รายงานย่อ งานวิจัย
เรื่อง
การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ

รศ. อรศิริ ปาณินท์

คำนำ

ในปัจจุบันขณะที่เศรษฐกิจโดยส่วนรวมมีผลต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมากผู้ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดีย่อมมีโอกาสที่จะเสาะหาความสะดวกสบายในการดำรงชีพมากกว่าผู้ที่มีรายได้ต่ำ แม้กระทั่งความสบายในการอยู่อาศัย ในกรณีที่เมืองไทยอยู่ในเขตร้อน เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงความร้อนอบอ้าวในอาคารได้ และการแก้ไขความร้อนในอาคารทำได้โดยการใช้พลังงานในการปรับอุณหภูมิ เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ หรือพัดลม ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการเสียไปกับพลังงานปรับอุณหภูมิ และในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าขาดแคลน ผู้ที่มีรายได้ต่อครอบครัวสูง ก็สามารถช่วยตัวเองได้ด้วยการเสาะหาพลังงานทดแทนอื่น ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายแทนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว โอกาสที่ผู้มีรายได้ต่อครอบครัวต่ำ ไม่มีโอกาสลักษณะนี้เลย ดังนั้นในฐานะที่ผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการสอนสถาปัตยกรรมและการทำงานวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคู่กันมา จึงได้ตระหนักดีว่าหากสถาปนิกใช้ความรู้ทางด้านวิชาการและวิชาชีพสถาปัตยกรรมเพื่อเน้นหนักในการออกแบบอาคารพักอาศัยราคาถูกที่ประหยัดพลังงานได้บ้าง จะเน้นประโยชน์ต่อส่วนรวมได้อย่างมาก

จุดประสงค์ในการดำเนินการวิจัย เรื่อง การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำนี้ จึงได้ดำเนินการเพื่อเน้นหนักในการหาข้อกำหนดต่าง ๆ ในการออกแบบอาคารพักอาศัย 3 ประการ คือ

- ประหยัดพลังงานในการปรับอุณหภูมิ
- มีราคาค่าก่อสร้างอยู่ในเกณฑ์ต่ำ
- อยู่สบาย

ในการดำเนินการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการหาเกณฑ์ในการเลือกอาคารตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิจากอาคารพักอาศัย ซึ่งส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเองในช่วงระยะเวลา 15 ปี และได้รับ

ความร่วมมือและความอนุเคราะห์ในการวัดอุณหภูมิภายในเพื่อทดสอบจากเจ้าของอาคารต่างๆ ตลอดเวลาการตรวจสอบอุณหภูมิ 12 เดือน

ท่านเจ้าของอาคารต่าง ๆ ที่จะขอขอบคุณในที่นี้เป็นอย่างสูง คือ

– ร.อ. เนรมิตร วรรณพฤกษ์

– ร.ต.อ. ชาญ ชุณหวงศ์

– คุณประดิษฐ์ รมณียางกูร

– คุณจุมพล พันธ์วิสวาท

– คุณอวบ สานะเสน

– คุณอนันต์ ปาณินท์

และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. เจตนา นาควัชระ และ รองศาสตราจารย์ ทัศนีย์ นาควัชระ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือและแนะนำในด้านข้อมูล หนังสือและตำราจากอาจารย์ต่าง ๆ คือ

– อาจารย์ ปราโมทย์ ธาราศักดิ์

– อาจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ

– ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิบูลย์ จินาวัฒน์

– อาจารย์ สมรรถ บุณยรัตพันธุ์

– รองศาสตราจารย์ ตรึงใจ บูรณสมภพ

ได้รับความช่วยเหลือในการ plot ทดสอบตารางต่าง ๆ จากนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2524

และได้รับความช่วยเหลือในการพิมพ์รายงานจาก

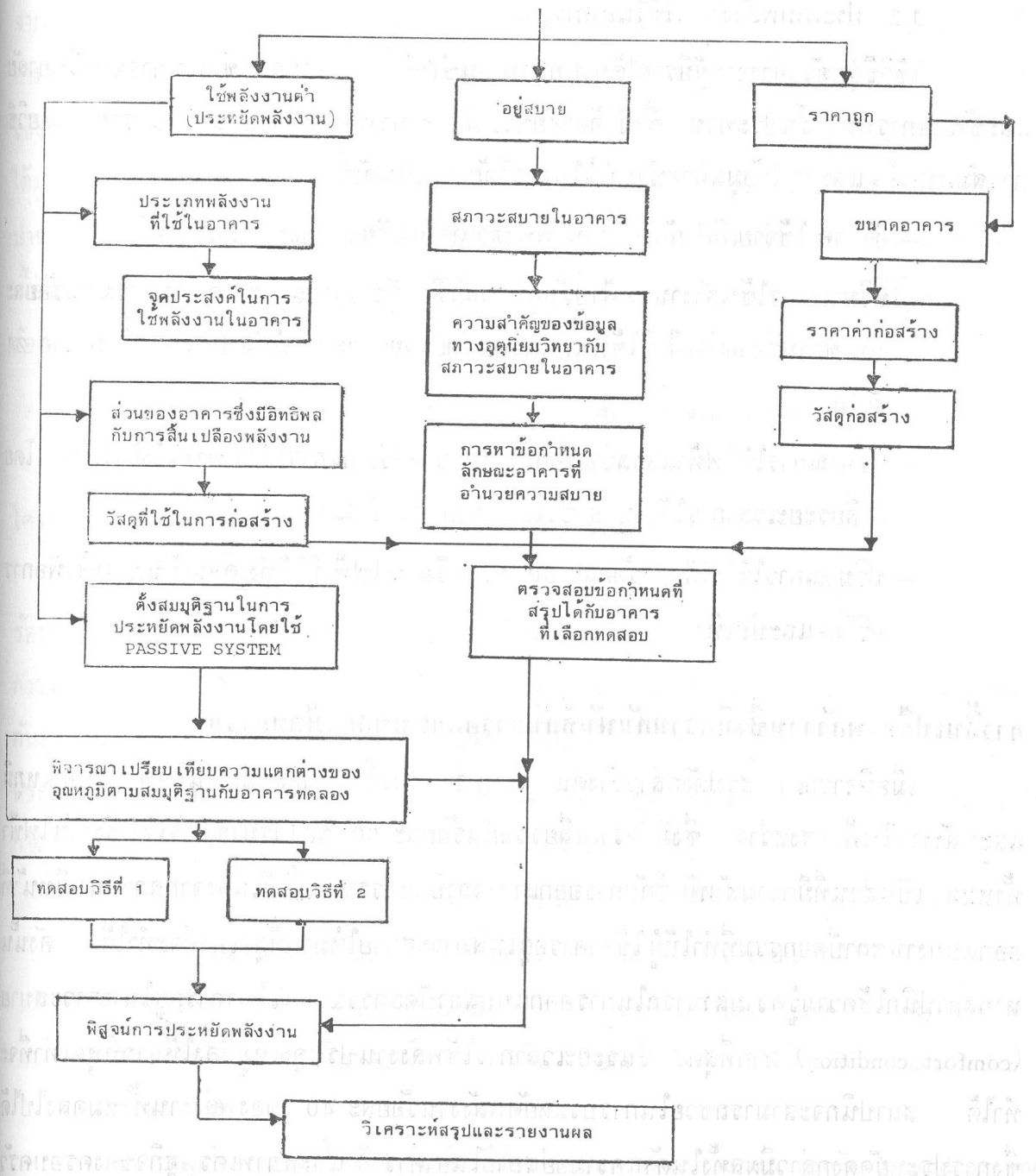
– คุณพรทิพย์ บุญรอด

– คุณนงลักษณ์ ประสานพานิช

และท้ายที่สุด ผู้ที่สนับสนุนในด้านทุนวิจัยสำหรับโครงการนี้ คือ คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในการดำเนินการวิจัยนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถใช้ประโยชน์ได้ในการนำไปใช้ในการออกแบบจริง หรือในการเป็นก้าวแรกของการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่อไป เพื่อสนับสนุนให้สถาปนิกสนใจอย่างจริงจังกับการออกแบบที่ประหยัดพลังงานและเป็นไปได้สำหรับเศรษฐกิจของไทย

ขั้นตอนการดำเนินงาน : โครงการวิจัยการออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ

จุดประสงค์ : ต้องการเสนอแนะการออกแบบอาคารพักอาศัยซึ่งใช้พลังงานต่ำ อยู่สบายและราคาถูก



จากขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยตามแผนภูมิที่แสดง ได้แบ่งรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

1. การใช้พลังงานในอาคาร แยกขั้นตอนย่อยออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1.1 ประเภทพลังงานที่ใช้ในอาคาร

ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างจากผู้มีรายได้ปานกลางค่อนข้างต่ำ[1] จากกลุ่มข้าราชการมหาวิทยาลัย และข้าราชการทหารชั้นประทวน ซึ่งมิได้อาศัยบ้านพักของทางราชการจำนวน 100 ราย โดยวิธีการสัมภาษณ์ และสรุปข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิจัยออกเป็นดังนี้

- อัตราค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนเฉลี่ยประมาณ 250 บาท[2]
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปรับอุณหภูมิเพื่อให้ร่างกายสบาย คิดเป็นปริมาณร้อยละ 40 ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งเดือนโดยคิดเฉลี่ยระยะเวลาใช้งาน 10 ชั่วโมงจาก 24 ชั่วโมง
- ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งเดือน โดยเฉลี่ยระยะเวลาการใช้งาน 5 ชั่วโมง จาก 24 ชั่วโมง
- ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 50 ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งเดือนเป็นการใช้เพื่อการบริโภคและบันเทิง

การสิ้นเปลืองพลังงานซึ่งมีความสัมพันธ์กับการออกแบบสถาปัตยกรรม

เมื่อพิจารณาผลสรุปดังกล่าวข้างต้น จะพบว่า การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าปรับอุณหภูมิและพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งมีอัตราเฉลี่ยรวมกันร้อยละ 50 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด เป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์กับการออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้งนี้เนื่องจากสถาปนิกมีหน้าที่ออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่ทำให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะสบายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นหากสถาปนิกใช้ความรู้ความสามารถในการออกแบบสถาปัตยกรรม ให้อาคารอยู่ในสภาวะสบาย (comfort condition) มากที่สุด ร่นระยะเวลาการใช้พลังงานปรับอุณหภูมิลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ สถาปนิกจะสามารถช่วยในการประหยัดพลังงานร้อยละ 40 ของพลังงานทั้งหมดลงไปได้ ซึ่งการประหยัดดังกล่าวมีผลทั้งในด้านความอยู่สบายในอาคาร และสภาพเศรษฐกิจของครอบครัว ซึ่งเป็นผลในระยะยาวที่ติดตามมา

สำหรับพลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างในอาคารพักอาศัยซึ่งใช้ประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดนั้น จากแบบสอบถาม 100 แบบสอบถาม ซึ่งได้ผลเฉลี่ยระยะเวลาการใช้งานของพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างประมาณ 5 ชั่วโมง ใน 24 ชั่วโมงนั้น มีจำนวน 97 ราย ที่ใช้เวลากลางคืน คือตั้งแต่เริ่มพลบค่ำเป็นต้นไป ส่วน 3 รายใช้กลางวันด้วย เนื่องจากมีอาชีพการงานอยู่กับบ้าน ดังนั้นการประหยัดไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพักอาศัยของผู้มีรายได้ตามกลุ่มที่สุ่มตัวอย่าง เป็นไปได้ยาก ซึ่งแตกต่างกับการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารสำนักงานซึ่งใช้งานช่วงกลางวัน ซึ่งถ้าสถาปนิกออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติได้มากก็จะช่วยประหยัดพลังงานได้มาก ดังนั้น ในการเน้นหนักงานวิจัยเรื่องนี้ ซึ่งเน้นเฉพาะอาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางค่อนข้างต่ำ ผู้วิจัยจะตัดประเด็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง *จะเน้นหนักเฉพาะเนื้อหาในด้านการออกแบบอาคารพักอาศัยซึ่งประหยัดพลังงานในการปรับอุณหภูมิซึ่งมีประมาณร้อยละ 40 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร*

1.2 ส่วนของอาคารซึ่งมีอิทธิพลกับการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอุณหภูมิ

ก่อนจะพิจารณาถึงส่วนของอาคารที่มีอิทธิพลกับการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอุณหภูมิ ใคร่กล่าวถึงสาเหตุของความต้องการพลังงานในการปรับอุณหภูมิ เป็นเบื้องต้นก่อน

ปกติคนเราจะต้องการการปรับอุณหภูมิ จะด้วยพัดลม เครื่องปรับอากาศเครื่องทำความร้อน หรืออื่น ๆ ในกรณีที่สภาพร่างกายของผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อน หรือหนาว เกินกว่าความต้องการของสภาวะสบาย (comfort condition) และสภาวะสบายของร่างกายในอาคารจะมีส่วนสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และกระแสลม ที่พัดผ่านช่วงตัวของผู้อยู่อาศัยในอาคาร แต่ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศอยู่ในเขตร้อน ความร้อนหรืออุณหภูมิของอากาศเป็นตัวร่วมสำคัญในการทำให้อาคารอยู่ไม่สบาย ต้องอาศัยเครื่องมือในการปรับอุณหภูมิช่วย

ความร้อนที่มายังอาคาร หมายถึง รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย[3]

- รังสีคลื่นสั้นที่แผ่มาโดยตรง (Direct Solar short wave radiation)
- รังสีคลื่นสั้นที่กระจายผ่านเมฆหมอกออกมา (Diffuse short wave rod sky fault)
- รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนออกมาจากพื้นดิน (Short wave radiation reflected from ground)
- รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและวัตถุที่ร้อน (Long wave radiation form heated ground & object)

– รังสีคลื่นยาวเกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างวัตถุและท้องฟ้า (Outgoing longwave radiation exchange between object & sky)

ซึ่งทั้ง 5 ข้อนี้ รังสีคลื่นที่แผ่มาโดยตรง (Direct Solar short wave radiation) หรือแสงอาทิตย์ตรง ซึ่งส่องมายังพื้นโลก จะมีผลต่ออาคารมากที่สุด เพราะเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ สถาปนิกอาจใช้ความสามารถในการออกแบบสถาปัตยกรรมช่วยให้ความร้อนจากรังสีตรง (Direct Solar heat) เข้ามาในอาคารน้อยที่สุด โดยการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การจัดวางอาคารและการใช้ฉนวนกันความร้อนต่าง ๆ ช่วย หรือด้วยการควบคุมสภาวะแวดล้อมซึ่งใกล้ชิดกับอาคาร

อาคารพักอาศัยโดยทั่วไป เราอาจจำแนกบริเวณของอาคารที่ได้รับความร้อนตรง (Direct solar heat) เรียงลำดับตามปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงพื้นที่นั้นได้ เป็น 4 ส่วนคือ

– บริเวณหลังคา ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงมากที่สุด เพราะเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งใช้กันทั้งความร้อนและฝนเข้าสู่ภายในอาคาร และปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรง (Direct solar heat) ที่ตกลงยังหลังคา จะเป็นปฏิภาคตรงกับปริมาณพื้นที่ของหลังคา ดังนั้นอาคารใดมีพื้นที่หลังคามาก ย่อมรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงมากกว่าอาคารที่มีพื้นที่หลังคาน้อย กล่าวง่าย ๆ คือ ในปริมาณพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากัน บ้านชั้นเดียวจะรับความร้อนที่หลังคามากกว่าบ้านสองชั้น ซึ่งปริมาณพื้นที่หลังคาน้อยลง เพราะซ้อนชั้น

– บริเวณผนังด้านใต้ สำหรับภูมิอากาศของประเทศไทย ดวงอาทิตย์เดินอ้อมทางทิศใต้ ดังนั้น พื้นที่ของผนังด้านใต้จะรับแสงแดดตามมุม Azimuth หรือ Bearing ตลอดเวลาที่มีแสงอาทิตย์ตรงแต่สำหรับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ทิศทางของลมประจำของไทยประมาณร้อยละ 75[4] พัดมาทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ และร้อยละ 25 พัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้น อาคารในประเทศไทยจำเป็นต้องเปิดให้ลมสามารถระบายในทิศใต้และทิศเหนือมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้น ความจำเป็นตามสภาพดินฟ้าอากาศจะบีบบังคับ ให้อาคารด้านเหนือและด้านใต้โปร่ง ซึ่งในกรณีที่เจาะผนังเป็นหน้าต่างให้ระบายอากาศเท่ากับเราต้องลดปริมาณพื้นที่ส่วนที่รับความร้อน (Surface of conductance) ลงไปในตัว เมื่อปริมาณพื้นที่รับความร้อน (Surface of conductance) คือผนังทางด้านทิศใต้น้อยลงความร้อนที่มาถึงผนังก็น้อยลงตามตัว หน้าที่ของสถาปนิกที่จะต้องพิจารณาสำหรับผนังด้านใต้ คือ พยายามกันแสงแดดตรงให้กับส่วนเปิดทางด้านใต้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ อาจโดยใช้ชายคายาว ระเบียงหลังคาคลุม ฯลฯ

– บริเวณผนังด้านตะวันออก ตะวันตก ผนังทั้งสองด้านได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรง (Direct Dolar heat) ข้างละครึ่งวัน และทิศทางดังกล่าวเป็นทิศทางซึ่งมีเฉพาะแสงแดดและความร้อนเท่านั้น มิได้มีทิศทางที่ลมจะพัดผ่านได้ ดังนั้น การมีส่วนเปิด (openning) ในบริเวณดังกล่าวจึงไม่มีความจำเป็น และหากมีส่วนเปิด จำเป็นต้องกันความร้อนที่แรงกล้าจากแสงอาทิตย์ตรงกับส่วนเปิดนั้น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองมาก ดังนั้น หากพิจารณาผนังด้านตะวันออกและตะวันตกเป็นผนังตัน จะประหยัดในการก่อสร้างได้มากกว่าการเจาะช่องเปิดและกันแดดช่องเปิด ซึ่งมีโอกาสที่แสงแดดที่ร้อนแรงจะเข้ามาได้

– ผนังด้านเหนือ เป็นผนังด้านที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงน้อยที่สุด จะได้รับเฉพาะในฤดูหนาว ซึ่งมีระยะเวลาเพียง 3 เดือน และความร้อนในฤดูหนาวเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับความเป็นอยู่สบายได้ด้วย อีกทั้งทิศเหนือเป็นด้านที่สถาปนิกจำเป็นต้องเจาะส่วนเปิดให้ระบายกระแสลมที่พัดมาจากทางด้านใต้ ทำให้ผนังด้านเหนือมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับผนังด้านใต้ ซึ่งเป็นการลดปริมาณพื้นผิวที่รับความร้อน (Surface of Conductance) ไปแล้วในตัว

จากการพิจารณาดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า ส่วนของอาคารที่มีอิทธิพลกับการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอุณหภูมิภายในอาคาร คือ

– หลังคา

– ผนังตันด้านทิศตะวันออกและตะวันตก

1.3 วัสดุก่อสร้างที่ใช้กับหลังคาและผนังอาคาร

สรุปข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของอาคารพักอาศัยจากแบบสอบถาม 100 ราย จากผู้มีรายได้ปานกลางค่อนข้างต่ำ โดยสัมภาษณ์ พบว่าอาคารร้อยละ 66 ใช้กระเบื้องลอนคู่ และร้อยละ 8 ใช้กระเบื้องแผ่นเล็ก และร้อยละ 26 ใช้สังกะสี สำหรับผนังที่ใช้กันทั่วไปสำหรับบ้านราคาปานกลางค่อนข้างถูก จะใช้วัสดุผนังเรียงตามลำดับปริมาณการใช้ดังนี้ คือ

ไม้ ร้อยละ 40

อิฐมอญ ร้อยละ 30

กระเบื้องกระดาษ ร้อยละ 18

อิฐโปร่ง ร้อยละ 8

สำหรับอื่น ๆ ร้อยละ 4 คือการใช้ผนังเซลโลกรีต และคอนกรีตบล๊อก

ผนังต่าง ๆ ตามที่กล่าวข้างต้นเป็นผนังวัสดุชั้นเดียว เลือกใช้วัสดุตามกำลังทางเศรษฐกิจของเจ้าของอาคาร

1.4 การตั้งสมมติฐานในการประหยัดพลังงานโดยใช้ Passive system

จากผลของการวิเคราะห์เป็นขั้นตอน พบว่า ส่วนของอาคารซึ่งมีความสัมพันธ์กับการประหยัดพลังงาน คือ ส่วนของผนังด้านตะวันออกและวันตก และในการเน้นหนัก การออกแบบอาคารซึ่งมีราคาค่อนข้างต่ำนี้ สถาปนิกไม่สามารถใช้วิธีประหยัดพลังงาน active system เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานความเย็นปรับอุณหภูมิ (Solar refrigeration) ได้ เนื่องจากทำให้ราคาของอาคารสูงมาก ซึ่งในปัจจุบันนี้ แม้แต่ในอาคารพักอาศัยราคาสูงมาก ก็ยังไม่สามารถใช้ระบบนี้ได้ ส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทำความอบอุ่น (Solar heating) ซึ่งราคาไม่สูงนัก ก็ไม่มีความจำเป็นสำหรับอาคารพักอาศัยโดยทั่วไปเนื่องจากอากาศของไทยร้อนมาก ดังนั้น วิธีที่สถาปนิกจะมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารประเภทที่กล่าวข้างต้น คือ การใช้ pessive system โดยปรับตัวอาคารโดยการควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยส่วนประกอบของอาคาร

จากการศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ในลักษณะพิจารณาความสมดุลย์ของความร้อนภานนอกภายในอาคาร (thermal balance) พบว่า การใช้ผนังอาคารสองชั้นมีช่องว่างกลาง (cavity wall) มีโอกาสทำให้ความร้อนที่จะผ่านจากภายนอก (exterior surface) มายังผนังภายใน (interior surface) มีระยะเวลาการเดินทางของความร้อน (time lag) สูงขึ้น กล่าวโดยสรุปคือ ผนังอาคารด้านตะวันตก ตะวันออก หากใช้ผนัง 2 ชั้นในลักษณะ Cavity Wall ไม่ว่าจะใช้วัสดุประเภทใดก็ตาม มีโอกาสจะอยู่สบายกว่าการใช้ผนังชั้นเดียวของวัสดุประเภทเดียวกัน ซึ่งมีโอกาสที่จะให้สถาปนิกมีส่วนช่วยในการลดพลังงานในอาคารในด้านการใช้พลังงานปรับอุณหภูมิ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะตั้งสมมุติฐาน ว่า

การใช้ผนังสองชั้นมีช่องว่างระหว่างกลาง สำหรับผนังตันด้านตะวันตก และตะวันออก จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิในอาคารลงได้ ซึ่งจะดำเนินการพิสูจน์ต่อไป

2. ราคาค่าก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง

พิจารณาจากวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับอาคารพักอาศัยราคาถูก ซึ่งมีราคาระหว่าง 50,000 – 200,000 บาท[5] อาจสรุปลักษณะการใช้วัสดุก่อสร้างได้ดังนี้

– โครงสร้าง

– ค.ส.ล. ร้อยละ 96

– ไม้ ร้อยละ 4

วัสดุมุง

– กระเบื้องลอนคู่ ร้อยละ 92

– กระเบื้องแผ่นเล็ก ร้อยละ 8

– ผนัง

– ไม้ ร้อยละ 8

– อิฐมอญ ร้อยละ 49

– อิฐโปร่ง ร้อยละ 13

– คอนกรีตบล๊อก ร้อยละ 22

– กระเบื้องกระดาษแผ่นเรียบ ร้อยละ 4

– อื่น ๆ (สตามิตบอร์ด) ร้อยละ 4

– ผ้าเพดาน

– กระเบื้องกระดาษแผ่นเรียบ ร้อยละ 48

– ไม้อัด ร้อยละ 8

– ยิบซั่มบอร์ด ร้อยละ 4

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการใช้วัสดุระหว่างการพิจารณาจากอาคารพักอาศัยของบ้านจัดสรร กับการใช้วัสดุก่อสร้างจากการสรุปจากแบบสอบถาม จะพบว่า

– วัสดุมุง ส่วนใหญ่ใช้กระเบื้องลอนคู่เช่นเดียวกัน

– ผนัง กลุ่มที่อยู่ในพิสัยกว้างของการพิจารณาร้อยละ จากบ้านจัดสรร คือ อิฐมอญ + คอนกรีตบล๊อกและอิฐโปร่ง แต่ถ้าพิจารณาจากแบบสอบถามจะพบว่าพิสัยกว้างของอัตราร้อยละของการใช้วัสดุจะเป็นไม้ อิฐมอญ และกระเบื้องกระดาษ ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะจากการสุ่มตัวอย่างในแบบสอบถาม เลือกสุ่มตัวอย่างในกลุ่มข้าราชการ ซึ่งรายได้ปานกลางค่อนข้างต่ำ (1,500 – 5,000 บาท) ซึ่งมิได้อยู่บ้านของราชการหรือบ้านจัดสรร ส่วนใหญ่เป็นบ้านปลูกเอง ซึ่งต้องใช้เงินสดในการปลูกสร้าง ดังนั้นการใช้ผนังไม้ ยาง หรือกระเบื้องกระดาษแผ่นเรียบ จะทำให้

ราคาค่าก่อสร้างถูกลง ส่วนการซื้อบ้านจัดสรร ผู้จัดสรรพยายามใช้วัสดุซึ่งราคาไม่แพงเกินไป และคงทนถาวรกว่าไม้ยางจึงทำให้จำนวนร้อยละของการใช้ผนังอิฐมอญ และคอนกรีตบล๊อกสูงกว่าในอาคารกลุ่มที่ปลูกสร้างเอง

จากการพิจารณาราคาค่าก่อสร้างของอาคารพักอาศัยราคาถูกก็ดี หรือลักษณะวัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ก็ดี เพื่อนำมาเสริมในการพิสูจน์การประหยัดพลังงานในอาคารตามสมมุติฐานที่ตั้งขึ้น

3. สภาวะสบายในอาคาร

การพิจารณาสภาพภูมิอากาศ และการวิเคราะห์รายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศเฉพาะท้องถิ่น จะทำให้สถาปนิกสามารถตัดสินใจในการออกแบบและพิจารณาเค้าโครงในการออกแบบได้สะดวก เช่น การพิจารณาถึงลักษณะการจัดวางอาคาร รูปทรงอาคาร ระยะห่างระหว่างอาคาร หรือแม้กระทั่งสัดส่วนของห้อง วัสดุที่ควรตัดสินใจเลือกใช้สำหรับผนังและหลังคาซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงมากที่สุด ซึ่งหมายความถึงว่าเป็นส่วนที่ได้รับผลจากพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบาย (Comfort zone) ในอาคารมากที่สุดนั่นเอง

สิ่งที่อำนวยประโยชน์ต่อสถาปนิกในการออกแบบเป็นเบื้องต้น คือ การวิเคราะห์ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของท้องถิ่นที่จะทำการออกแบบ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยานี้ หมายถึง ตารางสถิติข้อมูลต่าง ๆ ทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางของลมประจำ ปริมาณน้ำฝน ฯลฯ ซึ่งสถิติของข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาประกอบกัน ช่วยในการวิเคราะห์ของสถาปนิกในการเลือกข้อจำกัดในการออกแบบอาคารให้อยู่ในสภาวะสบาย (Comfort zone)

การพิจารณาสภาพภูมิอากาศและสถิติทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาเป็นข้อจำกัดในการออกแบบนั้น สถาปนิกจำเป็นต้องพิจารณาสภาพปกติซึ่งคาดว่าจะเป็นตัวกลางของสภาวะอากาศต่าง ๆ ไม่พิจารณาเฉพาะสภาพเลวสุดหรือดีสุด เพราะสภาพดังกล่าวไม่ใช่สภาวะโดยเฉลี่ย ซึ่งแตกต่างกับการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งส่วนใหญ่จะออกแบบเพื่อรับสภาพที่มีปัญหามากที่สุดไว้ก่อน แต่ในทางสถาปัตยกรรมมิได้เป็นเช่นนั้น การเตรียมข้อจำกัดในการออกแบบสำหรับสภาวะที่ร้อนที่สุดหรือหนาวที่สุดมิได้ก่อให้เกิดผลดีในการออกแบบ เพราะสภาพดังกล่าวเกิดขึ้นน้อย ไม่สม่ำเสมอ ข้อมูลซึ่งเกี่ยวเนื่องกับอุณหภูมิและความชื้นจะสามารถชี้ได้ถึงความต้องการของการออกแบบ ส่วนข้อมูลซึ่งเกี่ยวเนื่องกับพิสัยของอุณหภูมิตลอดปี การวัดปริมาณน้ำฝนทิศทางและความเร็วลมจะเป็นส่วนเสริมให้มีข้อจำกัดปลีกย่อยในการออกแบบมากขึ้น ทำให้ได้งานออกแบบที่สมบูรณ์ขึ้น

3.1 สภาวะสบาย (Comfort zone) คืออะไร

สภาวะสบายในอาคาร หมายถึง สภาวะซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นในอากาศพอเหมาะที่ทำให้คนรู้สึกสบาย ไม่ร้อนเกินไป ไม่หนาวเกินไป ไม่มีเหงื่อออกในร่างกาย ไม่มีไอน้ำในอากาศมากจนอากาศชื้น หรือน้อยเกินไปจนอากาศแห้งหายใจไม่สะดวก ซึ่งสภาวะดังกล่าวเปรียบเสมือนสภาวะในอุดมการณ์ซึ่งเป็นไปได้ยาก เพราะนอกจากสภาวะสบายจะขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละบุคคล ซึ่งวัดเปรียบเทียบได้ยาก การสุ่มตัวอย่างจากความรู้สึกของคนเพื่อพิจารณาพิสัยของสภาวะสบาย (Comfort zone range) ในแต่ละท้องถิ่น ควรได้อัตราส่วนความพอใจในสภาวะสบายนั้น ๆ ตั้งแต่ร้อยละ 70[6] ขึ้นไป จึงจะสามารถจัดได้ว่าเป็นสภาวะสบาย

การพิจารณาสภาวะสบาย (Comfort zone) ในทางกายภาพ สามารถพิจารณาตามสภาพพื้นที่ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับอุณหภูมิของอากาศซึ่งแปรไปกับความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของที่นั้น หรืออาจกล่าวง่าย ๆ ในการพิจารณาเขตของโลกในทางภูมิศาสตร์ว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนจะเคยชินและมีสภาวะสบาย (Comfort zone) อยู่ในระดับอุณหภูมิของอากาศที่สูงกว่าผู้ที่อาศัยในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว

3.2 อิทธิพลของภูมิอากาศต่ออาคารและการปรับให้พบกับสภาวะสบาย

ในการพิจารณาข้อจำกัดในการปรับสภาวะสบายในอาคาร สถาปนิกจำเป็นต้องพิจารณาและจัดกลุ่มข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา อาทิเช่น อุณหภูมิเฉลี่ยสูงและต่ำของแต่ละเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มสูงและต่ำสุดในกลุ่มต่ำ ตลอดจนปริมาณของน้ำฝนในแต่ละเดือนและตลอดปีด้วย ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวชี้นำถึงกฎเกณฑ์และข้อกำหนดในการออกแบบ

การพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด หรือพิสัยของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน "Diurnal range" (DR) จึงเป็นข้อจำกัดเบื้องต้นที่ทำให้สถาปนิกมีมโนภาพเกี่ยวกับการออกแบบได้ ทั้งนี้เพราะหากพื้นที่ใดมีพิสัยระหว่างอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนมาก คือ DR สูง แสดงว่าที่นั้นมีอากาศแห้ง แต่หากค่าของ DR ออกมาต่ำ แสดงว่าสภาพภูมิอากาศเป็นอากาศร้อน ชื้น ท้องฟ้ามีเมฆมาก และหากพิจารณาให้ลึกซึ้งกว่านั้น การมีพิสัยของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนมาก (DR สูง) แสดงว่าที่ที่นั้น ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวันอย่างมาก และความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลากลางคืน ซึ่งแสดงว่าสถาปนิกจำเป็นต้องเตรียมการป้องกันแสงอาทิตย์ คือต้องพยายามให้ร่มเงาแก่อาคารในช่วงระยะเวลากลางวันและรักษาความร้อน

ส่วนหนึ่งไว้ไม่ให้ถูกดูดซึมรวดเร็วไปในช่วงระยะเวลากลางคืน สำหรับที่ที่มีพิสัยของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนน้อย (DR ต่ำ) คือ บริเวณที่มีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูงคงที่ มีปริมาณความชื้นและน้ำฝนมาก จะบ่งชี้ไปถึงการเตรียมป้องกันน้ำฝน น้ำท่วม เชื้อรา ซึ่งมาจากความชื้น มด แมลง ทั้งยังเป็นเสมือนสัญญาณบอกเหตุให้สถาปนิกจัดการเตรียมพืชคลุมดิน เพื่อช่วยในการดูดซึมน้ำฝนและกันแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีต่อพื้นถนนอีกด้วย

การพิจารณาพิสัยเฉลี่ยตลอดปี (Annual Mean Range–AMR) สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการของประเภทโครงสร้างในแต่ละสภาพภูมิอากาศ เช่น หากที่ใดมีพิสัยเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอดปี (AMR) สูง แสดงว่าอาคารนั้นต้องการผนังอาคาร ผนังระหว่างห้องและผ้าเพดานที่มีความหนามาก เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกและพยายามลดอุณหภูมิภายใน หากที่ใดมีพิสัยต่ำ (AMR) ต่ำ แสดงว่าต้องการโครงสร้างที่บางและเบา ไม่ต้องการการเก็บกันความร้อนมากเท่ากรณีแรก

ความเร็วและทิศทางของลมประจำ เป็นตัวกลางที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับระดับอุณหภูมิของอากาศ ทั้งยังเป็นตัวกำหนดทิศทางของการจัดวางอาคารในผังบริเวณ ตลอดจนมีอิทธิพลต่อรูปทรงและสัดส่วนของอาคารด้วย

ในการพิจารณาข้อสรุปของการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ของการออกแบบเพื่อเป็นต้นความคิดในการออกแบบให้อาคารอยู่ในสภาวะสบาย สถาปนิกสามารถใช้รายละเอียดของตารางแสดงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นสถิติซึ่งใช้ในทางอุตุนิยมวิทยา ผนวกกับการพิจารณาตารางตามแนวความคิดของ Carl Mahoney[7] เพื่อวิเคราะห์ให้ได้ข้อกำหนดของการกำหนดผังบริเวณ การวางทิศทางอาคาร รูปทรงและลักษณะโครงสร้าง โดยการบันทึกสถิติของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน ฯลฯ จากตารางทางอุตุนิยมวิทยา (Climatological Data) ไปทีละขั้นตอน (ตามตารางในเอกสารวิจัย) การบันทึกตามวิธีของ Mahoney ดังกล่าวจะทำให้ได้ข้อสรุปของแนวทางในการออกแบบเพื่อให้อาคารอยู่ในสภาวะสบาย (Comfort zone) มากที่สุด

จากการดำเนินการตามวิธีการของ[8] Mohoney

ทำให้สามารถหาข้อกำหนดในการออกแบบอาคารให้พบกับสภาวะสบาย และอุณหภูมิที่อยู่สบาย (Comfort temperature) เพื่อเป็นตัวกำหนดเกณฑ์ในการเลือกอาคารที่จะทำการทดสอบความสบายในอาคาร โดยได้จากการอ่านผลสรุปจากตารางต่าง ๆ ดังนี้

องค์ประกอบในการออกแบบ	รายละเอียดในองค์ประกอบ
1. ผังบริเวณ	– การจัดวางอาคารให้วางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ด้านทิศตะวันออก ตะวันตก ส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือและทิศใต้
2. พื้นที่ในอาคาร	– ควรเป็นส่วนโล่งให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่กั้นผนังทึบ
3. การระบายอากาศ	– อาคารควรมีลักษณะทางเดินจ่ายออกด้านเดียว (rooms single banked) เพื่อให้มีทิศทางเปิดให้อากาศถ่ายเทได้ ไม่ควรมีห้องใช้งานซ้อนห้องกัน
4. ช่องเปิด	– ขนาดใหญ่ – มีพื้นที่ส่วนเปิด 40%–80% ของพื้นที่ผนัง – ช่องเปิดอยู่ด้านทิศเหนือ ใต้
5. ตำแหน่งของช่องเปิด	– อยู่ทิศเหนือ ใต้ ระดับช่วงตัว (Body height) และเปิดด้านรับลม
6. การป้องกันช่องเปิดของอาคาร	– กันฝนสาดเข้าทางช่องเปิดด้านใต้
7. ผนัง	– วัสดุเบา
8. หลังคา	– วัสดุเบา สะท้อนความร้อน – มีช่องว่างในส่วนหลังคาหรือมีฉนวนกันความร้อน

ข้อสรุปของเกณฑ์ในการออกแบบให้อาคารอยู่ในสภาวะสบาย

เมื่อสรุปได้เกณฑ์ในการออกแบบให้อาคารอยู่ในสภาวะสบายได้แล้ว ขั้นตอนการดำเนินงานต่อไป คือการเลือกอาคารที่ตรงตามเกณฑ์เพื่อทดสอบการวัดอุณหภูมิภายใน เพื่อพิสูจน์การประหยัดพลังงานในการวิจัยนี้ได้เลือกอาคารซึ่งเข้าตามเกณฑ์ได้ 7 หลัง ซึ่งใช้วัสดุผนังต่าง ๆ กัน โดยเลือกทดสอบ 2 วิธี เพื่อตรวจสอบ

วิธีที่ 1 โดยการพิจารณาพิสัยอุณหภูมิของอาคารทดลองทุกหลัง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา นำมาดำเนินการทดสอบตามวิธีการของ Mahoney โดยพิจารณาเปรียบเทียบจาก effective temperature sheet ได้ผลสรุปเป็นร้อยละของการประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิ

วิธีที่ 2 โดยการพิจารณาอุณหภูมิเป็นรายชั่วโมงตลอดปีเปรียบเทียบกับอุณหภูมิปกติที่วัดได้จาก Climatological Data ของกรมอุตุนิยมวิทยา หาชั่วโมงที่ต้องใช้พลังงานปรับอุณหภูมิ ได้ผลสรุปเป็นร้อยละของการประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิ

– การดำเนินการวิธีที่ 1 ได้ผลสรุปการประหยัดพลังงานดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดจากอาคารทดลองซึ่งออกแบบตามเกณฑ์กับอุณหภูมิซึ่งได้จากตารางปกติของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า

1.	อาคารผนังก่ออิฐมอญชั้นเดียว	ประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิได้	6.4 %
2.	อาคารผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น (ช่องว่าง 5 ซม.)	ประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิได้	19.5 %
3.	อาคารผนังไม้ชั้นเดียว	ประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิได้	0.6 %
4.	อาคารผนังไม้สองชั้น (ช่องว่าง 7.5 ซม.)	ประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิได้	17.5 %
5.	อาคารผนังกระเบื้องกระดาษ (8 มม. ชั้นเดียว)	สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า	3.7 %
6.	อาคารผนังกระเบื้องกระดาษ (2 ชั้น ช่องว่าง 7.5 ซม.)	ประหยัดพลังงานได้	15 %
7.	อาคารผนังอิฐโปร่ง หนา 7.5 ซม.	ประหยัดพลังงานได้	16 %

– การดำเนินการวิธีที่ 2 ได้ผลสรุปการประหยัดพลังงานดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดจากอาคารทดลองซึ่งออกแบบตามเกณฑ์กับอุณหภูมิซึ่งได้จากตารางปกติของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่า

1.	อาคารผนังก่ออิฐมอญชั้นเดียว	ประหยัดพลังงานได้	6.2 %
2.	อาคารผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น (ช่องว่าง 5 ซม.)	ประหยัดพลังงานได้	19.6 %

3. อาคารผนังไม้ชั้นเดียว ประหยัดพลังงานได้ 0.8 %
4. อาคารผนังไม้สองชั้น (ช่องว่าง 7.5 ซม.) ประหยัดพลังงานได้ 17.8 %
5. อาคารผนังกระเบื้องกระดาษ (8 มม. ชั้นเดียว) สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น 3.5 %
6. อาคารผนังกระเบื้องกระดาษ (ช่องว่าง 7.5 ซม.) ประหยัดพลังงาน 15.1 %
7. อาคารผนังก่ออิฐโปร่งหนา 7.5 ซ.ม. ประหยัดพลังงาน 16.1 %

เมื่อนำผลของการพิจารณาทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบกัน โดยคิดตัวกลางจากอุณหภูมิซึ่ง plot จาก climatological data ของกรมอุตุนิยมวิทยา จะพบว่า

	รูปแบบที่ 1 พิจารณาจาก Effective Temperature Sheet	รูปแบบที่ 2 พิจารณาจากอุณหภูมิตามชั่วโมงต่าง ๆ ตลอดปี	อัตราเฉลี่ย
อาคารทดลอง 1	+ 6.4 %	+ 6.2 %	+ 6.3 %
อาคารทดลอง 2	+ 19.5 %	+ 19.6 %	+ 19.55 %
อาคารทดลอง 3	+ 0.6 %	+ 0.8 %	+ 0.7 %
อาคารทดลอง 4	+ 17.5 %	+ 17.8 %	+ 17.65 %
อาคารทดลอง 5	− 3.7 %	− 3.5 %	− 3.6 %
อาคารทดลอง 6	+ 15.0 %	+ 15.1 %	+ 15.05 %
อาคารทดลอง 7	+ 16.0 %	+ 16.1 %	+ 16.05 %

จากตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธี อัตราส่วนร้อยละของการประหยัดเมื่อเปรียบเทียบกับ Case study ตัวอย่าง มีคลาดเคลื่อนกันเพียงเล็กน้อยระหว่าง 0.1%–0.3% ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้ เนื่องจากเป็นการวิจัยซึ่งอาศัยการ plot จากตารางเป็นส่วนประกอบ

ดังนั้น จึงสรุปอัตราเฉลี่ยระหว่าง 2 วิธี เพื่อนำอัตราเฉลี่ยไปคิดคำนวณเปรียบเทียบกับอัตราการใช้ไฟฟ้าปรับอุณหภูมิซึ่งได้จากแบบสอบถาม

หมายเหตุ อาคารทดลอง 1 ผนังอิฐมอญชั้นเดียว
อาคารทดลอง 2 ผนังอิฐมอญสองชั้น
อาคารทดลอง 3 ไม้ชั้นเดียว
อาคารทดลอง 4 ไม้ 2 ชั้น
อาคารทดลอง 5 กระเบื้องกระดาษ 8 มม. ชั้นเดียว
อาคารทดลอง 6 กระเบื้องกระดาษ 8 มม. สองชั้น
อาคารทดลอง 7 อิฐโปร่ง

สรุปผลของการวิจัย

เพื่อเสนอแนะข้อกำหนดของอาคารพักอาศัย ซึ่งอยู่สบาย ราคาถูก และประหยัดพลังงานสถาปนิกสามารถช่วยในการประหยัดไฟฟ้าปรับอุณหภูมิได้ ดังนี้

1. ดำเนินการออกแบบตามเกณฑ์สรุป
   1.1 จัดวางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ด้านทิศตะวันออก ตะวันตก และส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือ ใต้
   1.2 จัดการออกแบบอาคารให้มีส่วนเปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้ไม่กั้นผนังทึบ
   1.3 จัดการออกแบบไม่ให้มีห้องซ้อนกันเกินความจำเป็น เพื่อการระบายอากาศตรง (Cross ventilation)
   1.4 มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ซึ่งอยู่ทางผนังทิศเหนือ ใต้ และมีอัตราส่วนเปิดระหว่างช่องเปิดและพื้นที่ผนัง ร้อยละ 40 ถึงร้อยละ 80
   1.5 ตำแหน่งของช่องเปิดให้อยู่ระดับช่วงตัว (body zone)
   1.6 มีการบ้องกันช่อง ปิด เพื่อกันแดดและฝน
   1.7 เลือกใช้วัสดุผนังเบา
   1.8 เลือกวัสดุ หลังคา ซึ่งเป็นวัสดุเบา สะท้อนความร้อน มีช่องว่างในส่วนหลังคา
2. ออกแบบผนังด้านทิศตะวันออก และตะวันตก ให้เป็นผนังสองชั้น มีช่องว่างระหว่างผนัง

ตามการดำเนินการวิจัยพบว่า

ในอาคารพักอาศัยราคาถูก ซึ่งมีราคาค่าก่อสร้างระหว่าง 50,000–200,000 บาท นั้น วัสดุผนังที่ใช้ได้สำหรับอาคารราคาดังกล่าว คือ ไม้ อิฐมอญ อิฐโปร่ง กระเบื้องกระดาษ (รายงานวิจัยหน้า 50–51)

หากสถาปนิกดำเนินการออกแบบ โดยดำเนินตามเกณฑ์ข้อ 1 และเลือกใช้ผนังสองชั้นสำหรับผนังอาคารด้านทิศตะวันออกและตะวันตกแล้ว จะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการปรับอุณหภูมิได้ดังนี้

2.1 การเลือกใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ช่องว่างระหว่างชั้น 5 ซม. จะประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิกว่าการใช้ผนังอิฐมอญชั้นเดียว ร้อยละ 13.25

2.2 การเลือกใช้ผนังไม้ 2 ชั้น ช่องว่างระหว่างชั้น 7.5 ซม. จะประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิกว่าการใช้ผนังไม้ชั้นเดียว ร้อยละ 16.25

2.3 การเลือกใช้ผนังกระเบื้องกระดาษหนา 8 มม. 2 ชั้น มีช่องว่างระหว่างชั้น 7.5 ซม. จะประหยัดพลังงานปรับอุณหภูมิกว่าการใช้ผนังกระเบื้องกระดาษชั้นเดียว ร้อยละ 18.65

2.4 การเลือกใช้ผนังอิฐโปร่งหนา 7.5 ซม. ซึ่งมีลักษณะเป็นผนัง 2 ชั้น อยู่ในคุณสมบัติของวัสดุอยู่แล้ว จะสามารถประหยัดพลังงานในการปรับอุณหภูมิกว่าการใช้ผนังไม้ชั้นเดียว ร้อยละ 15.35

(รายงานการวิจัย หน้า 90)

จากผลสรุปความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานดังกล่าว สามารถนำไปคำนวณหาอัตราการประหยัดทางเศรษฐกิจได้ โดยการพิจารณาจากอัตราค่าไฟฟ้ารายเดือน

เมื่อผู้วิจัยเปรียบเทียบอัตราการประหยัดค่าไฟฟ้าปรับอุณหภูมิของอาคารพักอาศัยราคาถูกจากแบบสอบถาม พบว่า ในอาคารราคาถูก ขนาด 2 ห้องนอนนั้น อาคารที่ใช้ผนัง 2 ชั้น ซึ่งเป็นอิฐมอญ ประหยัดกว่าอาคารผนังชั้นเดียว ได้ปีละ 159 บาท อาคารที่ใช้ผนัง 2 ชั้น ซึ่งเป็นไม้ ประหยัดกว่าอาคารผนังชั้นเดียว ได้ปีละ 199.80 บาท และอาคารที่ใช้ผนัง 2 ชั้น ซึ่งเป็นกระเบื้องกระดาษ ประหยัดกว่าอาคารผนังชั้นเดียวปีละ 223.60 บาท

จากตัวอย่างดังกล่าวจะพบว่า ในระยะยาว การเลือกใช้ผนัง 2 ชั้น จะประหยัดทั้งด้านเศรษฐกิจและสามารถทำให้อาคารอยู่สบาย เพราะสามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารลงได้ตามอัตราร้อยละของการประหยัด

ในกรณีตัวอย่าง เนื่องจากผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างในข้าราชการซึ่งมีรายได้ต่อเดือนต่ำมาก และการใช้พลังงานปรับอุณหภูมิเป็นการใช้เฉพาะพัดลมเท่านั้น

หากสถาปนิกจะนำข้อสรุปนี้ไปใช้กับอาคาร ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศ แน่นอนว่า ในอัตราการประหยัดดังกล่าวจะสามารถประหยัดพลังงานในการปรับอุณหภูมิ ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินได้อย่างมหาศาล

เชิงอรรถ

1. 1,500–5,000 บาท *การเคหะแห่งชาติ 2520*

2. *จากข้อสรุปของแบบสอบถามซึ่งสัมภาษณ์อัตราการใช้จ่ายไฟฟ้าต่อเดือน*

3. ตรึงใจ บูรณสมภพ, *การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย* นำอักษร การพิมพ์ 2521 หน้า 49

4. *Climatological Data for the Period 1951–1975 station*: Bangkok Metropolis. Index Station

5. Tisco Research.

TISCO Publication, 1978 p. 19

6. Department of Economic and Social Affairs, *Climate and House Design : Design of Low Cost Housing and Community Facilities, Volume I*, United Nation Publication, 1971. p 23

7. Carl. T. Mahoney. *A.A. dipl A. .R. I. B. A*,

Department of Tropical Studies, Architectural Association, London

8. Department of Economic and Social Affairs, *Climate and House Design : Design of Low Cost Housing and Community Facilities, Volume I*, United Nation Publication, 1971.

ดำเนินการตามตาราง 7–12 หน้า 25–30

บรรณานุกรม

ตรึงใจ บูรณสมภพ *การออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน.* เอกสารวิจัยคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มศก. 2524

ตรึงใจ บูรณสมภพ *การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย.* นำอักษรการพิมพ์, 2521.

เนตรนภิส นาควัชระ, สุวัฒนา สุกใส *ทัศนคติและความพอใจต่อสภาพแวดล้อมของผู้พักอาศัยในบ้านจัดสรร.* โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.

สุรเดช จันทรานุรักษ์ *การพัฒนาระบบพลังงานหมุนเวียนสำหรับอาคาร,* เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2 เรื่อง พลังงานหมุนเวียนและการประยุกต์ กรุงเทพฯ 2523

สุรเดช จันทรานุรักษ์, ทรงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ *ความต้องการพลังงานในอาคาร* เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 3 *เรื่อง พลังงานหมุนเวียน,* หาดใหญ่. 2524

Abrams, Charles, *Man Straggle to Shelter in An Urbanizing World,* Cambridge (Mass.) M I.T., 1964.

Anderson, Bruce. and Riodan, Michael, *The Solar Home Book.* Cheshire Books. Harrisville, New Hamshire, 1976.

Anderson, Bruc. N., *Solar Energy : Fundamental in Building Design.* Total Environmental Action, Inc., Harrisville, New Hamshire, 1972,

Aronin, Jeffrey Ellis, *Climate and Architecture.* Reinnold Publishing Corporation, 1953.

Banham, Reyner, *The Architecture of The Well Tempered Environment.* The Architectural Press, London, 1969.

Butera, F. and Silvestrini, G., *Modeling and Perfomance of Passive System* Sogesta, Permanent School on Solar Energy Processes, 1978.

Danz, Ernest, *Architecture and The Sun* Thames and Hudson, London, 1967.

Danz, Ernest, *Sun Protection* Frederick A. Praeger, Publisher, New York, 1967.

Dakhit, H., Fahd, *Housing Problems in Developing Countries.* Volume I, Interprint (MALTA) Ltd., 1981.

Department of Economic and Social Affatrs, *Climate and House Desion.* Design of Low Cost Housing and Community Faciliiies, Volume I, United Nation Publication, 1971.

Dubin, Fred Sand, Long Chalmer. G., *Energy Conservation Standards.* McGraw – Hill Book Company, Inc., New York, 1978.

Duffee, J.A. and Beckman, W,A., *Solar Energy Thermal Process.* John Willey and Sons, 1974.

Ewers, William I., *Solar Energy* : A Biased Guide Domus International Library of Ecology Northbrook, Illinois, 1976.

Fry, Maxwell, and Drew, Jane, *Tropical Architecture.* Reinhold Puklishing Corporation, New York, 1964.

Givoni, B., *Man Climate and Architecture.* Elsavier Publishing Co., Ltd., London 1969.

Mac Millan, H.F., *Tropical Planting and Gardening.* London. Mac Millan, 1956.

Matteoli, Lorenzo, *Active and Passive Solar Architecture.* Sogesta, Permanent School on Solar Energy Process, 1979.

Olgyay, Victor, *Design With Climate.* Princeton University Press, New Jersey, 1967.

Olgyay, V., Olgyay, A. and Molone T.F. *Solar Control and Shading Devices.* Princeton University Press, New Jersey, 1973.

Pasguale de Meo, Maria Luisa Scalviri, *Solar Energy in Rural Habitat.* Sogesta, Permanent School on Solar Energy Procesres, 1978.

Ransom, W.H , *Solar Radiation : Thermal Effects on Building Materials.* Building Research Station London, 1962.

Reeds, Robert, H., *Design for Natural Ventilation in Hot Humid Weather.* Texas, England, Exper. Station, 1953.

Schipper, Lee, *Progress in More Efficient Energy Use.* Lawrence Berkeley Lab , Berkeley, California, October, 1981.

Sexton, D.E., *Building Aerodinamics.* Building Research Station, Current papers 1968.

Stein, Richard, G., *Architecture and Energy.* Anchor Press, Doubleday, Garden City New York, 1977.

Straaten, Van, J.F., *Thermal Performance of Building.* Elsevier Publishing, 1967.

The British Lighting Council, *Interior Lighting Designer Hand Book.* British Lighting Council, London, 1967.

Tisco Research, *Housing.* Tisco Print, Bangkok, 1978.

Watson, Donald, *Energy Conservation Through Building Design* Mc Graw–Hill Book Company 1979.

Wright, David, *Natural Solar Architecture,* (A Passive Primer). Reinhold Publishing, New York, 1978.

Architectural Engineering Special Report. *Air Conditioning : A New Interpretation for Architects.* Reprinted from Architectural Record, July and August 1967. Copyright by Mc Graw - Hill, Inc., 1967. Simplified Simulation Modle and Rules of Thomb for Passive Components, Sogesta, Permanent School on Solar Energy Process, 1978.