากเป็นพิเศษ เพื่อการกันแดดกันฝนโดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของโครงสร้าง กล่าวโดยสรุปก็คือ การใช้ระบบโครงสร้างแบบนี้ทำให้น้ำหนักของอาคารทั้งหลังเหลือเพียงประมาณ 30% เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป

**การป้องกันความชื้นให้กับโครงสร้างและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร**

ในการออกแบบโครงสร้างทั้งหมดได้ใช้ระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอก ทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนักและส่วนที่เป็นคานของชั้นล่าง โดยเลือกระบบที่ห่อหุ้มภายนอกด้วยระบบโฟมอีพีเอส (EPS) หนา 3 นิ้วชนิดที่มีสารกันไฟลาม (Expanded Polystyrene) และไม่มีสาร CFC ในการผลิต จึงเป็นระบบที่ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม และในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ก็จะหลอม

ตัว และหยดเหมือนเทียนไขที่ถูกห่อหุ้มด้วยตาข่ายไฟเบอร์กลาส ระบบผนังดังกล่าวได้ยื่นเลยไปถึงระดับใต้คานคอดินที่อยู่ต่ำจากพื้นดิน 60 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร ทั้งนี้เพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากผิวดินชั้นบน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสูงให้กับระบบพื้น และผนังชั้นล่างที่มีการสัมผัสดิน

**การเลือกระบบที่จะลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำภายในผนังและโครงสร้าง**

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จะพบว่าเมื่อมีการปรับอากาศภายในอาคารระดับความชื้นภายในอาคารจะต่ำกว่าภายนอกมาก ด้วยเหตุนี้เมื่อภายในอาคารถูกปรับอากาศให้เย็นลง จะพบว่าจุดควบแน่น (Condensation) ของหยดน้ำจะอยู่ในผนังส่วนที่เป็นฉนวนกันความร้อน แต่เนื่องจากผนังโฟมที่นำมาใช้มีความสามารถในการต่อต้านความชื้นได้ดี การควบแน่นที่จะเกิดขึ้นในเนื้อโฟมจะไม่เป็นอันตรายกับโฟม หากมีความชื้นเล็ดลอดเข้ามาข้างใน บางครั้งก็จะกลายเป็นไอระเหยออกสู่ภายนอกเมื่อโดนแดด ด้วยเหตุที่ผนังดังกล่าวเป็นผนังที่ยอมให้ไอน้ำทะลุทะลวงผ่านไปได้บ้าง ระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอกที่เลือกมาใช้นี้ จึงนับว่าเป็นระบบที่เหมาะสมกับเมืองที่มีอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย อนึ่งวัสดุที่ใช้ฉาบผิวภายนอกของระบบนี้เป็นไฟเบอร์กลาสที่ฉาบทับชั้นนอกด้วยเนื้อสีผสมผสมเม็ดทรายซึ่งหนา 1 มิลลิเมตร ทำให้ช่วยสกัดกั้นทั้งรังสี UV และกันน้ำได้อย่างสมบูรณ์ กับทั้งจะช่วยลดการยืด-หดตัวให้กับโครงสร้างได้อย่างดีเยี่ยม ด้วยเหตุที่ตัวโครงสร้างทั้งหมดถูกห่อหุ้มด้วยโฟม ทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโครงสร้างมีความแตกต่างในแต่ละฤดูกาลไม่ถึง 2°C ซึ่งช่วยลดการแตกร้าวของรอยต่อต่าง ๆ ภายในอาคาร ด้วยเหตุที่โครงสร้างมีการขยายตัวและหดตัวเนื่องจากความร้อนน้อยมาก

ข้อดีอื่นของระบบโครงสร้างที่นำมาใช้ในบ้านหลังนี้ก็คือ ความสามารถในการทำงานได้รวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาหล่อเสา-คานซึ่งเสียเวลามาก ประกอบกับการก่อสร้างเป็นแบบแห้งทั้งหมด ทำให้ลดเวลาในการก่อสร้างได้เกือบเท่าตัว และโครงสร้างดังกล่าวยังทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหวได้เป็นอย่างดีอีกด้วย บ้านหลังนี้ได้ออกแบบให้สามารถรับอิทธิพลจากแรงลมได้มากกว่าบ้านทั่วไปกว่าเท่าตัว ส่วนปัญหาที่มีผู้เกรงว่าโครงสร้างจะเป็นสนิมนั้น คงยากที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากเหล็กที่มีความหนาเพียงพอ (ในกรณีนี้ใช้ความหนาเหล็ก 2.3 มิลลิเมตร) เมื่อมีการป้องกันความชื้นอย่างสมบูรณ์ จากการวิจัยพบว่าจะคงทนทานอยู่ได้มากกว่า 100 ปี ระบบดังกล่าวจึงจัดว่าเป็นระบบที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นได้เป็นอย่างดีระบบหนึ่ง

**การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน** (Thermal Bridge)

ส่วนที่เป็นเสา-คาน และโครงสร้างหลักของอาคารทั้งหมด ตลอดจนผนังทั้งหมด ได้ถูกห่อหุ้มด้วยโฟมอีพีเอสดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นการลดกั้นความร้อนจากเสา-คาน และส่วนยื่นของอาคารได้อย่างสมบูรณ์ (ระบบนี้แตกต่างกับการใช้ฉนวนที่ติดตั้งภายใน ซึ่งจะกันความร้อนได้เฉพาะในช่องว่างระหว่างเสากับคานเท่านั้น) ความจำเป็นในเรื่องการลดสะพานความร้อนนี้เป็นเรื่องสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารที่สร้างในประเทศไทย ด้วยเหตุนี้ระบบเสา-คานที่สร้างในบ้านเรามีพื้นที่เสาและคานที่สัมผัสกับอากาศภายนอกอยู่มาก และด้วยเหตุที่โครงสร้าง ค.ส.ล.เป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง จึงเป็นจุดอ่อนของสะพานความร้อนที่ถูกเหนี่ยวนำจากอุณหภูมิภายนอกที่ร้อนกว่าเข้าสู่ตัวบ้านโดยยากที่จะสกัดกั้น ด้วยเหตุนี้ระบบการกันความร้อนและความชื้นภายนอก (EIFS) จึงสามารถแก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้อย่างสมบูรณ์

**การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับระบบกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง**

สำหรับบ้านประหยัดพลังงานหลังนี้ ได้เลือกใช้โครงสร้างที่เป็นระบบผสมผสานระหว่างระบบเสา-คาน และระบบผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing System) โดยในชั้นล่างของอาคารเป็นระบบเสา-คาน ได้ทำการก่อสร้างพิเศษโดยมีระบบการกันความชื้นให้กับพื้นและผนังอาคาร และประยุกต์ระบบคานยื่นของส่วนระเบียงชั้นบนมาทำหน้าที่กันแดด และปกคลุมพื้นที่ชั้นล่างจากแดดและฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนหน้าของอาคาร มีการยื่นระเบียงออกมาถึง 3 เมตร เพื่อทำหน้าที่กันแดดและฝนให้กับเฉลียงชั้นล่าง และยังกันแดดให้กับหน้ากระจกด้านหน้าของอาคารอีกด้วย ส่วนด้านทิศตะวันตก ออกแบบให้มีที่จอดรถเป็นส่วนปกป้องแดดให้กับตัวอาคาร ส่วนยื่นด้านอื่น ๆ เป็นไปตามความเหมาะสม โดยเน้นการกันแดดในช่วงตั้งแต่ 8.00 น.ถึง 16.00 น. ให้กับหน้าต่างและผนังกระจกทุก ๆ ด้านของอาคารตลอดทั้งปี ในส่วนชั้น 2 และชั้น 3 ของอาคาร เป็นโครงสร้างผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนักตลอดทั้ง 2 ชั้น โครงคร่าวเหล็กดังกล่าวประกบทั้งด้านนอกและด้านในด้วยยิปซั่มกันไฟ และมีระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอกอีกชั้นหนึ่ง ส่วนอุปกรณ์กันแดด ( Shading Devices ) ได้ออกแบบโดยการผสมผสานโครงสร้างกับส่วนยื่นเข้าด้วยกัน โดยยึดระบบกันแดดเข้ากับผนังโครงสร้างเหล็ก ทำให้การทำงานของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

## 2.4 เทคนิคของการวัด

การวัด เป็นการวัดตัวแปรของการวิจัยในสิ่งที่ต้องการวัด มิฉะนั้นผลของการวิจัยที่วัดไม่ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด ก็จะไร้ความหาย ผลการวิจัยจะไม่มีประโยชน์ เพราะการวิจัยไม่ได้วัดในสิ่งที่ต้องการ การวัดจึงเป็นสิ่งที่ต้อศึกษาหลักของการวัดเพื่อที่จะได้บางรายละเอียดและเรื่องราวต่าง ๆ ของการวัด เพื่อจะได้ดำเนินการวิจัยได้ถูกต้องน่าเชื่อถือได้ ทั้งที่เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ

การวัดมีความอยู่ 2 มิติ การวัดในเชิงปริมาณ หมายถึง กระบวนการของการแปรสภาพจากแนวความคิดหรือทฤษฎีหรือตัวแปร ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม ให้เป็นข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติทั้งเชิงปริมาณหรือคุณภาพ การวัดจึงสามารถที่จะแปรรูปหรือแปรสภาพแนวความคิดตัวแปรให้เป็นข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ ทั้งที่เป็นปริมาณและคุณภาพตามความเหมาะสมกับเรื่องของการวิจัย

การวัดในเชิงคุณภาพ หมายถึง กระบวนการศึกษาหาความจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยวิธีการหาความจริงอย่างธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาซึ่งความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้อย่างมีคุณภาพตามความเหมาะสมของเนื้อหาสาระในเรื่องที่ศึกษานั้น การวัดในการวิจัยเชิงคุณภาพจึงเป็นการวัดในเนื้อหาสาระที่ได้อย่างแท้จริงดังนั้นการวัดในเชิงคุณภาพจึงมีลักษณะเฉพาะที่เป็นการบรรยายหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาอย่างละเอียด โดยไม่จำเป็นที่จะแปรสภาพเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

### 2.4.1 ประโยชน์ของการวัด

ความหมายของการวัดและความสำคัญของการวัดตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ทำให้เราอาจกล่าวได้ว่าการวัดนั้นมีประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก อาจกล่าวได้ว่าประโยชน์ของการวัดนั้นทำให้นักวิจัยสามารถในการเปรียบเทียบผลของการวิจัย ความสามารถในการควบคุมสิ่งที่ต้องการศึกษา ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติความสามารถในกการค้นหาความจริง และความสามารถในการสรุปความเที่ยงตรง

1. ความสามารถในการเปรียบเทียบผลของการวิจัย เมื่อแนวความคิดหรือตัวแปรได้แปรสภาพเป็นข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติ จึงเป็นการสะดวกที่นักวิจัยสามารถที่จะเปรียบเทียบ

ผลของการศึกษากับการวิจัยของผู้อื่นที่ได้ใช้การวัดแบบเดียวกัน ทำให้ได้ประโยชน์และความรู้เพิ่มเติมการสร้างแนวความคิดหรือทฤษฎีใหม่ ๆ

2. ความสามารถในการควบคุมสิ่งที่ต้องการศึกษา การวัดในเชิงปริมาณมีลักษณะพิเศษที่ได้กำหนดการวัดต่าง ๆ ที่สามารถนำไปวิเคราะห์ ทางสถิติ จึงสิ่งที่นักวิจัยสามารถในการควบคุมในสิ่งที่ต้องการและไม่ต้องการ เพื่อให้การวัดมีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การวัดในเชิงปริมาณโดยธรรมชาติเป็นการแปรสภาพข้อมูลทางสถิติ จึงมีประโยชน์ต่อการนำสถิติต่าง ๆ มาวิเคราะห์ได้ตามความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้ใช้การวัดตามมาตราต่าง ๆ

4. ความสามารถในการค้นหาความจริง การวัดในเชิงคุณภาพโดยธรรมชาติของการศึกษาหาข้อมูลเชิงคุณภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องการวัดอย่างละเอียดและใช้เวลานาน จึงเป็นการค้นหาความจริงที่เหมาะสมกับลักษณะและธรรมชาติของข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อที่ทำให้ได้ข้อมูลที่เที่ยงตรงและเชื่อถือได้ และผลของการวิจัยจะมีคุณภาพ

5. ความสามารถในการสรุปความเที่ยงตรง การวัดในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพต่างมีลักษณะพิเศษตามธรรมชาติของข้อมูล และตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เมื่อมีการใช้การวัดที่เหมาะสมก็จะทำให้สามารถสรุปผลของการวิจัยอย่างเที่ยงตรง

### 2.4.2 ระดับของการวัด

ระดับของการวัดในการวิจัยสามารถที่จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภทด้วยกัน กล่าวคือ การวัดแบบมาตรานาม (Nominal Scale) เป็นการวัดแบบแบ่งกลุ่ม โดยการให้ชื่อเกี่ยวกับการความคิดหรือตัวแปรในเรื่องที่ศึกษา เป็นวิธีการวัดที่ง่ายที่สุด โดยการกำหนดหลักเกณฑ์กว้าง ๆ ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา แบ่งเป็นกลุ่มหรือประเภทตามข้อมูลในลักษณะที่เป็นตัวแปรคุณภาพ ถ้าวัดแล้วมีคุณสมบัติหรือเกณฑ์เหมือนกันก็จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน การวัดในลักษณะที่กล่าวนี้เป็นการสังเกตพฤติกรรมที่เปิดเผยและไม่เปิดเผย ที่ให้ได้มาในสิ่งที่วัดนั้น เช่น การแบ่งกลุ่มคนไทยใช้เพศเป็นเกณฑ์ก็จะเป็นกลุ่มเพศชายและเพศหญิง ซึ่งการวัดดังกล่าวเพียงแต่การสังเกตลักษณะพฤติกรรมทางร่างกายก็สามารถที่จะวัดได้ว่าเป็นเพศใด

คุณสมบัติของการวัดแบบมาตรานามนี้ คือ ความเท่าเทียมกัน (equivalence) ของแต่ละกลุ่มหรือประเภท โดยมีคุณค่า เนื้อหาสาระ และคุณสมบัติเท่าเทียมกัน เช่น เพศชาย กับเพศหญิง ไม่มีเพศใดเหนือกว่าเพศใด แต่ละเพศมีลักษณะเอกลักษณ์ของมันเอง การกำหนดคุณสมบัตินี้ยังมี

ประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่เหมาะสม ได้แก่ ความถี่ อัตราส่วนร้อย ฐานนิยม การทดสอบแบบไคสแควร์ เป็นต้น

การวัดแบบมาตราเชิงอันดับ (Ordinal Scale) เป็นการวัดตัวแปรคุณภาพ ซึ่งสามารถจัดเป็นอันดับสูง กลาง ต่ำ ได้ โดยการแบ่งแยกออกเป็นกลุ่มหรือประเภทอย่างเท่าเทียมกัน ที่สามารถจัดอันดับอัตราความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ การวัดแบบนี้ใช้แนวความคิดที่ว่าด้วย มากกว่า น้อยกว่า เป็นหลักสำคัญ ได้แก่ อาชีพที่มีเกียรติตามลำดับ คือ ข้าราชการ พ่อค้า เกษตรกร คนงาน อีกตัวอย่าง คือ การชอบอาหารเผ็ดจัด ชอบมาก ชอบปานกลาง ชอบน้อย จากตัวอย่างเราอาจเห็นได้ว่า การจัดกลุ่มอันดับนั้นเพื่อเรียงลำดับโดยอาศัยเกณฑ์ เกณฑ์หนึ่ง ได้แก่ การเรียงลำดับตามความสูงต่ำ ความสวย ความฉลาด และความชอบ เป็นต้น

คุณสมบัติที่สำคัญของมาตราวัดแบบอันดับ คือ การเรียงลำดับโดยอาศัยเกณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้น ทำให้สามารถบอกได้ถึงคุณสมบัติที่แตกต่างกันในเชิงคุณลักษณะ แต่ไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบปริมาณของความแตกต่างในแต่ละอันดับเท่านั้น ทำให้ไม่ทราบความห่างหรือความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือประเภทเหล่านั้น เช่น ไม่สามารถที่จะกล่าวถึงการชอบอาหารเผ็ดจัดอย่างมากต่างกัน การชอบปานกลาง หรือชอบน้อยในระดับไหน สถิติใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ มัธยฐาน เปอร์เซ็นต์ไทล์ และการทดสอบค่าความสัมพันธ์แบบให้เรียบร้อยให้เรียงลำดับ

การวัดมาตราเชิงอันตรภาค (Interval Scale) เป็นการวัดที่มีคุณสมบัติที่วัดระดับช่วง ทำให้มีความห่างระหว่างช่วงเท่า ๆ กัน การวัดนี้สามารถกำหนดค่าเป็นตัวเลขเป็นสัญลักษณ์ ซึ่งสามารถที่จะเอามาคำนวณได้ ได้แก่ I Q ของนักเรียนคนที่ 1 เท่ากับ 100 คนที่ 5 เท่ากับ 120 ซึ่งสามารถบอกความแตกต่างได้ 20 คะแนน อย่างไรก็ตามการวัดมาตราอันตรภาคหรือแบบช่วงนี้ไม่มีจุดเริ่มต้นที่เป็นศูนย์ (absolute zero) ทำให้ต้องกำหนดจุดเริ่มต้นแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิถ้าใช้ระบบฟาเรนไฮท์จะเริ่มต้นจาก 32 องศา แต่ระบบเซลเซียสจะเริ่มจาก 0 องศา เป็นต้น แม้ว่าการวัดระดับนี้จะขาดจุดเริ่มต้น แต่ถ้าหน่วยของการวัดมีลักษณะเป็นมาตราฐานคงที่ก็สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ ได้แก่ การเปลี่ยนผลของวัดอุณหภูมิแบบฟาเรนไฮท์ให้เป็นแบบเซลเซียส

คุณสมบัติของมาตราวัดเชิงอันตรภาคที่สำคัญ คือ สามารถที่จะบอกความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือประเภทที่แบ่งได้โดยห่างกันเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงมีความเท่าเทียมกันแต่ไม่มีจุดเริ่มต้นที่เป็นไปตามธรรมชาติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงอยู่ในจำพวกของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ สถิติพวกค่าเฉลี่ย การกระจาย ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน สหสัมพันธ์ ทั้งนี้ข้อมูลจะต้องมีการกระจายตามข้อสมมติตามแบสถิติที่กำหนดไว้ คือ การมีความกระจายเป็นแบบปกติ

การวัดมาตราเชิงอัตราส่วน (Ratio Scale) เป็นการวัดที่มีคุณสมบัติของการวัดข้อมูลเชิงปริมาณ ที่สามารถบอกลักษณะความห่างและช่วงเท่ากัน นอกจากนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ การมีจุดเริ่มต้นตามธรรมชาติ เช่น การวัดความยาว วัดน้ำหนัก และวัดส่วนสูง เป็นต้น ตัวเลขที่ได้จากการวัดไม่ว่าจะวัดที่ไหน และอย่างไร ก็สามารถให้คุณสมบัติและการเปรียบเทียบได้ ได้แก่ ความยาว 2, 3 เซนติเมตร ก็หมายความว่า ความยาวเป็น 2, 3 เท่าของความยาว 1 เซนติเมตร ตามลำดับอย่างแน่นอน อนึ่ง การวัดระดับนี้ในทางสังคมศาสตร์ยังไม่สามารถวัดได้ถึงมาตราเชิงอัตราส่วน คุณสมบัติที่กล่าวไปแล้ว เป็นเรื่องของการกำหนดคุณสมบัติพิเศาที่มีจุดเริ่มต้น ระยะห่า และมีความเท่า ๆ กัน ระหว่างช่วง ส่วสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามมาตราเชิงอัตราส่วนมีลักษณะเป็นไปตามสถิติที่ใช้กับมาตราเชิงอันตรภาคหรือมาตราแบบระดับช่วง

### 2.4.3 ลักษณะของเครื่องมือวัดที่เหมาะสม

การวัดตัวแปรทั้งที่เป็นตัวแปรปริมาณและคุณภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องการวัดหรือเครื่องมือที่เหมาะสมครบถ้วนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่วิจัย มาตราวัดต่าง ๆ กลวิธีของการวัดต่าง ๆ เป็นเครื่องมือแต่ละอย่างที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ผู้วิจัยจะต้องศึกษาคุณลักษณะเฉพะของเครื่องมือการวัดแต่ละชนิด เทคนิคการใช้ ข้อดีข้อเสีย และขอบเขตของการวัด การพิจารณาลักษณะของเครื่องมือวัดที่เหมาะสมต่อการวิจัยนั้น ควรจะต้องมีลักษณะดังนี้คือ ความเที่ยงตรง (validity) ความเชื่อถือได้ (reliability) ความเป็นวัตถุวิสัย (objectivity) ความว่องไวในการวัด (sensitivity) ความสามารถในการจำแนก (discrimination) การมีความหมายของการวัด (meaningfulness) และความมีประสิทธิภาพ (efficiency) ลักษณะดังกล่าวย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และแนวความคิดหรือทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

**ความเที่ยงตรง**

เครื่องมือวัดที่ดีต้องมีความเที่ยงตรง การวัดที่ดีต้องวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ครบถ้วน มิใช่ตัวการวัดนั้น แต่ได้รับผลจากสิ่งหนึ่ง การที่จะทราบว่าการวัดนี้มีความเที่ยงตรง จะต้องที่หลักเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อพิจารณา ถ้าเครื่องมือวัดใดสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการหรือวัดตรงจุดประสงค์ได้ครบถ้วนมาก เครื่องมือวัดนั้นก็จะมีความเที่ยงตรงสูงมากด้วย

สำหรับประเภทความเที่ยงตรงที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นประเภทความเที่ยงตรงที่นิยมและเข้าใจอย่างกว้างขวาง แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 3 ประเภท ได้แก่ 1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระ (content validity) 2. ความเที่ยงตรงเชิงความสัมพันธ์กับเกณฑ์ (criterion related validity) ซึ่งแบ่งออกเป็นความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (concurrent validity) และความเที่ยงตรงการทำนาย (predictive validity) 3. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity)

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระเป็นความสามารถของเครื่องมือวัดที่วัดได้ตรงตามเนื้อหาสาระที่ต้องการจะวัด การที่จะทราบว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระนั้น จะต้องมีการวิเคราะห์หาเหตุผลหรือการใช้ดุลยพินิจทางวิชาการว่า เครื่องมือวัดนั้นครอบคลุมไปถึงเนื้อหาสาระหรือไม่

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระนั้น มักนิยมการใช้ดุลยพินิจทางวิชาการ โดยถือการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ (expert judgment) เป็นหลัก กล่าวคือ นำเครื่องมือวัดหรือแบบสอบถามที่สร้างขึ้นตามเนื้อหาสาระที่ต้องการวัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระนั้น 3 ท่านเป็นอย่างน้อย ช่วยวิเคราะห์ตัดสินว่าแบบสอบถามหรือเครื่องมือวัดนั้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาสาระหรือไม่ ผลการตัดสินว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสาระต้องเป็นเสียงส่วนมากของผู้เชี่ยวชาญที่ได้วิเคราะห์ตัดสินแล้ว

ความเที่ยงตรงเชิงความสัมพันธ์กับเกณฑ์ ความเที่ยงตรงนี้เป็นความสามารถของการใช้เครื่องวัด มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอกที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงสภาพความเที่ยงตรงเชิงสภาพนี้เกิดขึ้นจากการที่เครื่องมือวัดสามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของเรื่องที่ต้องการวัดตามกฎเกณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้น เช่น การวัดทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อผู้บริหารระดับคณะ ผลสรุปจากการวัดหากได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของผู้บริหารระดับคณะในปัจจุบันว่าไม่ดี ก็แสดงว่ามีความเที่ยงตรงตามสภาพ

2. ความเที่ยงตรงเชิงการทำนาย ความเที่ยงตรงนี้เป็นความเที่ยงตรงที่วัดในปัจจุบัน และตรงตามเรื่องที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การใช้คะแนนเรียนวิชาเอกของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เป็นวิชาที่จะทำนายการเรียนของนักศึกษาปีที่ 4 ได้ ดังนั้นการวัดความเที่ยงตรงการทำนายจะต้องทำคะแนนเรียนวิชาเอกของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และปีที่ 4 มาหาความสัมพันธ์ว่าตรงกับที่ทำนายไว้หรือไม่ กล่าวคือ นักศึกษาที่เรียนวิชาเอกได้ในปีที่ 1 จะมีผลการเรียนในปีที่ 4 ดี และมีผลต่อการสำเร็จการศึกษา

ความแตกต่างของความเที่ยงตรงเชิงสภาพและความเที่ยงตรงเชิงการทำนายก็คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล กล่าวคือ ถ้าเก็บข้อมูลที่เป็นเกณฑ์พร้อมกับคะแนนทดสอบก็ถือว่าเป็นการ

พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงสภาพ แต่ถ้าเก็บข้อมูลที่เป็นคะแนนทดสอบก่อนข้อมูลที่เป็นเกณฑ์ ก็ถือว่าเป็นเรื่องของความเที่ยงตรงเชิงการทำนาย

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเป็นความสามารถของเครื่องมือวัดที่ตรงกับโครงสร้างตามทฤษฎีที่ต้องการวัด วิธีการหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างทำได้โดยการวิเคราะห์เหตุผลทางวิชาการจากผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาจากโครงสร้างหรือทฤษฎีของเรื่องที่ต้องการวัดว่ามีองค์ประกอบอย่างไร โดยใช้ทฤษฎีหนึ่งทฤษฎีใดเป็นเกณฑ์ อีกวิธีหนึ่งที่หาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างคือ การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนน หรือผลที่ได้จากเครื่องมือที่วัดเชิงโครงสร้างที่ได้สร้างไว้ เพราะฉะนั้นถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสมพันธ์ของเครื่องมือวัดมีค่าสูง จะแสดงว่ามีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างสูงด้วย กระบวนการในการสร้างเครื่องมือวัดโครงสร้างทางทฤษฎี และหาค่าความเที่ยงตรงนั้น โดยทั่วไปมีขั้นตอนดังนี้

1. เขียนแบบสอบถามหรือเครื่องมือทดสอบซึ่งประกอบด้วยคำถามต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีที่ต้องการศึกษา
2. กำหนดวิธีการหาค่าความเที่ยงตรง อาจจะใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบหรือการกำหนดค่าสัมพันธ์ที่ได้กำหนดไว้
3. ดำเนินการทดสอบแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อพิจารณาเรื่องที่ศึกษาเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่?

ทำการคัดเลือกข้อคำถามที่ไม่ตรงตามทฤษฎีออกไป หรือปรับปรุงแก้ไขคำถามให้ตรงตามทฤษฎีเพื่อสามารถที่จะสังเกตพฤติกรรมได้

นอกจากความเที่ยงตรงประเภทใหญ่ ๆ 3 ประเภทแล้ว ยังมีความเที่ยงตรงที่ควรพิจารณาอีก คือ ความเที่ยงตรงเชิงเด่นชัด หรือความเที่ยงตรงเชิงเหตุผลความเที่ยงตรงที่สามารถทดสอบเห็นจริงได้ และความเที่ยงตรงเชิงสถิติ

1. ความเที่ยงตรงที่เห็นเด่นชัด หรือความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล ความเที่ยงตรงในลักษณะที่เห็นเด่นชัดหรือเชิงเหตุผลนี้ เป็นความเที่ยงตรงที่นักวิจัยสามารถทดสอบหรือเห็นได้ชัดเจนตามวัตถุประสงค์ของเรื่องที่ศึกษานั้น ๆ เช่น การสร้างแบบสอบถามในการศึกษาเรื่องที่ไม่ซับซ้อนก็สามารถที่เห็นเด่นชัดดได้ นอกจากนี้ความเที่ยงตรงยังใช้เป็นเหตุและผลประกอบการพิจารณาความเที่ยงตรงนั้น
2. ความเที่ยงตรงที่สามารถทดสอบเห็นจริงได้ ความเที่ยงตรงที่สามารถนำไปตรวจสอบในสภาพที่เป็นจริงได้ เช่น การวัดทัศนคติต่อปัญหาเยาวชนของผู้ที่มีอาวุธโสในหมู่บ้าน

ความเที่ยงตรงที่สามารถพบในความเป็นจริงว่า ทัศนคติต่อปัญหาเยาวชนของผู้ที่มีอาวุธโสเป็นจริง

3. ความเที่ยงตรงเชิงสถิติ ความเที่ยงตรงที่สามารถทดสอบเชิงสถิติได้ซึ่งความเที่ยงตรงดังกล่าวเป็นการยืนยันความเชื่อมั่นทางสถิติ รายละเอียดต่าง ๆ จะได้กล่าวในบทต่อไป

**ความเชื่อถือได้**

เครื่องมือวัดที่เหมาะสม นอกจากจะมีความเที่ยงตรงแล้ว ยังมีความเชื่อถือได้ (reliability) ของการวัดด้วย หมายความว่า ค่าที่วัดได้นั้นคงที่แน่นอนเพียงใด? เมื่อมีการวัดซ้ำอีกจะมีผลเหมือนเดิมหรือไม่ ถ้าหากเครื่องมือวัดที่ความเชื่อถือได้สูงจะนำไปวัดสิ่งเดียวกับสองสิ่งหรือมากกว่าจะให้ระดับความไม่เปลี่ยนแปลง (consistency) สำหรับเครื่องมือวัดทางสังคมศาสตร์ที่ต้องการเชื่อถือได้อย่างสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์นั้นเป็นไปได้ยาก จึงมีข้อจำกัดอยู่หลายประการที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ สาเหตุดังกล่าว ได้แก่

ก. มนุษย์มีความแตกต่าง และการเปลี่ยนแปลงในด้านอารมณ์ สุขภาพ ความเหน็ดเหนื่อย การขาดสมาธิ เป็นต้น ทำให้โอกาสของเครื่องมือวัดอาจขาดความเชื่อถือได้

ข. สถานการณ์ที่แตกต่าง อาจทำให้เครื่องขาดความเชื่อถือได้ เช่น คำถามบางเรื่อง ได้แก่ การเลี้ยงดูบุตรอาจจะเหมาะที่ภรรยาหัวหน้าครัวเรือนเป็นผู้ตอบ

ค. วิธีดำเนินการในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น เวลามีการสัมภาษณ์แต่ละคน การเปลี่ยนแปลงคำถาม การเปลี่ยนลำดับข้อคำถาม ย่อมเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ของการวัด

ง. การขาดความกระจ่างเกี่ยวกับมาตราวัดที่ใช้ เมื่อผู้ตอบเข้าใจมาตราที่วัดแตกต่างกัน ก็อาจทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละครั้ง

จ. ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการประมวลผลข้อมูล เช่น การลงรหัส การทำตาราง และการเจาะบัตรลงคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ฉ. ความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ ที่อาจทำให้เครื่องมือที่วัดไม่มีความเชื่อถือได้ เช่น การไม่มียางลบ เขียนผิดช่อง เป็นต้น อ่านคำสั่งไม่ชัดเจน

อนึ่งการทดสอบความเชื่อถือได้มีอยู่หลายวิธี คือ การทดสอบซ้ำ (test- retest method) การใช้เครื่องมือวัดที่คล้ายกัน (equilavence form) การใช้แบบแบ่งครึ่ง (split-half method) และแบบอื่น ๆ ในการทดสอบดังกล่าวเพื่อหาความเชื่อถือได้เอง

**ความเป็นวัตถุวิสัย**

เครื่องมือวัดที่มีความเป็นวัตถุวิสัย คือ มีความสามารถที่ทุกคนจะต้องตอบได้อย่างถูกต้องตรงกับสิ่งที่กำลังวัด กล่าวคือ เครื่องมือที่เป็นวัตถุวิสัยนั้น คำตอบของผู้ตอบจะต้องได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นอย่างเดียวกันตรงตามสภาพที่เป็นจริง คำตอบจะมีคำตอบเดี่ยวที่แน่ชัด ไม่กำกวม ไม่มีอคติ และไม่มีความหมายสองแง่สองมุม หลักของความเป็นวัตถุวิสัยมีอยู่ 3 ประการ คือ

ก. ถ้อยคำหรือส่วนประกอบที่ใช้ในเครื่องมือวัดต้องชี้เฉพาะและกะทัดรัด

ข. กำหนดคำตอบสั้น ๆ และได้ความสมบูรณ์เหมาะสม

ค. การตัดสินผลหรือให้คะแนนเป็นอย่างเดียวกัน

**ความสามารถจำแนกได้**

เครื่องมือวัดที่สามารถจำแนกชี้เฉพาะได้ถึงลักษณะความแตกต่าง หรือเหมือนกันของสิ่งที่ต้องการจะวัด และเป็นไปตามสภาพความเป็นจริง การมีคมาตราวัดที่สามารถแยกแยะ สูง ปานกลาง และต่ำอย่างแน่นอน เครื่องมือวัดที่ดีจะต้องสามารถคัดจำแนกพฤติกรรมต่าง ๆ จากสิ่งที่ต้องการวัด

**การมีประสิทธิภาพ**

เครื่องมือวัดที่มีอยู่นำไปเปรียบเทียบกับสิ่งที่มีอยู่ก่อนได้ผลดีกว่าที่มีอยู่แล้วเครื่องมือใดจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อนำผลมาแสดง ถ้ามีเครื่องมือ 2 ชนิด วัดผลออกมาเหมือนกัน จึงต้องพิจารณาถึงระยะเวลา การลงทุนแตกต่างกันอย่างไร ถ้าการลงทุนน้อยและเวลาน้อยกว่า เมื่อได้เปรียบเทียบเครื่องมือทั้งสอง ก็อาจสรุปว่าการลงทุนน้อยและเวลาน้อยนั้นมีความเป็นประสิทธิภาพ

2.4.4 **มาตราของการวัด**

เนื่องจากการวัดต้องแปรทางสังคมศาสตร์ สามารถที่จะได้ผลหยาบละเอียดแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ ตามที่ได้กล่าวแล้วถึงเครื่องมือการวัดที่มี 4 มาตรา คือ นามมาตรา มาตราเชิงอันดับ มาตราเชิงอันตรภาค และมาตราเชิงอัตราส่วน อนึ่งความสามารถของการวัดไม่ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือวัดอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวแปรอีกด้วย ตัวแปรตัววัดได้ทุกระดับ แต่ตัวแปรบางตัวสามารถวัดได้บางมาตรา มาตราวัดจึงมีความสำคัญที่จะทำให้ตัวแปรทางสังคมศาสตร์มีความ

ละเอียดมากที่สุด ตลอดจนมีความเที่ยงตรงและความเชื่อถือได้ของการวัดด้วย อย่างไรก็ตามมาตราวัดมีอยู่หลายระดับและหลายประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและลักษณะของตัวแปร มาตราวัดต่าง ๆ จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

**มาตราวัดแบบประมาณ** (Rating Scale)

มาตราวัดแบบประมาณนี้เป็นมาตราที่ผู้ตัดสินเป็นผู้ประมาณการวัดตามตัวแปรที่กำหนดไว้ ที่นิยมกันได้แก่

ก. มาตราวัดแบบประมาณโดยกำหนดประเภท (categorical rating scale) เป็นการที่ให้ผู้ตัดสินเลือกประเภทการวัดตามความคิดเห็นของตนจากประเภทที่ได้กำหนดไว้ เช่น

ผู้บรรยายในวิชาสังคมวิทยาชนบทมีความรู้มากน้อยเพียงใด

- มีความรู้มากที่สุด
- มีความรู้มาก
- มีความรู้บ้าง
- ไม่มีความรู้เลย

ข. มาตราวัดแบบประมาณโดยกำหนดตัวเลข (numerical rating scale) เป็นการที่ผู้ตัดสินเลือกประมาณการวัดด้วยตัวเลขตามความคิดเห็นของตน เช่น

ผู้บรรยายในวิชาสังคมวิทยาชนบทมีความรู้มากน้อยเพียงใด

(ให้ผู้ตัดสินการวัดโดยประมาณตัวเลขที่คิดว่าตรงกับระดับความรู้สึกของตนเองที่สุด)

0 ไม่มีความรู้เลย
1
2
3
4
5
6
7 มีความรู้มากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. มาตราวัดแบบประมาณแบบกราฟ (graphical rating scale) เป็นการแสดงการวัดโดยผู้ตัดสินตามเส้นหรือกราฟที่นักวิจัยได้กำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้ตัดสินใจเลือกหรือประมาณในสิ่งที่ต้องการวัด เช่น

**มาตราวัดแบบความแตกต่างทางภาษา**

การวัดทัศนคติโดยใช้มาตราวัดแบบความแตกต่างทางภาษา (semantic differential scale) นี้ได้ใช้ความหมายของภาษาเพื่อแปลความหมายออกมาเป็นทัศนคติ Osgood, Suci และ Tannenbaum ได้มีความเชื่อว่าแนวความคิดต่าง ๆมีความหมาย และความหมายของแนวความคิดจะประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญจึงมีหลายมิติ และได้ทำการศึกษามาตราวัดดังกล่าวเพื่อหาองค์ประกอบในการใช้ วิธีการวัดความแตกต่างทางภาษาซึ่งมีอยู่ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

ก. องค์ประกอบทางด้านการประเมิน (evaluative factor) เป็นองค์ประกอบที่เป็นการแสดงออกทางด้านคุณค่า คุณภาพที่ใช้อธิบาย ได้แก่ ดี-ชั่ว, จริง-เท็จ และฉลาด-โง่ เป็นต้น

ข. องค์ประกอบทางด้านศักยภาพ (potential factor) เป็นองค์ประกอบที่แสดงออกถึงกำลังหรืออำนาจ คุณศัพท์ที่ใช้อธิบาย ได้แก่ แข็งแรง-อ่อนแอ, หนัก-เบา และใหญ่-เล็ก เป็นต้น

ค. องค์ประกอบทางด้านกิจกรรม (activity factor) เป็นองค์ประกอบที่แสดงออกถึงลักษณะของกิจกรรม คุณศัพท์ที่ใช้อธิบาย ได้แก่ เร็ว-ช้า และว่องไว-เฉื่อยชา เป็นต้น

ลักษณะของมาตราวัดความแตกต่างทางภาษา มีดังนี้

ก. แบบการวัด 5 คำตอบ

ข. แบบการวัด 7 คำตอบ

ค. แบบการวัดโดยใช้มาตราเป็นภาษา

ง. แบบการวัดโดยใช้ตัวเลข

วิธีการสร้างมาตราวัดความแตกต่างทางภาษา มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1.ข้อความที่เขียนขึ้นมาเพื่อเป็นมาตราวัด ควรเป็นข้อความที่คนทั่วไปเข้าใจและรู้จัก นอกจากนี้ควรมีความหมายกว้าง ๆ ที่สามารถครอบคลุมทางด้านภาษาทั้งทางบวกและทางลบ

2.การเลือกคุณศัพท์ที่มาใช้กับข้อความ ควรเป็นคุณศัพท์คู่ที่เหมาะสมกับข้อความนั้น ๆ

3.นำข้อความไปทดสอบเพื่อตัดข้อความที่ไม่ต้องการทิ้ง โดยใช้วิธีการวัดมาตราแบบไลเกิร์ต และหาค่า t ซึ่งข้อความที่จะมีค่ามากกว่า 2 เพื่อแสดงถึงข้อความมีลักษณะที่แสดงระดับความคิดทางบวกและทางลบ