

บทที่ 2

ทฤษฎี ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ
- 2.2 เส้นใยจากมะพร้าว
- 2.3 กากเยื่อไผ่ปาล์ม
- 2.4 การเสื่อมลงของวัสดุผงหลังคา
- 2.5 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน
 - 2.5.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
 - 2.5.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา
 - 2.5.3 รูปทรงอาคารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน
- 2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุผงหลังคา
- 2.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพลังงานการปรับอากาศของอาคารพักอาศัย
- 2.8 รูปแบบสถาปัตยกรรมประเภทอาคารพักอาศัยบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์

2.1 ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ หรือเส้นใยพืชถูกใช้ในการเสริมกำลังให้กับวัสดุก่อสร้างมานาน เช่น การใช้ฟางข้าว ขนม้า หรือเส้นใยพืชประเภทต่างๆ ผสมในดินหรือโคลนเพื่อทำก้อนอิฐดินดิบ จนมาถึงปลายศตวรรษที่ 19 ที่มีการใช้แร่ใยหินผสมกับซีเมนต์เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้าง และใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงโทษที่เกิดขึ้นจากกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยประเภทนี้ ซึ่งจะเป็นอันตรายมากหากเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ จึงมีผลิตภัณฑ์กระเบื้องผงหลังคาประเภทอื่นออกมาทดแทน และกระเบื้องผงหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะเป็นที่นิยมของประเทศไทยในอนาคต เนื่องจากใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำและไม่ก่อสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ V.K. Mathur (2005) A.C. Stancato, et al. (2005) และ C. Asasutjarit et al. (2005) เป็นต้น โดยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยจากประเทศกำลังพัฒนาซึ่งเน้นการเลือกใช้เส้นใยธรรมชาติหรือพืชในภูมิภาคของตน และมุ่งไปในการพัฒนาคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ มีเพียงส่วนน้อยที่สนใจในการ

พัฒนาคุณสมบัติทางความร้อน หรือการเป็นฉนวนกันความร้อน กันเสียง หรือการประหยัดพลังงาน โดยสรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1
เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เส้นใยในแต่ละประเทศ

ประเทศ (ค.ศ.)	เส้นใย	ส่วนผสมอื่นๆ	รูปแบบผลิตภัณฑ์	ปัญหาที่พบ
วัตถุประสงค์ : เพื่อพัฒนาคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)				
ไทย (1994)	ผักตบชวา (Water hyacinth fiber)	เถ้าแกลบ (Rice hush ash)	วัสดุถุงหลังคา	ปริมาณความชื้น และกำลังรับแรงอัด
ฝรั่งเศส (2001)	กากอ้อย (Sugar cane bagasse)	-	แผ่นผนังซีเมนต์ เส้นใย	ปริมาณความชื้น
แอลจีเรีย (2005)	กากทะลายนปาล์ม (Date palm fiber)	-	คอนกรีต	ปริมาณความชื้น และกำลังรับแรงอัด
อินเดีย (2005)	ป่านศรนารายณ์ และปอ กระเจา(Sisal fiber and jute fiber)	-	วัสดุผสมเส้นใย ธรรมชาติ	ความทนทานและ ปริมาณความชื้น
บราซิล (2005)	กากพืชผักและเศษไม้ (Treated vegetable residue and wooden chips)	ลาเท็กซ์ โพลีเมอร์ (latex type polymer)	วัสดุซีเมนต์-โพลีเมอร์ ผสมกากพืชผัก	ปริมาณความชื้น
เม็กซิโก (2005)	ว่านหางจระเข้ (Agave Lecheguilla fibre)	เถ้าลอย	วัสดุผสมเส้นใย ธรรมชาติ	-
สเปน (2008)	เยื่อกระดาษ (Paper sludge waste)	วัสดุปอชโซลาน	คอนกรีต	-

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ประเทศ (ค.ศ.)	เส้นใย	ส่วนผสมอื่นๆ	รูปแบบ ผลิตภัณฑ์	ปัญหาที่พบ
พื้นที่ตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา (2009)	ใยเปลือกสนเสริมความทนทานด้วยด่าง (Slash pine fiber coated alkaline stability)	-	แผ่นผนังซีเมนต์ เส้นใย	ราคาสูง
สหรัฐอเมริกา(2009)	ของเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ (Waste pulp and paper mill residue)	วัสดุผสมฟอสเฟส และ เถ้าลอย	วัสดุเซรามิก-คอนกรีต (Ceramicrete)	ปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัด
วัตถุประสงค์ : เพื่อพัฒนาคุณสมบัติด้านความร้อน (Thermal Properties)				
สหรัฐอเมริกา(1997)	คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon fiber)	ซิลิกาฟุ้ง ลาเทกซ์โพลีเมอร์ และเมทิลเซลลูโลส (Silane-treated silica fume, Latex and Methyl cellulose)	ซีเมนต์เพสต์	-
ไทย (2000)	เปลือกมะพร้าวอ่อนและเปลือกทุเรียน	-	มอร์ตาร์น้ำหนักเบา	ปริมาณความชื้น
ไทย (2004)	เปลือกมะพร้าวอ่อนและเปลือกทุเรียน	-	แผ่นผนัง	มอดูลัสของความยืดหยุ่นต่ำ
ไทย (2005)	ใยมะพร้าว	-	แผ่นผนังน้ำหนักเบา	ความทนทานและปริมาณความชื้น
ไทย (2005)	ใยมะพร้าว	ดิน	บล็อกดินซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด

ที่มา: Chatveera, 1994

Bilba et al, 2001

Kriker et al, 2005

Mathur, 2005

Stancato et al, 2005

Ce sar et al, 2005

Garc et al, 2008

Morton et al, 2009

Donahue et al, 2009

Fu et al, 1997

Khedari et al, 2000

Khedari et al, 2004

Khedari et al, 2004

Asasutjarit et al, 2005

เส้นใยพืชแต่ละประเภทที่ใช้ในการผสมส่งผลที่แตกต่างกันต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานต่างประเภท และมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นในการใช้งาน เนื่องจากความแตกต่างของคุณสมบัติเฉพาะของเส้นใยแต่ละประเภท คุณสมบัติของเส้นใยพืชที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากลักษณะทางด้านกายภาพ พื้นที่หน้าตัด และลักษณะพื้นผิวของเส้นใย และลักษณะทางเคมีของพืชแต่ละประเภท เช่น ปริมาณร้อยละของโครงสร้างเซลลูโลส ปริมาณร้อยละของลิกนินที่เคลือบผิวเส้นใย เป็นต้น รวมไปถึงวิธีการผสม และกรรมวิธีในการผลิต (Chatveera, 1995) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2
การแสดงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผสมเส้นใย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ตัวแปร
ประเภทเส้นใย	มะพร้าว ป่านศรนารายณ์ อ้อย ใผ่ ปาล์ม ปอกระเจา กัญชง ป่าน ไม้ ฟางข้าว พืชต่างๆ
ลักษณะเส้นใย	ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง พื้นที่หน้าตัด วงแหวน
รูปทรงเส้นใย	Mono-filament, strands, crimped, and single-knotted
พื้นผิวเส้นใย	ความละเอียดของพื้นผิว สิ่งที่หุ้มผิว
ระบบโครงสร้าง	ประเภทซีเมนต์ ประเภทวัสดุผสมและขนาด ประเภทสารผสมเพิ่ม
การออกแบบส่วนผสม	ปริมาณน้ำ อัตราส่วนเส้นใย อัตราส่วนสารผสมเพิ่ม
วิธีการผสม	ประเภทของส่วนผสม ลำดับขั้นตอนในการผสมวัสดุ วิธีการผสมเส้นใย ระยะเวลา และความเร็วที่ใช้ในการผสม
วิธีการขึ้นรูป	ระบบปั๊มไฮดรอลิก ระบบการฉีดขึ้นรูป
วิธีการขึ้นรูป	แรงดันอัดขึ้นรูป
วิธีการบ่ม	บ่มน้ำ บ่มอากาศ บ่มพิเศษ

ที่มา: Chatveera, 1995

เส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยพืชในประเทศไทยที่พบมากทั้งประเภทจากพืชโดยตรง และประเภทจากของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตร ดังแสดงในตารางที่ 1.2 พบว่าประเภทของเส้นใยที่

มีความเหมาะสมทั้งลักษณะทางกายภาพ ความเป็นไปได้ด้านอื่นๆ และลักษณะทางเคมีที่จะใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นวัสดุกันความร้อน คือ เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์ม ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยที่ทำเรื่องการกันความร้อนของวัสดุก่อสร้างผสมเส้นใยกาบมะพร้าว ได้แก่ D.J. Cook (1978) ได้นำเส้นใยกาบมะพร้าวขนาดความยาว 37.5 มิลลิเมตร ผสมในปูนซีเมนต์และน้ำในปริมาณร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.3 แล้วอัดขึ้นรูปที่แรงดัน 1.67 เมกะปาสคาล เป็นกระเบื้องแผ่นเรียบ พบว่าลักษณะและปริมาณเส้นใยดังกล่าวมีความเหมาะสมกับการอัดเป็นแผ่นกระเบื้องที่มีคุณสมบัติเชิงกลตรงตามมาตรฐาน ASTM C 802-72 ในช่วงการทดสอบผลิตภัณฑ์ในระยะสั้น และราคาต้นทุนในการผลิตที่ถูกกว่าต้นทุนในการผลิตกระเบื้องมุงหลังคาประเภทสังกะสีและกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ไร้ใยหิน แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติในการกันความร้อนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อในเรื่องความร้อนที่อาจเข้าสู่ตัวอาคารผ่านทางหลังคา ส่วน Joseph Khedari (2000) ศึกษาอัตราส่วนผสมมอร์ต้าที่เหมาะสมเพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่กันความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทราย เส้นใยกาบมะพร้าว เปลือกทุเรียน และน้ำ พบว่ามอร์ต้าที่ผสมสัดส่วนเส้นใยกาบมะพร้าวที่ความยาวเส้นใยน้อยกว่า 2 มิลลิเมตรที่ร้อยละ 20 ของปริมาณปูนซีเมนต์ และใช้ทรายขนาดเล็กกว่า 0.71 มิลลิเมตร ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมในด้านความจุความหนาแน่นที่เบากว่ามอร์ต้าทั่วไปร้อยละ 52 กำลังรับแรงอัดที่เหมาะสมจะเป็นวัสดุที่ไม่ได้รับน้ำหนักมาก (Hollow non-load bearing concrete masonry unit) ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C 109 (2 MPa) และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ต่ำถึง 0.2543 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน ซึ่งต่ำกว่ามอร์ต้าทั่วไปถึงร้อยละ 85

การวิจัยเกี่ยวกับการผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในแผ่นผนังแบบเบา และพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ เชิงกล และทางความร้อนของแผ่นผลิตภัณฑ์ พบว่า เส้นใยที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงความยาว 1-6 เซนติเมตร และมีการต้มและล้างเส้นใยก่อนที่จะนำไปผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ : เส้นใย : น้ำ เท่ากับ 2:1:2 ซึ่งให้คุณสมบัติทั้งสามด้านได้ดีเทียบเท่าแผ่นผนังไม้อัด (Flake board) ตามท้องตลาด (Asasutjarit, 2005) ในปี 2009 Chanakan ศึกษาถึงขั้นตอนการเตรียมเส้นใยใน 2 รูปแบบ คือการล้าง และการต้มแล้วล้างเส้นใยก่อนที่จะนำไปผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เส้นใย : น้ำ (ตามน้ำหนัก) เท่ากับ 1:2:1 โดยใช้เส้นใยในช่วงความยาว 1-6 เซนติเมตร ประเภทที่ผ่านการต้มน้ำเดือดแล้วล้างให้ผลในด้านคุณสมบัติเชิงกลที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าการนำความร้อนนั้นยังคงสูงกว่าเส้นใยประเภทที่ไม่ได้ทำการล้างหรือต้ม แต่อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าการนำความร้อน และคุณสมบัติเชิงกลเช่นกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่า

ความหนาแน่นสูงกว่าจะแข็งแรงมากกว่า ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่า อันเนื่องมาจากช่องว่างอากาศในตัวผลิตภัณฑ์มีมากกว่า

ในต่างประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นคล้ายประเทศไทยมีการทำวิจัยในด้านนี้เช่นกัน G. Ramakrishna (2005) จากประเทศอินเดีย พบว่า ซีเมนต์มอร์ต้าแผ่นเรียบที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนผสมร้อยละ 2 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และความยาวเส้นใยเท่ากับ 40 มิลลิเมตร สามารถรับแรงอัดได้ดีที่สุด และ V. Agopyan (2005) ศึกษาการพัฒนาความทนทานของผลิตภัณฑ์กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติในประเทศบราซิล และมีการใส่ส่วนผสมเพิ่ม พบว่าการใช้เส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนผสมร้อยละ 2 และขึ้นรูปโดยวิธีเพรียให้ผลคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่ากระเบื้องมุงหลังคาที่ผสมจากกากใยป่านศรนารายณ์ และกากของต้นยูคาลิปตัส

ซึ่งพบว่าในงานวิจัยทั้งหยังังคงไม่ได้ประเมินทางเทคนิคในแง่คุณสมบัติการกันความร้อนของวัสดุกระเบื้องมุงหลังคาที่จะส่งผลต่อพลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในอาคารพักอาศัยของประเทศไทย

ส่วนกากเยื่อไผ่ปาล์มนั้นเป็นอีกหนึ่งเส้นใยที่มีคุณสมบัติพื้นฐานของเส้นใยและความแข็งแรงได้ด้านอื่น ๆ ใกล้เคียงกับเส้นใยกาบมะพร้าว ดังแสดงในตารางที่ 1.2 แต่มีผู้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับเส้นใยประเภทนี้ภายในประเทศไทยน้อย ในประเทศอื่นที่มีศักยภาพในการปลูกปาล์มน้ำมันนั้น ได้มีการคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากกากของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในหลายรูปแบบ เช่น นำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือนำไปเป็นส่วนผสมหนึ่งในวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น ในงานวิจัยของ A. Kriker (2005) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ผสมเส้นใยจากปาล์มน้ำมันในประเทศแอลจีเรีย โดยเลือกศึกษาเส้นใยจากส่วนต่างๆ ของต้นปาล์มน้ำมัน พบว่าเส้นใยจากผิวรอบทะลายให้ผลที่เหมาะสมที่สุดในเชิงกลของวัสดุก่อสร้าง โดยผสมในสัดส่วนร้อยละ 2-3 โดยปริมาตร และความยาวเส้นใยในช่วง 15-60 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถพัฒนากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตในช่วงหลังจากเกิดการแตกร้าว (crack) และประสิทธิภาพการทนทานโดยเฉพาะในสภาพภูมิอากาศประเภทร้อนแห้ง และเสนอแนะว่าเส้นใยในสภาพเปียก (สภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ) ให้ผลทางด้านกำลังความแข็งแรงดีกว่าเส้นใยสภาพแห้ง เนื่องจากปริมาณน้ำในเส้นใยมีเพียงพอ ทำให้เส้นใยไม่ดูดซึมน้ำในส่วนที่เป็นน้ำของส่วนผสมซีเมนต์ ซึ่งทำให้คอนกรีตมีส่วนผสมของน้ำที่พอเหมาะและส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของคอนกรีตในภายหลัง โดยยังขาดการศึกษาในด้านคุณสมบัติการกันความร้อนของวัสดุที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารพักอาศัย

2.2 เส้นใยจากมะพร้าว

มะพร้าวนับเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยส่วนใหญ่มีบริเวณจังหวัดริมชายฝั่งทะเล เส้นใยจากมะพร้าวจะถูกแกะออกมาจากด้านในของเปลือกมะพร้าว ซึ่งสามารถแกะออกมาได้ด้วยมือหรือใช้เครื่องช่วยแกะ เป็นเส้นใยที่มีการนำมาผสมใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุก่อสร้างมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณมาก ราคาถูก ให้คุณสมบัติเชิงกลที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ สามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่าย และไม่มีสารพิษอันตราย (Assasutjarit et al, 2005) แต่ก็มีเส้นใยจากมะพร้าวบางส่วนที่ถูกละทิ้งหรือถูกเผาทิ้ง เป็นผลให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม

ภาพที่ 2.1

กระบวนการคัดแยกเส้นใยจากมะพร้าว



ที่มา: FAO, 2009

เส้นใยจากมะพร้าวแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เส้นใยจากลูกมะพร้าวสีน้ำตาล และจากลูกมะพร้าวสีเขียว โดยเส้นใยจากลูกมะพร้าวสีน้ำตาลซึ่งเป็นลูกมะพร้าวที่เติบโตเต็มที่ หากนำไปล้างผ่านน้ำประมาณ 10 ครั้ง เส้นใยที่ได้จะมีสีขาวกว่าและผิวเส้นใยที่ละเอียดกว่าเส้นใยที่ได้จากลูกมะพร้าวที่เจริญไม่เต็มที่จากลูกมะพร้าวสีเขียว เส้นใยมะพร้าวทั่วไปมีความยาวประมาณ 350 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12-0.25 มิลลิเมตร และความหนาแน่นเส้นใยเท่ากับ 1250 กิโลกรัมต่อลบ.ม. เป็นเส้นใยที่มีปริมาณลิกนินที่เคลือบผิวเส้นใยมากที่สุดในบรรดาเส้นใยพืช ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง ส่วนกำลังรับแรงดึงมีค่าน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงของเส้นใยจากกล้วย แต่มีคุณสมบัติในการต้านทานปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์ และการกัดกร่อนจากน้ำเค็มได้ดี (FAO, 2009)

2.3 กากเยื่อใยปาล์ม

ปัจจุบัน ประเทศไทยมีแหล่งเพาะปลูกปาล์มน้ำมันที่สำคัญอยู่ในจังหวัดกระบี่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร และจังหวัดอื่นๆ เป็นจำนวนประมาณ 2,031,242 ไร่ ทำให้สามารถผลิตน้ำมันดิบได้ประมาณปีละ 700,000 – 800,000 ตัน และมีแนวโน้มความต้องการน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากราคาถูก ส่งผลให้อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วย ซึ่งกรรมวิธีและขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มจะเริ่มจากคัดแยกทะลายปาล์มตามคุณภาพออกจากผลปาล์ม กากจากผลปาล์มที่ผ่านการสกัดปาล์มน้ำมันบริสุทธิ์ส่วนนี้คิดเป็นร้อยละ 12 ของช่อปาล์มน้ำมันซึ่งจะถูกส่งไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น ผลิตเป็นเส้นใยหรือเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น (วาริ ช้วนรักธรรม, 2548)

ปาล์มมีหลายประเภท ได้แก่ อินทผาลัม (Date Palm) ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) และปาล์มแอฟริกา (Raphia Palm) แต่ประเภทที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) เนื่องจากมีปริมาณในการเจริญเติบโตภายในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ลักษณะของกากเยื่อใยปาล์มน้ำมันมีความยาวประมาณ 20-100 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2-0.8 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเส้นใยเท่ากับ 1300-1450 กิโลกรัมต่อลบ.ม. และคุณสมบัติเชิงกลที่น้อยกว่าของเส้นใยกาบมะพร้าวไม่มาก เนื่องจากผนังของเซลล์ที่หุ้มเส้นใยค่อนข้างหนา ทำให้เกิดปฏิกิริยากับส่วนผสมอื่นได้ยาก (Marja-Sisko, 1995) จึงต้องมีการเตรียมเส้นใยก่อนการผสมในวัสดุอื่น เช่น การล้างน้ำ การต้ม การแช่ในสารเคมีพิเศษ เป็นต้น

ภาพที่ 2.2

กระบวนการคัดแยกกากเยื่อใยปาล์ม



ที่มา: วาริ ช้วนรักธรรม, 2548

2.4 การเสื่อมลงของวัสดุผนังหลังคา

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้สภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบร้อนและชื้น มีฤดูฝนที่ยาวนาน และฤดูร้อนเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ปริมาณความชื้นของอากาศในช่วงเวลากลางวันที่มีอุณหภูมิสูง ลดลง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แต่ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงกลางคืน เพราะความร้อนจากดินถูกคายออกมาสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ เป็นผลให้อุณหภูมิอากาศลดลง ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทยจะสูงในช่วงเช้า ประมาณ 6.00 น. และลดลงในช่วงเวลากลางวันถึง 14.00 น. และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเช้าของวันถัดไป (Thai Meteorological Department, 2009)

ปริมาณความชื้นในอากาศส่งผลกระทบต่อวัสดุก่อสร้าง และปริมาณความชื้นภายในอาคารด้วย ซึ่งเกิดจากรายละเอียด ดังนี้

- การดูดซึมน้ำผ่านผนัง หรือหลังคา
- การดูดซึมน้ำผ่านรูรั่วระหว่างโครงสร้างอาคาร หรือหลังคา
- การดูดซึมน้ำผ่านช่องเปิด
- การดูดซึมน้ำจากความชื้นในวัสดุและโครงสร้างอาคาร หรือหลังคา
- การดูดซึมน้ำจากความชื้นในเฟอร์นิเจอร์
- การดูดซึมน้ำจากอากาศภายนอกที่เข้ามาแทนที่อากาศภายในอาคาร

ปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นไม่เพียงส่งผลกระทบด้านลบให้กับวัสดุก่อสร้างอาคารแล้ว เช่น เกิดการผุกร่อน เกิดการแตกร้าวจากการหดและขยายตัวของวัสดุ และเกิดการทุดเนื่องจากบรรทุกน้ำหนักที่มากเกินไป เป็นต้น ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคารด้วย

ในกรณีการเสื่อมของวัสดุผนังหลังคา นอกจากจะมีเรื่องความชื้นแล้ว เรื่องความร้อนเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ควรคำนึงถึง ลักษณะการเสื่อมของวัสดุผนังหลังคาทั่วไป (รุ่งคุณ ราชินวล, 2550) มีดังนี้

- กระเบื้องสังกะสี มีสภาพอยู่ได้เพียง 1 ปี จะเกิดการตกละเอียดและเป็นสนิมสีน้ำตาลไหม้ จึงเหมาะแก่การใช้เป็นวัสดุสำหรับอาคารชั่วคราว
- กระเบื้องซีเมนต์แฉะโยหิน จะเกิดตะไคร่ หรือราดำในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้คุณภาพต่ำจากค่ามาตรฐาน
- กระเบื้องหลังคาลอนอลูมิเนียม เกิดปัญหาน้อยที่สุด แม้จะมีฝุ่นจับบ้าง แต่เป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เนื่องจากเป็นโลหะ

2.5 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน

2.5.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การถ่ายเทความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

(1) การนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยโครงสร้างของโมเลกุลจะเกิดการสั่น และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เพื่อนำความร้อน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการนำความร้อน

(1.1) ตัวกลาง โดยตัวกลางที่นำความร้อนได้ดี ได้แก่ หิน คอนกรีต เป็นต้น และตัวกลางที่นำความร้อนได้แย่ ได้แก่ ไม้ เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น

(1.2) ความหนาแน่น โครงสร้างของโมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มาก เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นต้น แต่สำหรับฉนวนจะมีค่าความหนาแน่นน้อย แต่อย่างไรก็ตามฉนวนแต่ละประเภทจะมีค่าความหนาแน่นที่เหมาะสมแตกต่างกัน

(2) การพาความร้อน (Heat Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ตัวของอากาศ หรือของไหลเป็นศูนย์กลาง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการพาความร้อน

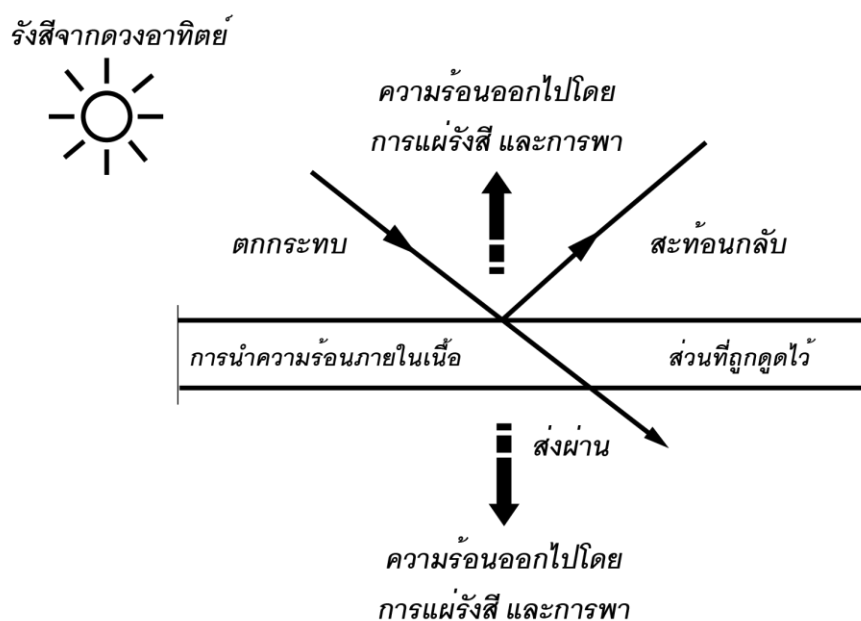
(2.1) ขนาดพื้นผิวของวัสดุ หรือของไหล

(2.2) ตัวกลางจะต้องอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

(2.3) ความเข้มข้นของตัวกลางที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน

(3) การแผ่รังสีความร้อน (Solar Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ หรือการสั่นของอิเล็กตรอนหรือโมเลกุล การถ่ายเทความร้อนประเภทนี้จะแตกต่างจากอีกสองวิธี เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางใดๆ ในการถ่ายเทความร้อน เมื่อรังสีความร้อนกระทบวัสดุต่างๆ จะเกิดการส่งผ่านรังสี (Transmission) บางส่วนถูกดูดกลืน เรียกว่า การดูดซับรังสี (Absorption) และบางส่วนสะท้อนออกมา เรียกว่า การสะท้อนรังสี (Reflection) ส่วนที่ถูกดูดกลืนจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของวัสดุ จะเกิดการคายรังสี (Emission)

ภาพที่ 2.3
การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับวัสดุเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์



ที่มา: จารุรัตน์ นาคฤทธิ, 2548

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา

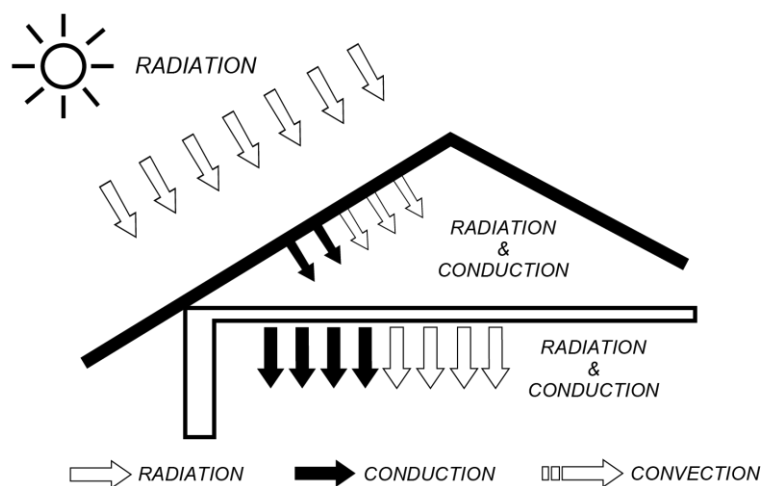
แหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร ได้แก่ หลังคา ผนัง พื้น และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ ซึ่งล้วนส่งผลต่อพลังงานในการทำ ความเย็นของระบบปรับอากาศในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพลังงานการปรับอากาศของอาคารพักอาศัย ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนสู่อาคารทางหลังคา

โดยทั่วไปการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา เกิดจากความแตกต่างของ อุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ทำให้เกิดการนำ การพาและการแผ่รังสีของความร้อน ซึ่ง พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่หลังคาจะแปรผันกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุมุง หลังคา วัสดุฝ้า สี และความหนาแน่นของมวลหลังคา (จารุรัตน์ นาคฤทธิ, 2548)

ในช่วงเวลากลางวันพื้นที่หลังคา เป็นส่วนที่สามารถรับแสงและรังสีความร้อนของดวง อาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก ความร้อนที่สะสมในวัสดุมุงหลังคาจึงถูกถ่ายเทสู่ช่องว่างอากาศใต้หลังคา พื้นที่ฝ้าเพดาน และพื้นที่ อาคารพักอาศัยภายในตามลำดับ ส่งผลให้พื้นที่ภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงเวลากลางวัน

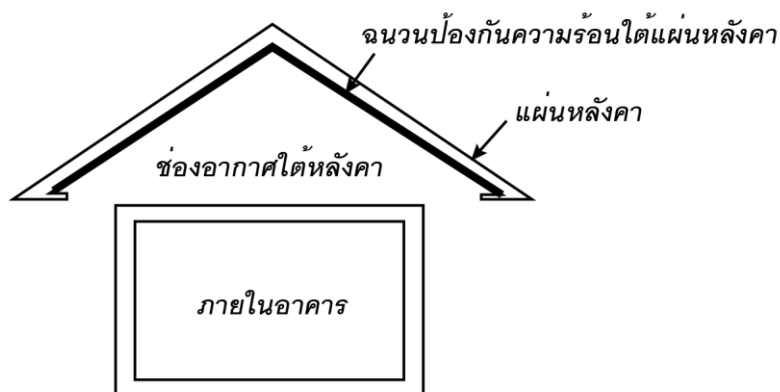


ที่มา: อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2541

นอกจากปรับปรุงคุณสมบัติในการกั้นความร้อนของวัสดุุมงหลังคาแล้ว การติดตั้งฉนวนเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนทางหลังคาในช่วงเวลากลางวัน พบว่าตำแหน่งที่ควรติดตั้งฉนวนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคาร คือ ติดตั้งบริเวณใต้แผ่นหลังคา (ครรชิต เหลียงไพบูลย์, 2543)

ภาพที่ 2.5

ฉนวนป้องกันความร้อนใต้แผ่นหลังคา



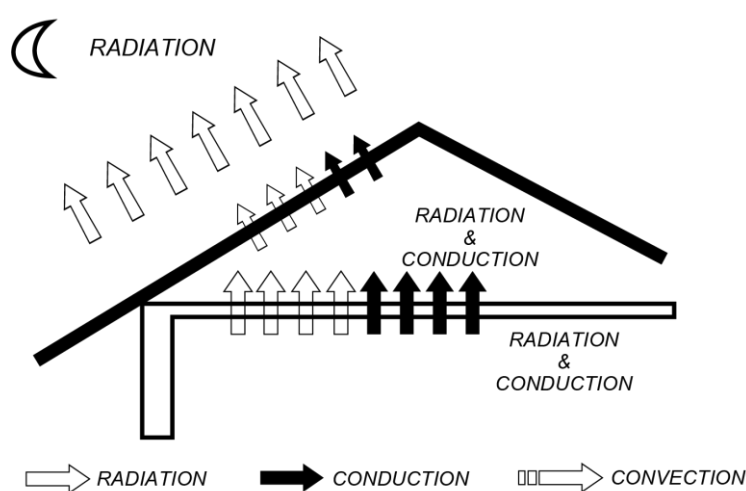
ที่มา: จารุรัตน์ นาคฤทธิ, 2548

ในช่วงเวลากลางคืน มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า (night sky radiation) ส่งผลให้อุณหภูมิผิวของวัสดุผนังหลังคาภายนอกอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในส่วนของช่องว่างอากาศใต้หลังคา พื้นที่ฝ้าเพดาน และพื้นที่ภายในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าก็จะสูญเสียความร้อนให้กับผิววัสดุผนังหลังคาภายนอก ทำให้พื้นที่ภายในอุณหภูมิลดลง ดังภาพที่ 2.6

หากพิจารณาในช่วงเวลากลางคืนด้วยแล้ว การติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้บริเวณใต้แผ่นหลังคา จะเป็นผลให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนออกสู่พื้นที่อากาศภายนอกลดลง ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งฉนวนบริเวณฝ้าเพดานเพิ่มเติม เพื่อลดปริมาณความร้อนจากช่องว่างอากาศใต้หลังคาที่จะถ่ายเทสู่พื้นที่ภายนอกอาคาร

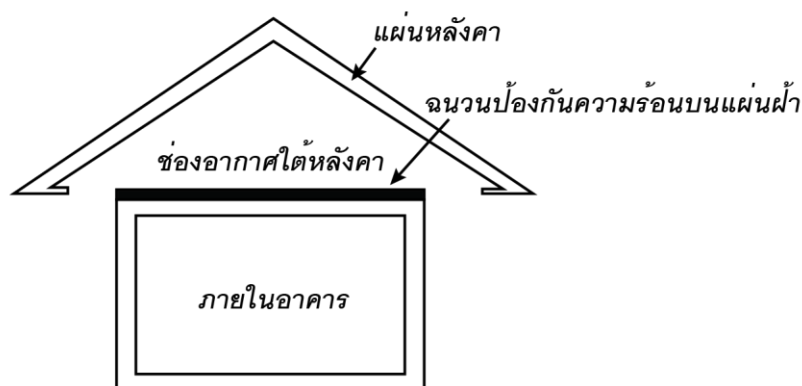
ภาพที่ 2.6

พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงเวลากลางคืน



ที่มา: อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรพน, 2541

ภาพที่ 2.7
ฉนวนป้องกันความร้อนบนแผ่นฝ้า



ที่มา: จารุรัตน์ นาคุณทิพย์, 2548

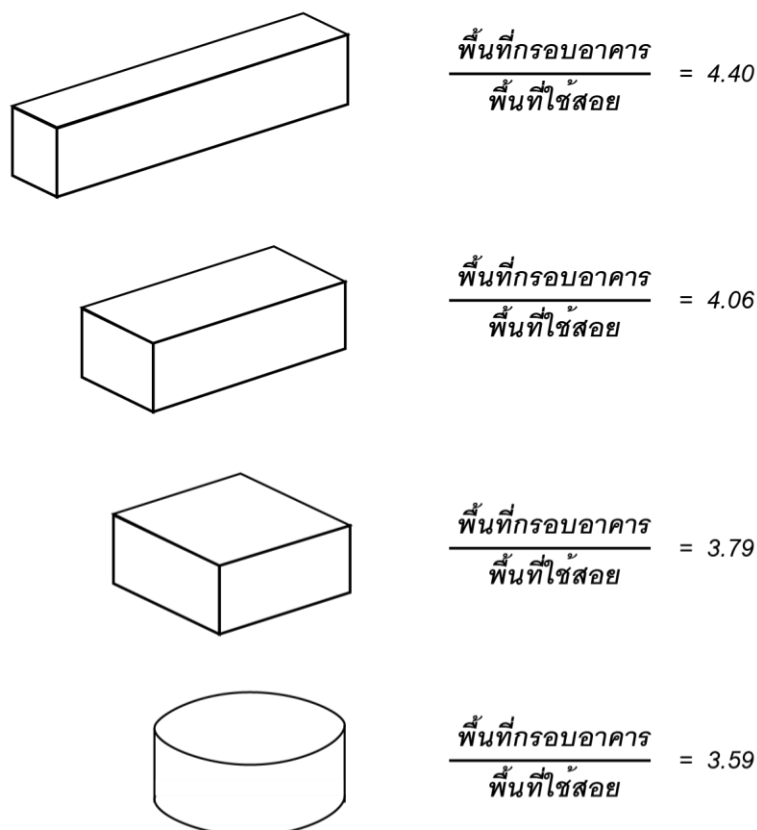
ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการจำลองอาคารพักอาศัยอ้างอิงที่ใช้ระบบปรับอากาศประเภท บ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ โดยโปรแกรม eQUEST ในสภาพการใช้งานจริง ช่วงเวลาในการใช้ระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะเป็นช่วงเวลากลางคืน ในวันจันทร์ – ศุกร์ และในวันเสาร์ – อาทิตย์ จะเปิดใช้ตลอดทั้งวัน 24 ชั่วโมง ในการจำลองโมเดลอาคารจึงมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนทั้งบริเวณ ใต้แผ่นหลังคาและบนฝ้าเพดานในการทดลองช่วงที่ 2 ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ครรชิต เหลียงไพบูลย์ (2543) โดยค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคา ในกรณีที่ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) เท่ากัน แต่ติดตั้งที่ตำแหน่งต่างกัน พบว่า ทั้ง 2 กรณี มีค่าความต้านทานความร้อนรวมของระบบหลังคาเท่า ๆ กัน หรือใกล้เคียงกันมาก

2.5.3 รูปทรงอาคารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

รูปทรงของอาคารพักอาศัยที่ต่างกัน มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ในปริมาณที่ต่างกัน โดยอาคารพักอาศัยที่มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่รอบอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่มีค่าต่ำ จะสามารถลดปริมาณความร้อน (heat gain) ที่จะเข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากกรอบอาคารประเภทผนังและหลังคาได้ รูปทรงอาคารที่มีการออกแบบให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่รอบอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารน้อยที่สุด (minimize surface area) คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปทรงกระบอก (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8

ความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบอาคาร โดยพิจารณา
สัดส่วนพื้นที่ที่ครอบอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร



ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ, 2545. (ดัดแปลง)

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุผนังหลังคา

2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k-value; W/m-K หรือ BTU-inch/hr-sq.ft.-°F)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน สามารถบอกได้ถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนของวัสดุใดๆ สามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุนั้นๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความหนาหนึ่งหน่วย ในหนึ่งหน่วยเวลา ภายใต้สภาวะคงที่ (Steady State) โดยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุทั้งสองด้านเป็น 1 หน่วย ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ต่ำจะนำความร้อนผ่านวัสดุได้น้อย และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดี

2.6.2 ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance, R-value; sq.m.-K/W หรือ (hr-sq.ft.-°F)/BTU)

ความสามารถในการต้านทานความร้อน เป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน หรือ ส่วนกลับของอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ หากวัสดุใด มีค่าความต้านทานความร้อนสูง แสดงว่า สามารถป้องกันความร้อนได้ดี

$$R = 1 / C$$

2.6.3 ความสามารถในการนำความร้อน (Thermal Conductance, C-value; W/sq.m.-K หรือ BTU/(hr-sq.ft.-°F))

ความสามารถในการนำความร้อน เป็นค่าที่บอกความสามารถในการนำความร้อนของ วัสดุ โดยวัดจากอัตราปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านความหนาของวัสดุ วัสดุฉนวนที่ดีควรมีค่าการ นำความร้อนต่ำ

$$C = k / \text{ค่าความหนาวัสดุ} = 1 / R$$

ตารางที่ 2.3

ตารางเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ

ประเภทของวัสดุ	ความหนา (mm.)	ความหนาแน่น (kg./cubic m.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k; watt/m-K)
แผ่นไม้อัด	8.00	528	0.138
แผ่นยิปซัม	12.00	800	0.140-0.190
แผ่นฉนวนเส้นใยพืช	75.00	45-80	0.029-0.045
ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน	25.00	24	0.024
ฉนวนเส้นใยแก้ว	25.00	16	0.035
แผ่นซีเมนต์เส้นใย	12.00	1,100-1,300	0.125

ที่มา: Thailand Ministry of Energy, 2004

ตารางที่ 2.4
การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k-value)
และความหนาแน่นของหลังคาชนิดต่างๆ

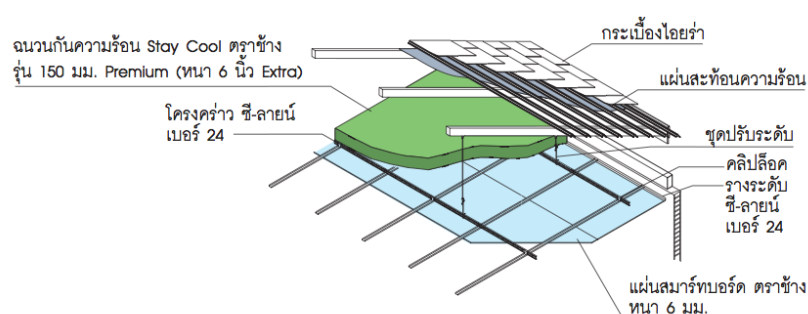
ชนิดของหลังคา	ค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อน (k; watt/m-K)	ความหนาแน่น (kg./cubic m.)
กระเบื้องดินเผา	0.86	2,402.77
หลังคาคอนกรีต หนา 10 เซนติเมตร	1.87	3,203.69
หลังคาลอนอลูมิเนียม	115.31	2,723.14
หลังคาเหล็กกรีดลอน	108.10	7,849.05

ที่มา: Center for Development Technology, 1971

2.6.4 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (Overall Coefficient of Thermal Transmission, U-value)

เป็นส่วนกลับของค่าที่เกิดจากการรวมความสามารถในการต้านทานความร้อนของระบบหลังคา ตั้งแต่อากาศภายใน แผ่นฝ้า ช่องว่างอากาศ โครงสร้างหลังคา แผ่นฉนวน (ถ้ามี) กระเบื้องมุงหลังคา และอากาศภายนอก

ภาพที่ 2.9
ตัวอย่างโครงสร้างของระบบหลังคาประเภทที่มีแผ่นฉนวน



ที่มา: กลุ่มผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเครือซีเมนต์ไทย, 2551

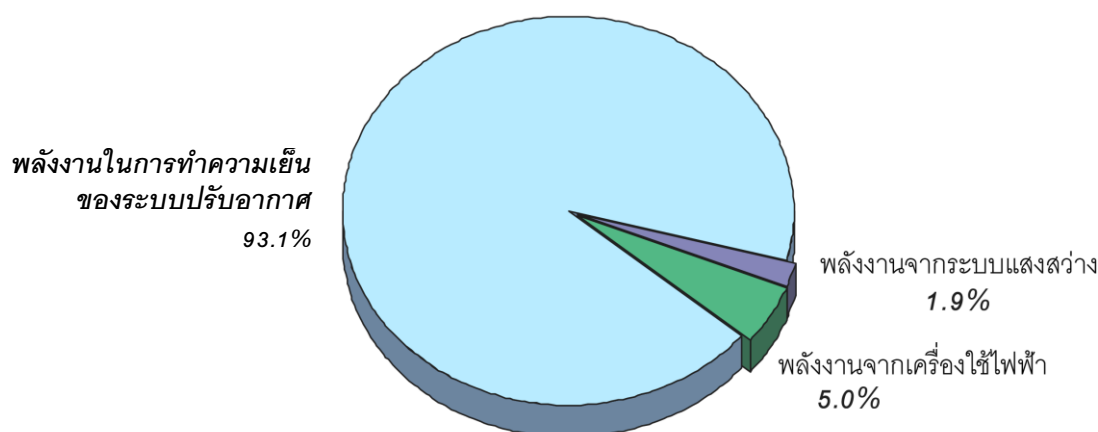
2.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพลังงานการปรับอากาศของอาคารพักอาศัย

รูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยระบบปรับอากาศ (Air-Condition System) การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ และการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดแสงสว่าง (Artificial Lighting) เรียงตามลำดับการใช้พลังงานภายในอาคารจากมากไปน้อย (อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2546) โดยจะเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากมีอิทธิพลมากที่สุดต่อพลังงานไฟฟ้าโดยรวมภายในอาคารพักอาศัย

ส่วนองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยที่มีอิทธิพลต่อพลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศนั้น สามารถแบ่งได้ดังนี้ โดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่มีอิทธิพลมากไปน้อย (กัมปนาท กระภูษัย, 2546)

ภาพที่ 2.10

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยทั่วไป



ที่มา: อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2546

(1) อิทธิพลภายนอกอาคาร ได้แก่ สภาพแวดล้อม (Micro Climate) รูปทรงอาคาร หลังคาอาคาร การรั่วซึมของอากาศ ผนังอาคาร การสะสมความร้อนและความชื้นของวัสดุก่อสร้าง และพื้น ตามลำดับ

(2) อิทธิพลภายในอาคาร ได้แก่ พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า และภาระที่เกิดจากผู้ใช้งาน ตามลำดับ

(3) อิทธิพลจากประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

จะเห็นได้ว่าหลังคาอาคารเป็นองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยอันดับต้นๆที่มีอิทธิพลต่อพลังงานในการปรับอากาศ และจากที่ได้ศึกษาเพิ่มเติมพบว่า ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาแนวทางเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นทั้งอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้น ส่วนใหญ่ระบุว่าพื้นที่หลังคาเป็นพื้นที่ที่ควรคำนึงถึงมากที่สุด เนื่องจากมีอิทธิพลต่อพลังงานในการปรับอากาศสูงสุด (กัมปนาท กระภูชัย, 2546 และศักดิ์ดา เขียวนันทวงศ์, 2547) ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

**พลังงานในการทำความเย็นสูงสุดของอาคารพักอาศัย
จำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน**

ผนังทึบ (%)	กระจก (%)	หลังคา (%)	พื้น (%)	การรั่วซึม ของอากาศ (%)	อุปกรณ์ ไฟฟ้า (%)	แสงสว่าง (%)	ผู้ใช้งาน (%)
บ้านขนาดเล็ก							
18.9	12.5	24.0	9.5	24.3	5.0	4.0	1.5
บ้านขนาดกลาง							
25.4	11.1	29.7	5.8	18.4	4.7	3.8	0.8
บ้านขนาดใหญ่							
18.5	13.9	26.6	12.3	16.4	6.1	4.9	0.9
บ้านทั่วไป (เฉลี่ย)							
21.2	12.4	26.8	8.9	19.9	5.2	4.2	1.1
ทาวน์เฮ้าส์ทั่วไป (เฉลี่ย)							
20.4	10.9	29.3	4.4	14.4	3.0	1.7	6.2

ที่มา: กัมปนาท กระภูชัย, 2546 และศักดิ์ดา เขียวนันทวงศ์, 2547 (ดัดแปลง)

2.8 รูปแบบสถาปัตยกรรมประเภทอาคารพักอาศัยบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์

จากสถานการณ์ตลาดที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยถึงระดับปานกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ช่วงปี 2553-2554 มีแนวโน้มเติบโตขึ้นโดยเฉพาะโครงการบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ที่มีมูลค่า 1-3 ล้านบาท จากบริษัทต่างๆ ดังนี้ บริษัท ควอลิตี้เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน) บริษัท โนเบิล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) บริษัท พร็อพเพอร์ตี้เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน) บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) บริษัท มั่นคงเคหะการ จำกัด (มหาชน) บริษัท ยูนิเวนเจอร์ จำกัด (มหาชน) บริษัท ลิลิพร็อพเพอร์ตี้ จำกัด (มหาชน) บริษัท แลนด์แอนด์เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน) บริษัท ศุภาลย์ จำกัด (มหาชน) บริษัท แอสสิริ จำกัด (มหาชน) และบริษัท เอเชียนพร็อพเพอร์ตี้ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) (บริษัท ทริสเรทติ้ง จำกัด, 2553) ซึ่งส่วนใหญ่ขาดการคำนึงถึงการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความร้อนในอาคาร ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีการรวบรวมข้อมูลรูปแบบสถาปัตยกรรมและการใช้วัสดุเปลือกอาคารตัวอย่างจากบริษัทดังกล่าว จากปี 2553 และข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี เพื่อสรุปรูปแบบสถาปัตยกรรมประเภทอาคารพักอาศัยบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ในการอ้างอิง เพื่อนำไปประกอบการจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารพักอาศัยแต่ละประเภทที่มุ่งกระเบื้องหลังคาต่างชนิดกัน โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.6

ภาพที่ 2.11

อาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว



บ้านศุภพัฒน์



บ้านไอศดอล

ที่มา: บริษัท ศุภาลย์ จำกัด (มหาชน), 2553 และ บริษัท แลนด์แอนด์เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน), 2553

ภาพที่ 2.12
อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์



บ้านศุภอาภา

ที่มา: บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน), 2553

ภาพที่ 2.13
อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์



บ้านศุภานนท์

ที่มา: บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน), 2553