

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

ในพื้นที่หนึ่งๆสภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน เพื่อการปรับสภาพอากาศในอาคาร ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบทรอปิคเหนือ ได้รับอิทธิพลจากรังดวงอาทิตย์ในทิศได้มากกว่าทิศเหนือ ภูมิอากาศร้อนชื้นโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยความเร็วลมค่อนข้างต่ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ¹

2.1 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานที่จะเกิดการถ่ายเทเพราะความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งพลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากโมเลกุลไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งด้วยกระบวนการ 3 แบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยจะถ่ายเทจากโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ หากว่าโมเลกุลทั้งสองมีอุณหภูมิที่เท่ากันจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อน

2.1.1 การนำความร้อน

การนำความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันและจะเกิดขึ้นทุกทิศทุกทาง โดยไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มากเช่น วัสดุที่เป็นโลหะ ซึ่งวัสดุธรรมชาติจะนำความร้อนได้น้อยกว่า อากาศและก๊าซจะเป็นตัวนำความร้อนที่แย่มากที่สุด อย่างไรก็ตามการถ่ายเทความร้อนโดยการนำไม่สามารถถ่ายเทไปยังที่ซึ่งไม่มีการเรียงตัวของโมเลกุลได้เช่น ในสูญญากาศได้ ค่าที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนได้แก่

2.1.1.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity: K) หน่วย $W/m^2 \cdot K$ หรือ $Btu-in/ft^2 \cdot h \cdot F$ ค่าการนำความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารใน ความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่งๆ

¹ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรมอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536), หน้า 13

- 2.1.1.2 การนำความร้อน (Conductance: C) หน่วย $W/m^2 \cdot K$ หรือ $Btu/ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F$ คือการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลาหนึ่ง โดยมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันช่วงหนึ่ง

$$C = K / \text{ความหนาวัสดุ}$$

- 2.1.1.3 การต้านทานความร้อน (Resistance: R) หน่วย $m^2 \cdot K/W$ หรือ $ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F/Btu$ คือส่วนกลับของค่าการนำความร้อน เป็นค่าที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าฉนวนกันความร้อนในอาคาร

$$R = 1 / C$$

- 2.1.1.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Transmittance: U) หน่วย $W/m^2 \cdot K$ หรือ $Btu/ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F$ คือหน่วยการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่งและพื้นที่หนึ่ง เป็นส่วนกลับของค่า R

$$U = 1 / \sum R$$

$$= 1 / (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนคือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อน โมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นออกไปในทิศทางต่างๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้นๆ โดยที่ของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น ความแตกต่างของการนำและการพาความร้อนคือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุล การนำความร้อนนั้น โมเลกุลจะไม่มีเคลื่อนที่แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทโดยโมเลกุลจะนำไปด้วยตัวเอง

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อน โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อ โมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานคลื่นออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสี

ความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งความร้อนผ่านสุญญากาศได้

การเคลื่อนที่หรือการสั่นของ โมเลกุลที่พื้นผิวของสสารจะก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง แต่การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าลงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลื่นรังสีความร้อน โดยเมื่อความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็งอากาศ หรือสุญญากาศไปจนกระทบกับพื้นผิววัสดุอีกด้าน จะสะสมพลังงานความร้อนในด้านนั้นๆและทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนที่ไวกว้างขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง ละไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าความยาวคลื่น(Wave Length) หรือความถี่คลื่น (Frequency) ได้ โมเลกุลของพื้นที่ผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนที่ไวหรือการสั่นที่แตกต่างกัน และแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วที่คงที่ การเคลื่อนที่ไวดังกล่าวจะทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนมากที่สุดจะคายคลื่นรังสีสั้นๆออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้น (ประมาณ 0.4-4.0 micron, 1 micron = 10^{-6} m.) และ โมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าๆจะคายรังสีคลื่นยาวซึ่งมีความยาวคลื่น 8-50 micron

เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสามารถดูดซับความร้อน (Absorption: α) และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุอุ่นขึ้นและสามารถสะท้อนความร้อนนั้นกลับไป (Reflection: β) ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถทะลุผ่านไปได้ ความร้อนทะลุผ่านชั้นวัสดุออกไป (Transmission: τ) ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และค่าการทะลุผ่านของความร้อนนั้น ไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0-1.0 ค่าของคุณสมบัติทั้ง 3 รวมกันจะเท่ากับ 1

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

- เมื่อ α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ
 β คือ ค่าการสะท้อนความร้อนของวัสดุ
 τ คือ ค่าการทะลุผ่านของความร้อนของวัสดุ

การคายความร้อน (Emissivity: ϵ) เป็นหน่วยการวัดความสามารถของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนด ค่าการคายความร้อนสามารถวัดได้เป็น 0.0 ในกรณีที่วัสดุไม่มีการคายความร้อน ไปจนถึง 1.0 ซึ่งเป็นการคายความร้อนที่สูงที่สุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง Black Body ในอุณหภูมิต่างๆ กันจะพบว่าค่าการคายความร้อนจะเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน (Kirchhoff's Law)

$$\epsilon = \alpha \text{ (Black Body)}$$

วัสดุที่ผิวไม่มันหรือไม่เป็นโลหะ (Non Metallic) จะมีความสามารถคายความร้อนได้มากกว่าวัสดุโลหะ เนื่องจากมีพื้นผิวที่ช่วยความร้อนได้มาก ส่วนวัสดุสีเข้มจะสามารถดูดซับความร้อนได้ดีทำให้มีอุณหภูมิสูงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดี ทำให้มีอุณหภูมิลดต่ำลงได้รวดเร็ว

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดจากผนัง

ผนังอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่ติดกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรงซึ่งในภูมิภาคอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าขอบเขตสภาวะนำสบายค่อนข้างมาก และมีความแปรปรวนสูง ซึ่งในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้มีความคงที่และอยู่ในสภาวะนำสบายนั้น จำเป็นต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งภาระการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1 ภาระการปรับอากาศในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุ ในช่วงเริ่มต้นของการปรับอากาศ (Start up time)

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศ วัสดุผนัง จะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้น จากสภาพแวดล้อม ทำให้เมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ จะเกิดภาระในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุออก ซึ่งปริมาณของพลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นดังกล่าวจะขึ้นกับ คุณสมบัติของผนัง ซึ่งได้แก่

- 2.2.1.1 มวลสารของผนัง และค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ซึ่งวัสดุที่มีมวลสารและความจุความร้อนจำเพาะมาก จะต้องใช้ปริมาณพลังงานมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิมากกว่าวัสดุที่มีมวลสารและความจุความร้อนน้อยกว่าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

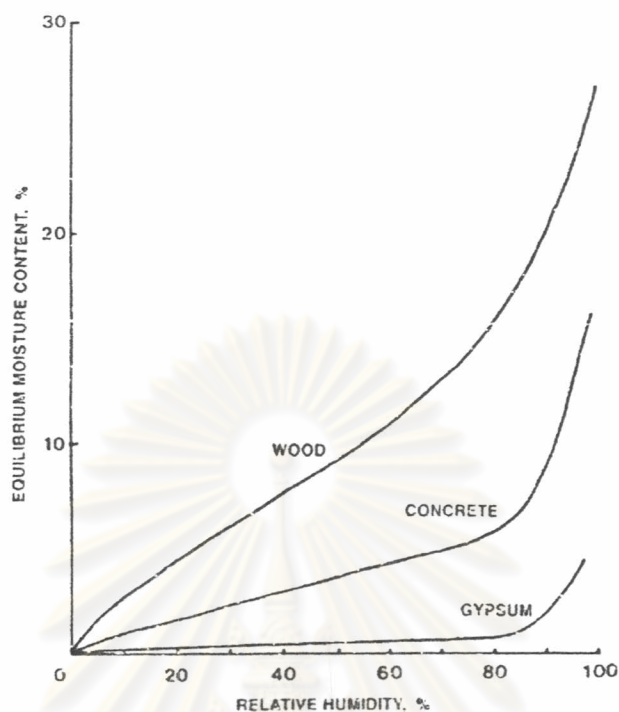
ซึ่ง Q = พลังงานที่สะสมอยู่ในวัสดุ (kJ หรือ Btu / h)

m = มวล (kg หรือ lb)

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (kJ/kg. °C หรือ Btu/lb. °F)

ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C หรือ °F)

- 2.2.1.2 การดูดซับความชื้นของวัสดุ (Sorption Isotherm) ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุ จะสัมพันธ์กับสมดุลความชื้นของวัสดุ (Equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้นของวัสดุ (Moisture content หรือ MC) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณ(มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นที่จะต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อมจากนั้นจึงนำวัสดุที่ต้องการทดสอบไปตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อให้วัสดุทำการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมดังกล่าวจนเข้าสู่สภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดจะพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลความชื้นแล้ว ผลที่ปรากฏอาจจะพบทั้งปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น (Adsorption Isotherm) หรือ ลดลง (Desorption Isotherm)



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์²

2.3 ภาระการปรับอากาศที่เกิดจาก ความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง

ในระหว่างการปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร จะเกิดการถ่ายเทสู่ภายในอาคาร ซึ่งปริมาณพลังงานที่เป็นภาระของเครื่องปรับอากาศ จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง

2.3.1 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ได้แก่

2.3.1.1 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ จะขึ้นกับ เขตภูมิภาค ฤดูกาล เวลาทิศทางของผนังและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องกระทบถูกผิววัสดุผนังภายนอกอาคารจะทำให้อุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวผนังสูงขึ้นจะทำให้

² American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook

ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนจะมีปริมาณมากขึ้น

- 2.3.1.2 อุณหภูมิอากาศและความเร็วลมภายนอก ซึ่งส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและผิวผนังภายนอกโดยตรง (Surface conduction) ซึ่งอิทธิพลจะมีค่าน้อยมากในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง
- 2.3.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก ซึ่งส่งผลต่อการส่งผ่านความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร

2.3.2 ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง ได้แก่

- 2.3.2.1 มวลสารและค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุผนัง วัสดุที่มีมวล และค่าความจุความร้อนจำเพาะมาก จะทำให้ต้องใช้พลังงานความร้อนในปริมาณมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิ 1 องศา จึงสามารถช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวผนังภายนอกให้เข้าสู่ภายในได้ช้าลง
- 2.3.2.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง (Thermal transmittance) วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ฉนวนกันความร้อน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจะน้อยกว่าวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า
- 2.3.2.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Absorbtivity: α) และ สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนจากวัสดุผนัง (Emissivity: ϵ) ซึ่งขึ้นกับชนิดของวัสดุผนัง รวมทั้งสีวัสดุ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ โดยปกติจะแปรตามความเข้มของสีผิววัสดุ คือสีเข้มมาก จะมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนสูง

การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารโดยทั่วไปมี 2 สมการคือ³

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

³ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition, (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 28 Page 5

และ $Q = U * A * CLTD$

โดยที่ $U =$ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / h.ft².°F)

$A =$ พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (ft²)

$\Delta T =$ ความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในกับภายนอก (°F)

$CLTD =$ ภาวะความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าหรือ Cooling Load Temperature Difference (°F)

จากสมการทั้ง 2 ข้างต้น จะพบว่าสมการที่ 1 จะใช้คำนวณกรณีที่ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอก มีค่าคงที่ (Steady State Condition) หรือมีอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ น้อยหรือไม่มีผลกระทบรุนแรงหรือมีอัตราเสี่ยงต่ำ ในการคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น เช่น กรณีอาคารในเมืองหนาว เป็นต้น

และสมการที่ 2 ค่า ΔT จะถูกแทนที่ด้วยค่า CLTD เพื่อปรับค่าในสถานะที่มีค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอก มีค่าไม่คงที่ (Unsteady State Condition) ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณค่า Peak Load ของอาคารถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเพื่อให้ได้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนสูงสุด โดยที่มีการแยกการคำนวณตามเขตโซนละติจูด วัน เดือน เวลา มวลสารของผนัง สีของผนัง ทิศทางที่รับแสงแดดและลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอก โดยรอบอาคาร ตามรายละเอียดในการคำนวณของ American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1989.

2.3.3 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง

การใช้ค่าอุณหภูมิ Sol - air temperature ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ในการจำลองสภาพของในทางปฏิบัติหรือห้องปฏิบัติการ) แทนค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างข้างนอกกับข้างใน (ΔT) ทั้งนี้เพื่อให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับสถานะจริงที่สุด โดยอาศัยสมการ Sol - Air Temperature ดังนี้

$$\text{Sol - Air Temperature } (\Delta T) = T_{out} + I * \alpha / h_o - \epsilon \Delta R / h_o$$

โดยที่

$T_e =$ Sol - Air Temperature

$T_{out} =$ อุณหภูมิอากาศภายนอก

- I = รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (Total Solar Radiation Incident on the Surface; Btu / h. ft²)
 α = สัมประสิทธิ์การดูดความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)
 h_0 = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection (Btu / h. ft²)
 ϵ = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hemispherical Emittance of the Surface)
 ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (Btu / h. ft²)

โดยคำจำกัดความของ Sol – Air Temperature คือ อุณหภูมิอากาศที่ติดกับผิววัสดุในกรณีที่มีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสี ที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ และจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมอื่นๆ โดยรอบ และจากการถ่ายเทความร้อนจากการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอก

Sol – air temperature is the outdoor air that, in the absence of all radiation change, gives the same rate of heat entry into the surface as would the combination of incident solar radiation, radiant energy exchange with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air.⁴ ซึ่งค่า Sol – Air Temperature ที่ได้ในทางปฏิบัติจะเป็นการยากที่จะทำให้ตัวแปรทุกตัวเหมือนสภาพจริง นอกจากจะจำลองสภาพเพื่อศึกษาใน Typical Condition นั้นๆ

2.3.4 อิทธิพลของผิวผนังภายในอาคารที่มีต่อความรู้สึทางด้านอุณหภูมิ

อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT.) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบตัวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการแผ่รังสี จากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งอุณหภูมิผิวผนังภายในเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อ MRT. ภายในอาคารค่อนข้างสูงเนื่องจาก ผนังมีพื้นที่ ถึง 4 ใน 6 ของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะพบว่าความสำคัญอยู่ที่อุณหภูมิผิว และค่ามุมเปิดของตำแหน่งที่ผู้ใช้งานยืนอยู่

⁴ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings, 1989 ASHRAE Handbook Fundamental S-1 Edition, (Atlanta, Georgia, 1989)

พื้นผิวโดยรอบ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอาจคำนวณได้จากค่าอุณหภูมิผิวของพื้นผิวแต่ละด้านรอบจุดสังเกตและถ่วงน้ำหนักด้วยค่ามุมเปิดสู่ด้านนั้นๆ⁵ เนื่องจากในแต่ละตำแหน่งของห้องจุดสังเกตจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิผิวแต่ละด้านไม่เท่าเทียมกัน จุดสังเกตอยู่ใกล้ผิวด้านใดจะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวด้านนั้นมากกว่าด้านอื่นๆ ซึ่ง MRT. สามารถคำนวณได้จากสมการ⁶

$$\begin{aligned} \text{MRT} &= \frac{\sum T\theta}{360} \\ &= (T_1\theta_1 + T_2\theta_2 + \dots + T_n\theta_n) / 360 \end{aligned}$$

เมื่อ T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ
 θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด

ซึ่งจากแผนภูมิไบโอไคลเมติกของ Victor Olgyay⁷ สามารถแสดงให้เห็นว่าถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกว่าอุณหภูมิอากาศทุกๆ 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะมีความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป 1.4 องศาเซลเซียส ความรู้สึกของมนุษย์ทางอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถแสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{อุณหภูมิเสมือน} = T_{\text{inside}} + 1.4(\text{MRT} - T_{\text{inside}})$$

เมื่อ T_{inside} = อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส
 MRT = อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว โดยรอบภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

⁵ Fanger, P.O. *Thermal comfort : analysis and applications in environmental engineering*, (New York: McGraw-Hill, 1970)

⁶ วันเอก กิจสมใจ , ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร, (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539)

⁷ Olgyay, V. *Design with climate*. (New Jersey: Princeton University Press, 1973)

ดังนั้น ในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิภายในอาคารนอกจากจะคำนึงถึงปัจจัยของอุณหภูมิอากาศแล้ว MRT เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพราะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศถึงร้อยละ 40

2.4 ความหมายและคุณสมบัติของความชื้น

ความชื้น (Humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ⁸

ในปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ปริมาณไอน้ำจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศคือ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะมีความสามารถที่จะรองรับปริมาณไอน้ำได้มากขึ้นและเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลงความสามารถในการรองรับปริมาณไอน้ำในอากาศก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้ปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ณ อุณหภูมิที่ต่ำลงจะมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น จนถึงสภาวะหนึ่งที่อากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกเรียกว่า การอิ่มตัว (Saturation) และจุดที่ไอน้ำแทรกตัวอยู่ในอากาศในปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำๆเรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ไอน้ำที่แทรกอยู่ในอากาศเกิดความดันไอน้ำ (Vapor Pressure)

2.4.1 การวัดความชื้น (Humidity Parameters)

2.4.1.1 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio หรือ Moisture Content: W) คือ อัตราส่วนมวลไอน้ำในอากาศต่อมวลอากาศแห้ง

$$\text{อัตราส่วนความชื้น (W)} = \frac{\text{มวลของไอน้ำในอากาศ (M}_w\text{)}}{\text{มวลของอากาศแห้ง (M}_a\text{)}}$$

หรือสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W = 0.62198 \frac{X_w}{X_a}$$

⁸ ตรีงใจ นูรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2, (กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์, 2521), หน้า 159

เมื่อ $X_w =$ อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (Water Vapor) ต่อมวลของอากาศผสม (Moisture Air)
 $X_a =$ อัตราส่วนมวลของอากาศแห้ง (Dry Air) ต่อมวลของอากาศผสม (Moisture Air)

2.4.1.2 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity: d_v) คืออัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศต่อมวลของอากาศแห้ง หน่วยที่ใช้ในการวัดจะใช้เป็น g/m^3 หรือ $grains/ft^3$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$d_v = \frac{M_w}{V}$$

เมื่อ $d_v =$ ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)
 $M_w =$ มวลของไอน้ำ (Water Vapor) ในอากาศผสม
 $V =$ ปริมาตรของอากาศ

หรืออีกสมการหนึ่งคือ

$$d_v = \frac{[(10)^6 e] * T}{R_{\text{water vapor}}}$$

เมื่อ $d_v =$ ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)
 $e =$ ความดันไอน้ำ (Vapor Pressure)
 $T =$ อุณหภูมิ (Temperature)
 $R =$ ค่าคงที่ของไอน้ำ

โดยที่

$$R = \frac{623e \text{ (In gram of water vapor)}}{\text{Pd (Kilogram of dry air)}}$$

เมื่อ P_d = ความดันของอากาศแห้ง ซึ่งเท่ากับ (P-e)
 P = ความดันบรรยากาศมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเล มีค่าเท่ากับ 1.01325 บาร์ (bar) โดยที่ 1 บาร์ (bar) เท่ากับ 100 กิโลปาสกาล (kPa)

2.4.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Ratio: ϕ) คืออัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดในอากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ หรือการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่าอากาศขณะนั้นอิ่มตัว กล่าวคือไม่สามารถรับไอน้ำมาเก็บไว้ในอากาศได้อีก

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ } (\phi) = \frac{\text{มวลไอน้ำที่อยู่ในอากาศ ณ อุณหภูมิหนึ่ง}}{\text{มวลไอน้ำสูงสุดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่ง}}$$

หรือหาความชื้นสัมพัทธ์ได้จากสมการ

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws \text{ at } t, p}}$$

เมื่อ ϕ = ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Ratio)
 X_w = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ ต่อมวลของอากาศผสม ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่งๆ
 $X_{ws \text{ at } t, p}$ = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ ต่อมวลของอากาศผสมในสภาวะอิ่มตัว ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่งๆ

2.5 การถ่ายเทความชื้น

การถ่ายเทความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำนั้น มีรูปแบบที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

- ความแตกต่างของความดันอากาศ หรือ แรงโน้มถ่วงของโลก
- แรงดูดความชื้นภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุ
- การเคลื่อนตัวของไอน้ำในอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
- การแพร่ของความชื้น โดยความแตกต่างของความดันไอน้ำ

โดยกระบวนการถ่ายเทความชื้นสกัดกั้นการถ่ายเทความชื้นสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งฉนวนป้องกันความชื้น (Vapor Retarded) เพื่อลดความแตกต่างของความดันอากาศ หรือแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้การป้องกันการถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากกระบวนการแรงดูดความชื้นภายในมวลสาร และการเคลื่อนตัวของไอน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศก็เป็นกระบวนการที่สำคัญเพราะสามารถนำความชื้นเข้ามาในอาคารได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

2.6 อิทธิพลของความชื้น

พบว่าระดับความชื้นในประเทศไทยโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากเกือบตลอดทั้งปี ความชื้นจึงกลายเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร เมื่อนำอากาศจากภายนอกมาปรับสภาพให้อยู่ในเขตสบายในห้องปรับอากาศ จะต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการลดความชื้นในรูปของความร้อนแฝง (Latent heat) และลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ด้วยเหตุนี้การประหยัดพลังงานในอาคารจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการรั่วซึมของอากาศ ซึ่งการที่ความชื้นจะทะลุทะลวงผ่านผนังอาคารเข้ามาได้นั้นจะมี 2 กรณีหลักๆ คือ

2.6.1 การแพร่กระจายผ่านผนังอาคาร (Diffusion)

การแพร่กระจายของไอน้ำอันสืบเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำอิ่มตัว (Vapor saturation pressure) ของอากาศภายในและอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ โดยผ่านทางวัสดุก่อสร้างอาคารเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับวิธีการป้องกันความชื้นของอาคาร (Moisture control) ไอน้ำที่แพร่กระจายผ่านผนังบ่อยครั้งถูกทะเลเยในการใช้งานในระบบปรับอากาศเพราะมีปริมาณน้อยเช่นเดียวกับความร้อนแฝง (Latent heat) ที่ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก โดยที่ค่าการแทรกซึมของวัสดุก่อสร้างเป็นไปตามตารางดังนี้

⁹ สุนทร บุญญาริการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542. หน้า 84-85

Material	Thickness, mm	Permeance, ng/(s·m ² ·Pa)	Resistance ^b , TPa·m ² ·s/kg	Permeability, ng/(s·m·Pa)	Resistance/m ^b , TPa·m·s/kg
Construction Materials					
Concrete (1:2:4 mix)				4.7	0.21
Brick masonry	100	46 ^f	0.022		
Concrete block (cored, limestone aggregate)	200	137 ^f	0.0073		
Tile masonry, glazed	100	6.9 ^f	0.14		
Asbestos cement board	3	220-458 ^d	0.0017-0.0035		
With oil-base finishes		17-29 ^d	0.0035-0.052		
Plaster on metal lath	19	860 ^f	0.0012		
Plaster on wood lath		630 ^f	0.0016		
Plaster on plain gypsum lath (with studs)		1140 ^f	0.00088		
Gypsum wall board (plain)	9.5	2860 ^f	0.00035		
Gypsum sheathing (asphalt impregnated)	13		29 ^f	0.038	
Structural insulating board (sheathing quality)				29-73 ^f	0.038-0.014
Structural insulating board (interior, uncoated)	13	2860-5150 ^f	0.00035-0.00019		
Hardboard (standard)	3.2	630 ^f	0.0016		
Hardboard (tempered)	3.2	290 ^f	0.0034		
Built-up roofing (hot mopped)		0.0	∞		
Wood, sugar pine				0.58-7.8 ^{fb}	172.0-131
Plywood (douglas fir, exterior glue)	6.4	40 ^f	0.025		
Plywood (douglas fir, interior glue)	6.4	109 ^f	0.0092		
Acrylic, glass fiber reinforced sheet	1.4	6.9 ^f	0.145		
Polyester, glass fiber reinforced sheet	1.2	2.9 ^f	0.345		
Thermal Insulations					
Air (still)				174 ^f	0.0057
Cellular glass				0.0 ^d	∞
Corkboard				3.0-3.8 ^d	0.35-0.26
				14 ^s	0.076
Mineral wool (unprotected)				245 ^s	0.0059
Expanded polyurethane [R = 1.94 W/(m ² ·K)] board stock				0.58-2.3 ^d	1.72-0.43
Expanded polystyrene—extruded				1.7 ^d	0.57
Expanded polystyrene—bead				2.9-8.4 ^d	0.34-0.12
Phenolic foam (covering removed)				38	0.026
Unicellular synthetic flexible rubber foam				0.029 ^d	34-4.61
Plastic and Metal Foils and Films^c					
Aluminum foil	0.025	0.0 ^d	∞		
Aluminum foil	0.009	2.9 ^d	0.345		
Polyethylene	0.051	9.1 ^d	0.110		2133
Polyethylene	0.1	4.6 ^d	0.217		2133
Polyethylene	0.15	3.4 ^d	0.294		2133
Polyethylene	0.2	2.3 ^d	0.435		2133
Polyethylene	0.25	1.7 ^d	0.588		2133
Polyvinylchloride, unplasticized	0.051	39 ^d	0.026		
Polyvinylchloride, plasticized	0.1	46-80 ^d	0.032		
Polyester	0.025	42 ^d	0.042		
Polyester	0.09	13 ^d	0.075		
Polyester	0.19	4.6 ^d	0.22		
Cellulose acetate	0.25	263 ^d	0.0035		
Cellulose acetate	3.2	18 ^d	0.054		

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการซึมน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมผ่าน (Water Permeance and Permeability Values) ของวัสดุก่อสร้างอาคาร

Material	Unit Mass, kg/m ²	Permeance, ng/s·m ² ·Pa ^a			Resistance ^b , 1/Pa·m ³ /s·kg		
		Dry-Cup	Wet-Cup	Other	Dry-Cup	Wet-Cup	Other
Building Paper, Felts, Roofing Papers^c							
Duplex sheet, asphalt laminated, aluminum foil one side	0.42	0.1	10		10	0.1	
Saturated and coated roll roofing	3.18	2.9	14		0.34	0.071	
Kraft paper and asphalt laminated, reinforced	0.33	17	103		0.059	0.0097	
Blanket thermal insulation backup paper, asphalt coated	0.30	23	34-240		0.043	0.029-0.0042	
Asphalt-saturated and coated vapor retarder paper	0.42	11-17	34		0.091-0.059	0.029	
Asphalt-saturated, but not coated, sheathing paper	0.21	190	1160		0.0053	0.00086	
0.73 kg/m ² asphalt felt	0.68	57	320		0.017	0.0031	
0.73 kg/m ² tar felt	0.68	230	1040		0.0043	0.00096	
Single-kraft, double	0.16	1170	2400		0.00056	0.00042	
Liquid-Applied Coating Materials							
	Thickness,						
Commercial latex paints (dry film thickness) ^d	µm						
Vapor retarder paint	70			26			0.038
Primer-sealer	30			360			0.0028
Vinyl acetate/acrylic primer	50			424			0.0024
Vinyl-acrylic primer	40			491			0.0020
Semi-gloss vinyl-acrylic enamel	60			378			0.0026
Exterior acrylic house and trim	46			313			0.0032
Paint—2 coats							
Asphalt paint on plywood			23				0.043
Aluminum varnish on wood		17-29			0.059-0.034		
Enamels on smooth plaster				29-86			0.034-0.012
Primers and sealers on interior insulation board				51-20			0.020-0.0083
Various primers plus 1 coat flat oil paint on plaster				91-172			0.011-0.0058
Flat paint on interior insulation board				229			0.0044
Water emulsion on interior insulation board				1716-4863			0.00058-0.00021
Paint—3 coats							
	Unit Mass,						
	kg/m²						
Exterior paint, white lead and oil on wood siding		17-57			0.0059-0.017		
Exterior paint, white lead-zinc oxide and oil on wood		51			0.020		
Styrene-butadiene latex coating	0.6	629			0.0016		
Polyvinyl acetate latex coating	1.2	315			0.0032		
Chlorosulfonated polyethylene mastic	1.1	97			0.010		
	2.2	3.4			0.29		
Asphalt cutback mastic: 1.6 mm, dry		8.0			0.125		
4.8 mm, dry		0			∞		
Hot melt asphalt	0.6	29			0.034		
	1.1	5.7			0.175		

^aThis table permits comparisons of materials; but in the selection of vapor retarder materials, exact values for permeance or permeability should be obtained from the manufacturer or from laboratory tests. The values shown indicate variations among mean values for materials that are similar but of different density, orientation, lot, or source. The values should not be used as design or specification data. Values from dry-cup and wet-cup methods were usually obtained from investigations using ASTM E 96 and C 355; values shown under others were obtained by two-temperature, special cell, and air velocity methods.

^bDepending on construction and direction of vapor flow.

^cUsually installed as vapor retarders, although sometimes used as an exterior finish and elsewhere near the cold side, where special considerations are then required for warm side barrier effectiveness.

^dDry-cup method.

^eWet-cup method.

^fOther than dry- or wet-cup method.

^gLow permeance sheets used as vapor retarders. High permeance used elsewhere in construction.

^hResistance and resistance/mm values have been calculated as the reciprocal of the permeance and permeability values.

ⁱCast at 0.25 mm wet film thickness.

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างการซึมน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมผ่าน (Water Permeance and Permeability Values) ของวัสดุก่อสร้างอาคาร (ต่อ)¹⁰

¹⁰ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition, (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 25 Page 16-17

การติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor retarder) จะช่วยลดการแทรกซึมของไอน้ำได้มาก ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมให้มีความชื้นต่ำ ในบางกรณีความร้อนแฝง (Latent heat) ที่มาพร้อมกับความชื้นที่ผ่านผนังเข้ามาอาจจะเข้ามาได้มากกว่าทางอื่นๆ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ¹¹

$$q_m = MA\Delta p_v(h_g - h_f)$$

where

$$q_m = \text{latent heat gain, W}$$

$$M = \text{permeance of wall assembly, ng/(s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa)}$$

$$A = \text{area of wall surface, m}^2$$

$$\Delta p_v = \text{vapor pressure difference, Pa}$$

$$h_g = \text{enthalpy at room conditions, kJ/kg}$$

$$h_f = \text{enthalpy of water condensed at cooling coil, kJ/kg}$$

$$h_g - h_f = 2500 \text{ kJ/kg when room temperature is } 24^\circ\text{C} \text{ and condensate off coil is } 10^\circ\text{C}$$

2.6.2 การรั่วซึมของอากาศผ่านผนังอาคาร (Infiltration)

เนื่องจากความเร็วลมภายนอกที่พัดมาปะทะกับผนังทำให้เกิดแรงอัดที่ผิวผนัง ทำให้อากาศภายนอกนั้นรั่วซึมผ่านทางรอยร้าวของผิวผนังและตามแนวรอยต่อของโครงสร้าง อากาศที่รั่วซึมผ่านเข้ามานั้นมีทั้งความร้อนและความชื้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศโดยจะคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{\text{sensible}} = 1.10 \cdot \text{cfm} \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{latent}} = 4840 \cdot \text{cfm} \cdot \Delta W$$

เมื่อ cfm = อัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนัง (cubic feet per minute)

Δt = ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอก ($^\circ\text{F}$)

ΔW = ความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในและอากาศภายนอก (Pounds of water per pound of dry air)

¹¹ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Handbook

ตารางที่ 2-3 Effective Air Leakage Areas (Low-Rise Residential Applications Only)¹²

Walls (exterior)	Unit	Best Estimate	Minimum	Maximum
Cast-in-place concrete	In ² /ft ²	0.007	0.0007	0.026
Clay brick cavity wall, finished	In ² /ft ²	0.0098	0.0007	0.033
Precast concrete panel	In ² /ft ²	0.017	0.0004	0.024
Lightweight concrete block, painted or stucco	In ² /ft ²	0.05	0.019	0.058
Heavyweight concrete block, painted or stucco	In ² /ft ²	0.0036		
Continuous air infiltration barrier	In ² /ft ²	0.002	0.0008	0.003
Rigid sheathing	In ² /ft ²	0.005	0.0042	0.006

Note: Air leakage areas are based on values found in the literature. The effective air leakage area (in square inches) is based on a pressure difference of 0.016 in. of water
 $\text{ft}^2 = \text{gross area in square feet}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹² American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Handbook
 Fundamental S-I Edition, (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 26 Page 15

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน¹³

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการกำหนดตำแหน่งของมวลสารและฉนวนทั้งในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางฉนวนและมวลสาร
2. การทดสอบพฤติกรรมการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการใช้งานในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
3. การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

ในขั้นตอนแรก ได้ทำการติดตั้งฉนวนด้านนอกแผ่นคอนกรีต กึ่งกลางแผ่นคอนกรีต และด้านในแผ่นคอนกรีต ผลการทดสอบพบว่า ตำแหน่งของฉนวนและมวลสารที่เหมาะสมคือ การใช้วัสดุฉนวนด้านนอกเพื่อลดอิทธิพลที่รุนแรงจากสภาพอากาศภายนอกและใช้วัสดุมวลสารที่มีค่าความร้อนไว้ด้านใน เพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ผ่านวัสดุฉนวนเข้าสู่ภายในอาคาร

ในขั้นตอนที่ 2 ผลจากการทดสอบการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศ พบว่า ควรใช้การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารด้านในทั้ง 2 กรณี แต่มีข้อระวังในการเลือกใช้มวลสารภายในของระบบปรับอากาศ เนื่องจากมวลสารปริมาณมากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

ในขั้นตอนที่ 3 การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน พบว่าการใช้วัสดุเคลือบผิวที่มีการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ส่งผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในเซลล์ทดสอบ โดยวัสดุที่เคลือบผิวด้วยสีดำ ทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่เคลือบด้วยสีขาว และวัสดุที่มีการบังแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าที่ไม่มี การบังแสงดวงอาทิตย์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารภายในมีความเหมาะสมทั้งการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศ โดยที่อาคารที่ไม่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารปริมาณมากภายในอาคาร เพื่อให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะนำสบายในเวลากลางวัน อาคารที่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารปริมาณน้อยภายในอาคารเพื่อให้เครื่องปรับอากาศไม่สิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

¹³ รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, "อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน," (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น¹⁴

เป็นการวิจัยเปรียบเทียบระบบผนังที่มีช่องอากาศระหว่างแบบเปิดและแบบปิด โดยที่เลือกทำการทดสอบกับผนังมวลสารมาก(ผนังก่ออิฐฉาบปูน) และผนังมวลสารน้อย (ผนังโฟม) รวมทั้งผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ(วัสดุ 2 ชนิดหลังเป็นวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ) แบ่งผนังทดสอบเป็น 5 กรณีดังนี้

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องว่างอากาศ + ผนังก่ออิฐฉาบปูน
3. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องว่างอากาศ + โฟม
4. โฟม + ช่องว่าง + ผนังก่ออิฐฉาบปูน
5. ผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ + ช่องว่างอากาศ + โฟม

จากการวิจัยพบว่า

- ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถระบายความร้อนภายในช่องอากาศและมีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน คือว่าระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด
- ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด(อาคารที่ไม่ปรับอากาศในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน) ผนังชั้นในเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าภายนอกมากกว่าชั้นในที่เป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย
- ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด(อาคารปรับอากาศ) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนได้ดี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในช่องว่างอากาศและความสามารถในการกันความร้อนของผนังด้านใน
- ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุดได้แก่ ผนังภายนอกเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก และผนังภายในเป็นวัสดุมวลสารน้อยสามารถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวันได้ดี สามารถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวันได้ดี ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ทั่วไปถึงประมาณ 12.5 เท่า

¹⁴ ประพันธ์ จงปดิชิตต์, “การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538)

การปรับปรุงผนังอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน : กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย¹⁵

เป็นการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการประเมินประสิทธิภาพและคุณสมบัติของฉนวนที่เหมาะสม เพื่อนำมาปรับปรุงอาคารในจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ในการลดการถ่ายเทความร้อนและเป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของอาคารที่จะลดค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้

ในการวิจัยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาด้านกายภาพของผนังอาคารจริง 4 อาคาร(เป็นอาคารในจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย) ส่วนที่ 2 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฉนวนที่ใช้กับผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 แบบ โดยเน้นไปที่การศึกษาความหนาของฉนวนกันความร้อนที่ต่างกัน คือ 1,2 และ 3 นิ้ว นำมาประกอบทั้งภายในและภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูน

ผลการวิจัยพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ที่วัดได้จริงจากอาคารมีค่ามากกว่าการคำนวณ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพฉนวน 8 แบบ กับผนังก่ออิฐฉาบปูน พบว่าสัดส่วนความต้านทานความร้อนที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้เป็นสัดส่วนเดียวกับปริมาณความร้อนที่ลดลง โดยที่ฉนวนกันความร้อนหนา 1 นิ้ว ทำให้ปริมาณความร้อนลดลง 50 % ฉนวนกันความร้อนที่ 2,3 นิ้ว ทำให้ปริมาณความร้อนลดลง 60% และ 62% ตามลำดับ มีระยะเวลาการคืนทุนที่ใกล้เคียงกัน (ที่อัตราค่าไฟฟ้าแบบใหม่มีการคืนทุนเร็วขึ้น 70%) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฉนวนหนา 2,3 นิ้ว ในการปรับปรุงผนังก่ออิฐฉาบปูนควรเลือกใช้ที่ค่าความต้านทาน 8 Hr.Sq.ft. °F / Btu. คิดตั้ง ณ. ตำแหน่งภายนอกจะเหมาะสมมากสำหรับอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹⁵ สิริชัย วุฒิวรงค์, “การปรับปรุงผนังอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน : กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539)

การป้องกันการเกิดควมแน่นของฉนวนใยแก้วในระบบผนังอาคาร¹⁶

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งหาวิธีป้องกันความชื้นที่ซึมผ่านถึงเซลล์ฉนวนโดยมีการทดลองด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้วในผนังทดสอบ ขนาด 0.6 x 0.6 เมตร ผนังที่ใช้ทดสอบได้แก่ ผนังก่ออิฐ ผนังคอนกรีตมวลเบา และ ผนัง EIFS โดยทำการติดตั้งผนังทดสอบบนอาคารทดลองขนาด 3.00 x 3.00 x 2.40 เมตร ผนังอาคารทำจากวัสดุโฟมหนา 0.10 เมตร ความหนาแน่น 1 ปอนด์ ต่อลูกบาศก์ฟุตเพื่อป้องกันความร้อนและความชื้นรั่วซึมเข้าสู่อาคารทดลอง ส่วนฝ้าเพดานติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน โดยภายในอาคารทดลองมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารดังกล่าวตามรูปแบบอาคารปรับอากาศทั่วไป สำหรับการเก็บข้อมูลจะใช้การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและความชื้นบริเวณผิวฉนวนด้านในและด้านนอกภายในผนังทดสอบ

ความชื้นจากอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการควมแน่นในผนังอาคาร และจะเกิดการสะสมความชื้นในผนัง โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับอากาศซึ่งเกิดจากการที่อุณหภูมิภายในผนังลดลงถึงจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดการควมแน่นของไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างเล็กๆในผนัง หากผนังชนิดใดมีอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงก็จะเกิดการควมแน่นได้ง่ายแสดงว่ามีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้น้อย ซึ่งในการวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการป้องกันความชื้นจากภายนอกและลดความชื้นในช่องผนังในการทดลองมีดังนี้

การเปรียบเทียบผนังกันความชื้นที่ขอบฉนวนและผนังไม่กันความชื้นที่ขอบฉนวนจากการวิจัยพบว่าชุดผนังกันความชื้นที่ขอบฉนวนมีจุดควมแน่นต่ำกว่าผนังไม่กันความชื้นที่ขอบฉนวน โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดควมแน่นระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาดูด้วยกันพบว่ามีค่าต่างกัน 1 องศาเซลเซียส ผนังก่ออิฐดูด้วยกันพบว่ามีค่าต่างกัน 1 องศาเซลเซียส และระหว่างผนัง EIFS พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อป้องกันความชื้นที่ขอบฉนวน ผนังคอนกรีตมวลเบา มีจุดอุณหภูมิควมแน่นเท่ากับ 16 องศาเซลเซียสที่สูงกว่าผนังก่ออิฐ 2 องศาเซลเซียส และสูงกว่าผนัง EIFS 2 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบผนังฉนวนเปเปอร์และไม่ฉนวนเปเปอร์ จากการวิจัยพบว่า ผนังฉนวนเปเปอร์มีจุดควมแน่นสูงกว่าผนังไม่ฉนวนเปเปอร์ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดควมแน่นระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาดูด้วยกันพบว่ามีค่าต่างกัน 9 องศาเซลเซียส ระหว่างผนังก่ออิฐต่างกัน 6 องศาเซลเซียส และระหว่างผนัง EIFS ต่างกัน 3 องศาเซลเซียส และพบว่าเมื่อมีการติดตั้งฉนวนเปเปอร์

¹⁶ รท. จันทร์รุ่ง มนตรีวิเศษ, "การป้องกันการเกิดควมแน่นของฉนวนใยแก้วในระบบผนังอาคาร," (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541)

ผนังคอนกรีตมวลเบาจะมีจุดควบแน่น 19 องศาเซลเซียส สูงกว่าผนังก่ออิฐ 4 องศาเซลเซียสและสูงกว่าผนัง EIFS 7 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบผนังทาสีและผนังไม่ทาสี จากการวิจัยพบว่าชุดผนังทาสีมีจุดควบแน่นสูงกว่าผนังไม่ทาสี โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดควบแน่นระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาด้วยกันพบว่าต่างกัน 4 องศาเซลเซียส ระหว่างผนังก่ออิฐไม่ต่างกัน และระหว่างผนัง EIFS ต่างกัน 2 องศาเซลเซียส และพบว่าเมื่อทาสีผนังคอนกรีตมวลเบาจะมีจุดอุณหภูมิควบแน่นที่ 17 องศาเซลเซียส สูงกว่าผนังก่ออิฐ 4 องศาเซลเซียส และสูงกว่าผนัง EIFS 9 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบผนังมีช่องระบายอากาศและไม่มีช่องระบายอากาศ จากการวิจัยพบว่าชุดผนังที่ช่องระบายอากาศเกิดการควบแน่นที่ผนังทุกๆ 25 องศาเซลเซียส ส่วนผนังที่ไม่มีช่องระบายอากาศยังไม่เกิดการควบแน่นแค่พบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นของผนังคอนกรีตมวลเบาอยู่ที่ 13 องศาเซลเซียส สูงกว่าผนังก่ออิฐ และผนัง EIFS 1 องศาเซลเซียส

โดยงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ความชื้นที่อยู่ภายนอกอาคารจะมีปริมาณความดันไอสูง ซึ่งจะซึมแทรกผ่านผนังเข้ามากระทบกับความเย็นภายในอาคารที่มีการปรับอากาศทำให้เกิดการควบแน่นภายในช่องว่างระหว่างผนัง หากมีการป้องกันโดยการลดความชื้นจากผิวผนังภายนอก เช่นการทาสี จะเป็นตัวช่วยลดการควบแน่นได้ แต่สิ่งที่ไม่เหมาะสมก็คือการสกัดกั้นความชื้นที่ผิวด้านในอาคาร เนื่องจากจะทำให้การระบายปริมาณไอน้ำสู่ภายในอาคารได้ยาก ก่อให้เกิดความชื้นในช่องผนังมากขึ้น เช่น การติดตั้งวอลเปเปอร์ที่ผนังด้านในยิ่งก่อให้เกิดการควบแน่นได้ง่าย ดังนั้นจึงควรปล่อยให้ความชื้นบางส่วนซึมผ่านเข้ามาผสมกับอากาศแห้งที่อยู่ภายในอาคารจึงจะเหมาะสมกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร¹⁷

เป็นการวิจัยที่ทำการปรับปรุงผนังอาคารเดิมโดยการเข้าร่วมกับฉนวนกันความร้อน โดยที่ผนังทดสอบ 2 ชนิด คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังมวลเบา เพื่อศึกษาหารูปแบบในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่างๆ กับผนังทดสอบทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 4 ทิศของอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งหาความหนาที่เหมาะสมและทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน โดยพิจารณาจากตัวแปรด้านอุณหภูมิ ประกอบกับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. ทำการเลือกความหนาของฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-3 นิ้ว ที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงผนังของอาคารปรับอากาศใน 4 ทิศหลัก โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารของผนังเดิม 2. ทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า 1. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างคงที่และความสามารถในการลดความร้อนของฉนวน 1-3 นิ้วเมื่อเทียบกับผนังอาคารเดิมเท่ากับ 75%, 85%, 90% ตามลำดับและเมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานพบว่า การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนติดตั้งภายในและภายนอกที่ความหนา 3 นิ้วทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดและสามารถลดอัตราค่าไฟฟ้าสูงสุดได้ดีกว่า 2. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ มากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย(อุณหภูมิเกือบคงที่ตลอดวัน) และมีระยะเวลานั่งเฝ้าความร้อนที่ยาวนานกว่าคือ การติดตั้งภายในหนึ่งชั่วโมงความร้อนได้ 4 ชั่วโมง และติดตั้งฉนวนภายนอกหนึ่งชั่วโมงความร้อนได้ 5 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาลดลง นอกจากนี้การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารยังสามารถป้องกันการเกิดสะพานความร้อน ป้องกันความชื้น จึงไม่มีผลต่อการเกิดการควบแน่นในผนังและไม่ทำให้สูญเสียพื้นที่ใช้งานในอาคารและเป็นการลดค่าภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้

¹⁷ กัญจน์ พิเชษฐศิลป์, “แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545)

อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ¹⁸

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศของผนังทดสอบ 4 ชนิด คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้ว

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1. การศึกษาพฤติกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิด 2. การศึกษาพฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการติดตั้งฉนวนที่ผนังด้านนอกและด้านในอาคาร 3. การวิเคราะห์พฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร

ผลการศึกษาการศึกษากฎกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิด พบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากมีมวลสารน้อยและมีความพรุนของมวลสารมากจึงมีปริมาณความชื้นซึมผ่านเข้ามาได้มาก โดยมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 15.74 g/kg และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด 10.16 g/kg และมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้น้อยที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยประมาณ 6.3 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้วมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้มากที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 0.3 องศาเซลเซียส กรณีที่ทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร พบว่าการทาสีผนังด้านนอกสามารถลดการแทรกซึมของความชื้นผ่านผนังเข้ามาในอาคารได้น้อยลง ผลการทดสอบพบว่าที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ทาสีด้านนอกจะมีปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผนังที่ไม่ทาสีด้านนอกอาคารตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ และในการวิเคราะห์แนวทางการป้องกันความชื้นโดยการติดตั้งฉนวนกันความชื้นที่ผนังด้านนอกอาคารและด้านในอาคาร พบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วที่ติดตั้งฉนวนโพลีเอทีที EPS หนา 1 นิ้ว ที่ด้านนอกอาคารสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าผนังที่ติดตั้งฉนวนชนิดเดียวกันที่ด้านใน โดยที่ปริมาณความชื้นที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ติดตั้งฉนวนด้านนอกโดยเฉลี่ยต่ำกว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคาร

สรุปผลการศึกษาพบว่าศักยภาพในการป้องกันความร้อนและความชื้นทดสอบมีปริมาณเอนทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ คือ ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว 63.82 KJ/Kg, ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว 60.39 KJ/Kg, ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว 59.99 KJ/Kg และผนัง EIFS ฉนวนหนา 3 นิ้ว 50.12 KJ/Kg และแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้นคือ การติดตั้ง

¹⁸ สุวิธา เบญจพร, "อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ," (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

ฉนวนด้านนอกอาคารเพราะสามารถป้องกันความชื้น ได้ดีกว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคารและยังลดโอกาสเกิดการควบแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างผนังอาคารกับฉนวนอีกด้วย

อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิด¹⁹

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาแสวงหาว่าปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดการรั่วซึมของอากาศ และแสวงหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศจากการรั่วซึมของอากาศ ผลที่ได้จากการวิจัยนำไปใช้ในการประเมินการสูญเสียพลังงานจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิด

ช่องเปิดที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย ช่องเปิดบานเกร็ด บานเปิด บานเลื่อนและบานติดตาย รวมไปถึงผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิดเมื่อสามารถหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้แล้ว จึงอาศัยการสร้างสมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรงเพื่อการทำนายผลจากข้อมูลที่รวบรวมได้ จากนั้นจึงนำมาใช้ในการประเมินการรั่วซึมของอากาศตลอดทั้งปี จากข้อมูลภูมิอากาศโดยคำนึงถึง ความร้อน ความชื้นและเอนทัลปีตลอดทั้งปี

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การรั่วซึมของอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิดนั้น มีปัจจัยสำคัญคือ ประเภทของช่องเปิดและความเร็วลมภายนอกที่มากกระทำ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่องเปิดที่ทำการทดลองแล้วพบว่า ช่องเปิดบานเกร็ดมีอัตราการรั่วซึมของอากาศสูงสุดต่อตารางเมตร คือมีการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศเฉลี่ย 3390 ตันชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตร อันดับที่ 2 คือช่องเปิดบานเปิด โดยเฉลี่ยสูญเสีย 2138 ตันชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตร อันดับที่ 3 คือช่องเปิดบานเลื่อน โดยเฉลี่ยสูญเสีย 192 ตันชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตรและอันดับสุดท้ายคือ ช่องเปิดติดตาย โดยเฉลี่ยสูญเสีย 178 ตันชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตร ในขณะที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีการรั่วซึมของอากาศส่งผลให้เกิดภาระการทำความเย็นโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0 ตันชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตร สำหรับอิทธิพลของทิศทางนั้น ทิศใต้จะมีแนวโน้มการสูญเสียพลังงานมากที่สุด โดยเฉลี่ยในทุกช่องเปิดและผนังที่ทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากทิศใต้มีแนวโน้มที่จะมีความเร็วลมภายนอกโดยเฉลี่ยสูงที่สุดและสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

¹⁹ ศศิน วิบูลย์ฉัตรกิจ, "อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิด," (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)