บทที่ 9
ผลการศึกษาการใช้พลังงานของอาคาร

บทนี้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาการใช้พลังงานของบ้านชั้นเดียว และบ้านสองชั้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการใช้พลังงานของอาคาร ศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้า และความคุ้มทุนระหว่างบ้านทั่วไป และบ้าน ICF ต้นแบบ และการใช้พลังงานของบ้าน ICF ต้นแบบ เมื่อปรับเปลี่ยนเป็นผนัง ICF แบบต่างๆ รวมทั้งเมื่อปรับเปลี่ยนเป็นผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP โดยศึกษาทั้งในกรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ และกรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

1. โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร คือ โปรแกรม EnergyPlus Version 2.1.0 เป็นโปรแกรมที่ทำขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงาน US Department of Energy พัฒนามาจากโปรแกรม DOE-2 และ BLAST โปรแกรม EnergyPlus ใช้วิธีการคำนวณแบบ Heat Balance [1]

2. วิธีการจำลองผนัง ICF

ผนัง ICF ที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยชั้นของวัสดุที่ไม่ได้เหมือนกันตลอดผนังทั้งผืน กล่าวคือ วัสดุที่อยู่ระหว่างโฟมที่ประกบอยู่ของผนัง ICF นั้น บางช่วงเป็นคอนกรีต โฟม หรือ ช่องอากาศ ผนังส่วนที่มีวัสดุคอนกรีตอยู่นั้น จะมีค่าการต้านทานความร้อนต่ำกว่าผนังส่วนเป็นช่องอากาศ จึงเป็นสะพานความร้อน ที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในหลายทิศทาง แต่เนื่องจากโปรแกรม Energy Plus นั้น จะจำลองผนังโดยคำนึงเสมือนว่าผนังทั้งหมดมีลำดับชั้นของวัสดุที่เหมือนกันตลอดทั้งผนัง และถ่ายเทความร้อนแบบทิศทางเดียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถจำลองลักษณะการถ่ายเทความร้อนของผนัง ICF ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนในหลายทิศทางได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้วิธีการ “Equivalent Wall” ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Equivalent Wall

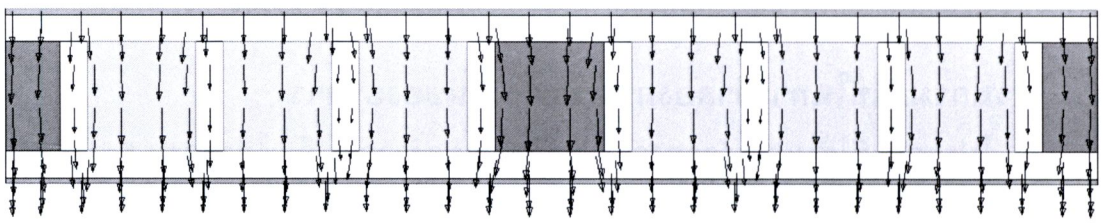
ในงานศึกษาวิจัยของ [2] [3] [4] [5] ได้เสนอแนวคิดที่เรียกว่า “Thermally Equivalent Wall” ซึ่งหมายถึงผนังที่ประกอบด้วยวัสดุหลายชั้น ที่มีค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังและค่าความจุความร้อนของผนัง เท่ากับผนังจริง และมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ที่คล้ายคลึงกับผนังจริงที่มีโครงสร้างของวัสดุที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนภายในผนังในลักษณะสามมิติ

2.2 ขั้นตอนการหาคุณสมบัติของ Equivalent Wall

ในการหาคุณสมบัติของผนังแต่ละชั้นของ Equivalent Wall เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในโปรแกรม Energy Plus นั้น มีขั้นตอนดังนี้

1) จำลองผนังในโปรแกรม Therm

จำลองผนังในโปรแกรม Therm ซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณการถ่ายเทความร้อนแบบสองมิติ [6] เพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนของผนัง และอุณหภูมิในแต่ละหน่วยย่อยของผนัง ภาพที่ 9.1 แสดงการจำลองผนัง ICF ในโปรแกรม Therm โดยค่าความต้านทานความร้อนที่คำนวณได้นี้ เป็นค่าที่คำนวณได้โดยกำหนดให้อุณหภูมิทางด้านนอกกับทางด้านในต่างกัน 1 องศา (อุณหภูมิทางด้านนอก 1 องศา และ อุณหภูมิทางด้านใน 0 องศา)



รูปที่ 9.1 ตัวอย่างผนัง ICF ที่จำลองในโปรแกรม Therm (ลูกศรแสดงทิศทางการถ่ายเทความร้อน)

2) คำนวณหาค่า Thermal Structure Factor

จากข้อมูลที่ได้ในโปรแกรม Therm นำไปใช้ในการคำนวณค่า Thermal Structure Factor ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการกระจายตัวของค่าความต้านทานความร้อนของผนัง และค่าความจุความร้อนของผนัง ตลอดความหนาของผนังนั้นๆ โดยใช้โปรแกรมที่ผู้วิจัยเขียนขึ้นโดยใช้โปรแกรม Excel ตามวิธีการในงานวิจัยของ [7]

3) คำนวณหาคุณสมบัติของผนัง Equivalent Wall

จากข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1 และ 2 นำไปใช้ในการคำนวณคุณสมบัติของผนัง Equivalent Wall โดยใช้โปรแกรม Eqv_wall ซึ่งเป็นโปรแกรมที่หลายหน่วยงานได้ร่วมกันพัฒนาขึ้นในงานวิจัยที่เสนอต่อ ASHRAE [8] โดยผนัง Equivalent Wall สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้มีจำนวนชั้นของวัสดุเท่ากับ 3 ชั้น เมื่อได้คุณสมบัติของวัสดุในแต่ละชั้น (ค่าความหนา ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่าความหนาแน่น และ ค่าความถ่วงความร้อนจำเพาะ) แล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในโปรแกรม EnergyPlus ต่อไป

3. รายละเอียดและคุณสมบัติเชิงอุณหภาพของผนังที่ศึกษา

คุณสมบัติทางอุณหภาพของวัสดุ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าความถ่วงความร้อนจำเพาะ ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยส่วนใหญ่อ้างอิงจากพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน หรือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่มีข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตก็จะใช้ค่าตามนั้น (ตารางที่ 9.1)

สำหรับหน้าต่างและประตูที่มีลูกฟักเป็นกระจก ใช้กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ที่มีค่า Solar Transmittance 0.775 ค่า Visible Transmittance 0.881 และ ค่า Thermal Conductivity 0.9 W/m-K โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด เช่น ม่าน หรือ มู่ลี่ ติดตั้งที่บริเวณด้านในหรือด้านนอกของหน้าต่าง

ตารางที่ 9.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา [9, 10, 11, 12, 13, 14]

วัสดุ	Thickness (m)	Conductivity (W/m·k)	Density (kg/m^3)	Specific Heat (J/kg·K)
อิฐ (แห้งและฉาบปูนหรือปิดด้วยโมเสก)	0.10	0.807	1,760	837
คอนกรีต	0.10	1.442	2,400	920
แผ่นยิปซัม	0.012	0.191	880	1,090
แกรนิต	0.0127	2.927	2,640	790
พื้นไม้เนื้อแข็ง	0.0127	0.138	702	1,300
ปูนผสมทราย	0.0127	0.553	1,568	840
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์	0.012	0.125	1,200	950
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ	0.006	0.300	1,350	950
กระเบื้องเซรามิค	0.008	0.338	2,100	800
ฉนวนใยแก้วหุ้มฟอยล์	0.0508	0.0360	16	960
กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.0127	0.993	2,400	920
แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์	0.00015	221	2,740	896
โครงคร่าวไม้	0.1016	0.138	702	1,300
โครงคร่าวเหล็ก	0.0008	47.6	7,840	500
โฟม EPS	0.03	0.035	32	1,210

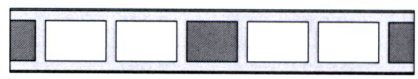
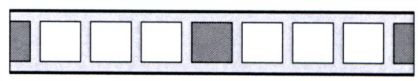
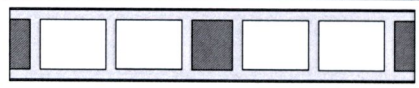
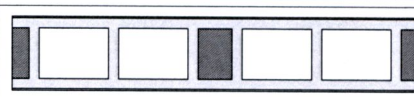
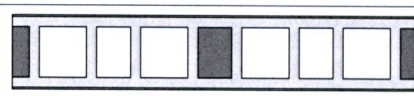
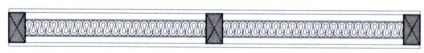
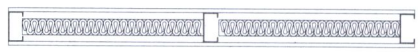
งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการใช้พลังงานของบ้านที่ใช้ผนัง ICF เปรียบเทียบกับผนังแบบอื่นๆ ผนังที่ศึกษาทั้งหมดประกอบด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนัง ICF 5 แบบ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงอุณหภาพของผนัง ICF ทั้ง 5 แบบ พบว่า ผนัง ICF (แบบที่ 2) ที่ใช้สำหรับบ้าน ICF ต้นแบบ มีค่าความต้านทานความร้อน 2.011 m^2K/W และค่า

มวลอุณหภาพ 71,635 J/m^2K ผนัง ICF ที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด คือ แบบที่ 1 และสูงที่สุดคือแบบที่ 5 (1.987 และ 2.033 m^2K/W ตามลำดับ) ส่วนผนัง ICF ที่มีค่ามวลอุณหภาพต่ำที่สุด คือ แบบที่ 2 และสูงที่สุดคือแบบที่ 3 (71,635 และ 84,825 J/m^2K ตามลำดับ)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผนัง ICF กับผนังชนิดอื่นๆ พบว่า ผนังก่ออิฐฉาบปูน มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุดคือ 0.124 m^2K/W และผนังโครงคร่าวไม้มีค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดคือ 2.654 m^2K/W ส่วนผนังที่มีค่ามวลอุณหภาพสูงสุดคือผนังก่ออิฐฉาบปูน และต่ำสุดคือ ผนังโครงคร่าวเหล็ก (147,312 และ 26,977 J/m^2K ตามลำดับ) (ตารางที่ 9.2)

ตารางที่ 9.2 เปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนและมวลอุณหภาพของผนังแต่ละประเภท

ผนัง	ภาพประกอบ	ค่าความต้านทานความร้อน m^2K/W	มวลอุณหภาพ J/m^2-K
1 ผนังก่ออิฐฉาบปูน		0.124	147,312
2 ผนัง ICF แบบที่ 1		1.987	84,650
3 ผนัง ICF แบบที่ 2		2.011	71,635
4 ผนัง ICF แบบที่ 3		2.001	84,825
5 ผนัง ICF แบบที่ 4		2.012	73,785
6 ผนัง ICF แบบที่ 5		2.033	74,074
7 ผนังโครงคร่าวไม้		2.654	33,755
8 ผนังโครงคร่าวเหล็ก		1.486	26,977
9 ผนัง SIP		2.352	28,748

หมายเหตุ: 1) ผนังก่ออิฐฉาบปูน ความหนารวม 0.10 ม.

2) ผนัง ICF ทั้ง 5 แบบ ประกอบด้วย กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ หนา 6 มม. แบบหล่อโฟม ภายในช่องโฟมบางส่วนเป็นค.ส.ล. บางส่วนเป็นช่องอากาศ และ กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ หนา 6 มม. (ผนัง ICF แต่ละแบบจะมีขนาดของแบบหล่อโฟม ขนาดช่องที่เป็นคสล. และช่องอากาศ ที่แตกต่างกัน)

3) ผนังโครงคร่าวไม้ ประกอบด้วย แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หนา 12 มม. โครงคร่าวไม้ ขนาด 2x4 นิ้ว ระยะห่าง 0.60 ม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว หุ้มฟอยล์สองด้าน อยู่ระหว่างโครงคร่าว และแผ่นยิปซัม หนา 12 มม.

4) ผนังโครงคร่าวเหล็ก ประกอบด้วย แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หนา 12 มม. โครงคร่าวเหล็ก C 92x45x0.08 ระยะห่าง 0.60 ม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว หุ้มฟอยล์สองด้าน อยู่ระหว่างโครงคร่าว และ แผ่นยิปซัม หนา 12 มม.

5) ผนัง SIP ประกอบด้วย กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ หนา 10 มม. โฟม EPS หนา 80 มม. และ กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ หนา 10 มม.

(เรียงลำดับวัสดุโดยเริ่มจากวัสดุที่อยู่ติดกับภายนอกอาคาร)

4. การคิดค่าไฟฟ้าและระยะเวลาคืนทุน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมของบ้านที่ศึกษา ประกอบด้วยปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และไฟฟ้าแสงสว่าง โดยกำหนดให้เครื่องปรับอากาศมีค่า COP (Coefficient of performance) เท่ากับ 2.5

การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ของบ้านที่ศึกษา คิดตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงแห่งประเทศไทย โดยใช้อัตราปกติ สำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน ค่าไฟฟ้ารวมจะประกอบด้วยค่าไฟฟ้าฐาน (ค่าไฟฟ้าที่ใช้ และค่าบริการ 40.90 บาทต่อเดือน) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ค่า Ft ของเดือนกุมภาพันธ์ 2551 - พฤษภาคม 2551 คือ 68.86 สตางค์ต่อหน่วย

การคิดระยะเวลาคืนทุน คำนวณได้จากผลต่างราคาค่าก่อสร้าง หารด้วยค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในแต่ละปี

5. การใช้พลังงานของบ้านชั้นเดียว

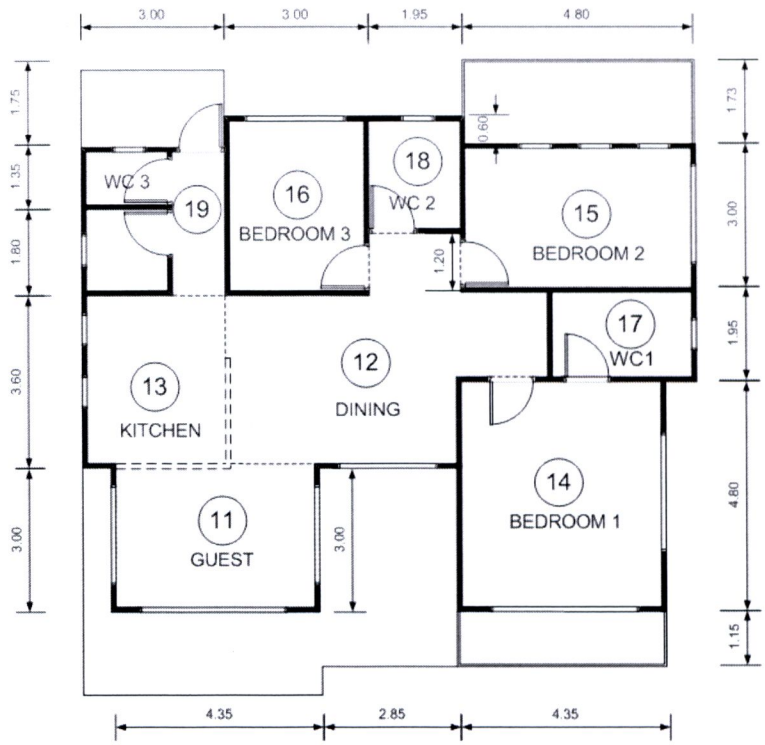
5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานของบ้านชั้นเดียว

1) ที่ตั้งและการวางอาคาร

บ้านที่ทำการจำลองการใช้พลังงาน กำหนดให้ที่ตั้งอยู่ในบริเวณชานเมืองของกรุงเทพมหานคร ด้านหน้าของบ้านหันไปทางด้านทิศใต้ บริเวณโดยรอบไม่มีอาคารสิ่งปลูกสร้างล้อมรอบอยู่ ใช้ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ “THA_Bangkok_IWEC.epw” ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

2) การแบ่งโซนอาคาร

บ้านแบบชั้นเดียวแบ่งโซนอาคารในการจำลองการใช้พลังงานทั้งหมด 10 โซน ชั้นล่างมีจำนวน 9 โซน (รูปที่ 9.2) และ โซนหลังคาจำนวน 1 โซน ลักษณะของบ้านที่จำลองในโปรแกรม EnergyPlus แสดงด้วยรูปที่ 9.3 - 9.6



รูปที่ 9.2 การแบ่งโซนอาคารในการจำลองการใช้พลังงานของบ้านชั้นเดียว

3) วัสดุของบ้านที่ทำการศึกษา

รายละเอียดของวัสดุที่ใช้สำหรับผนังภายนอก ผนังภายใน หลังคา และพื้น ของบ้านที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยบ้านโครงสร้างค.ส.ล.และผนังก่ออิฐ และ บ้าน ICF แสดงไว้ในตารางที่ 9.3 โดยกำหนดให้วัสดุผนัง ฝ้าเพดาน มีผิวสีปานกลาง ส่วนวัสดุพื้นและหลังคา มีผิวสีค่อนข้างเข้ม

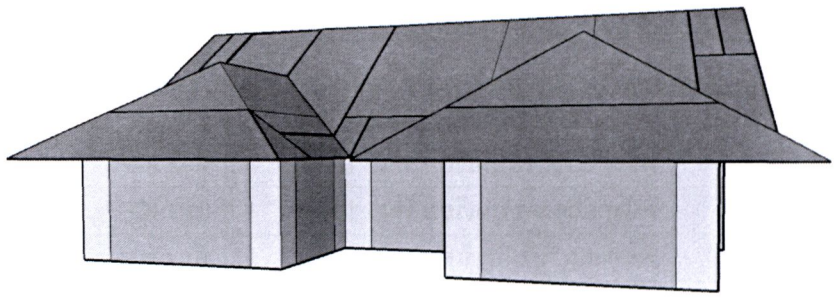
ตารางที่ 9.3 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในส่วนต่างๆ ของอาคาร สำหรับบ้านชั้นเดียว

องค์ประกอบ	วัสดุที่ใช้	
	บ้านโครงสร้างคอนกรีต	**บ้าน ICF**
ผนังภายนอก	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.	ผนัง ICF
ผนังภายใน	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.	ผนัง ICF
พื้นห้องรับแขก	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว
พื้นห้องนอน	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว
พื้นห้องน้ำ ห้องครัว	พื้นค.ส.ล. บุกระเบื้องเซรามิก	พื้นค.ส.ล. บุกระเบื้องเซรามิก
ฝ้าเพดาน	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 " หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 " หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน
หลังคา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	กระเบื้องซีแพคโมเนีย

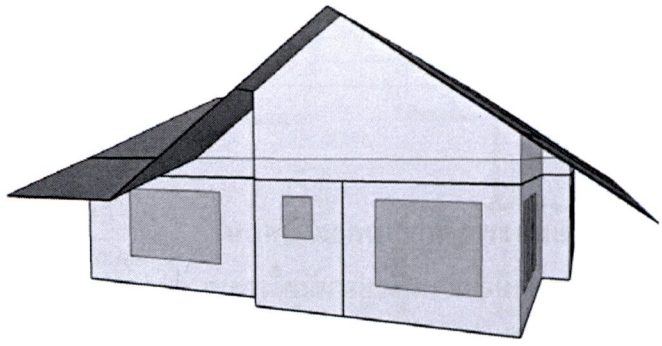
4) จำนวนผู้อยู่อาศัยและพฤติกรรมการใช้สอย

กำหนดให้บ้านที่ศึกษามีจำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งหมด 4 คน ประกอบด้วย พ่อ แม่ และ ลูก 2 คน ในวันธรรมดาหลังจากรับประทานอาหารเช้าแล้ว จึงเดินทางไปสถานที่ทำงานหรือสถานศึกษา และเดินทางกลับมาถึงบ้านเวลาประมาณ 17:00 น. ในช่วงวันหยุดสมาชิกส่วนใหญ่อยู่ที่บ้าน พฤติกรรมการใช้สอยจะแตกต่างกันระหว่างวันหยุดและวันธรรมดาดังนี้

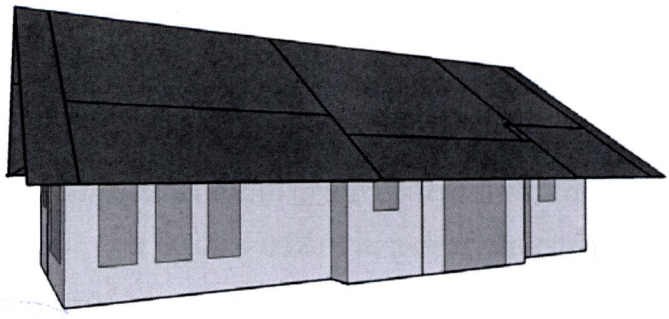
ในวันธรรมดาห้องนอนของพ่อ แม่ และ ลูก จะเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 21:00 – 6:00 น. ส่วนวันหยุดจะเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 21:00 – 7:00 น. ห้องนอนทุกห้องจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด ซึ่งจะเปิดใช้ในช่วงเวลาประมาณ 20:00 – 21:00 น. ของทุกวัน ในส่วนของห้องรับแขก/พักผ่อน เปิดใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงกลางคืนคือ 19:00-21:00 น. แต่ในช่วงวันหยุดจะเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 13:00 – 20:00 น.



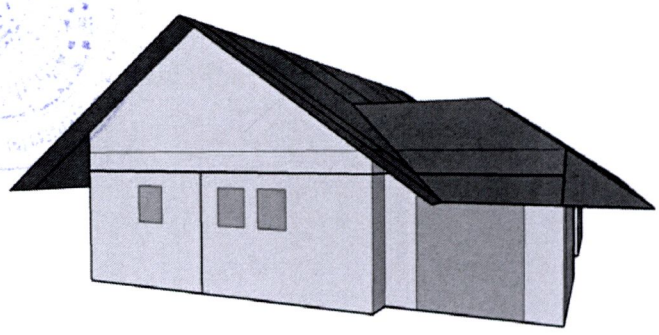
รูปที่ 9.3 ภาพบ้านชั้นเดียวที่จำลองทางด้านทิศใต้



รูปที่ 9.4 ภาพบ้านชั้นเดียวที่จำลองทางด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 9.5 ภาพบ้านชั้นเดียวที่จำลองทางด้านทิศเหนือ



รูปที่ 9.6 ภาพบ้านชั้นเดียวที่จำลองทางด้านทิศตะวันตก

5) การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ในแต่ละโซนแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 แสดงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละโซน และช่วงเวลาการใช้งาน สำหรับบ้านชั้นเดียว

โซนที่	พื้นที่ใช้สอย	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาใช้งาน จ-ศ (น.)	เวลาใช้งาน ส-อ (น.)
11	GUEST	- พัดลมตั้งพื้น 16”	68	-	9-12
		- โทรทัศน์สี 26”	95	19-21	9-12,13-18,19-21
		- เครื่องเล่นวีดีโอ	30	19-21	9-12,13-18,19-21
		- กล่องสัญญาณเคเบิล	15	19-21	9-12,13-18, 19-21
12	DINING	- พัดลมตั้งพื้น 16”	68	7-8, 18-19	8-9, 12-13, 18-19
13	KITCHEN	- ตู้เย็น 12 ลบ.ฟุต	165	0-24	0-24
		- หม้อหุงข้าว	600	6:00-6:30, 17:30-18:00	7:00-7:30, 17:30-18:00
		- เครื่องปิ้งขนมปัง	850	6:20-6:30	7:20-7:30
		- เตาไมโครเวฟ	1,200	6:20-6:30, 17:30-17:40	7:20-7:30, 17:30-17:40
		- กระติกน้ำร้อน 2.4 L	600	6:00-6:30, 17:30-18:00	7:00-7:30, 17:30-18:00
14	BEDROOM 1	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
		- เครื่องเป่าผม	500	6:40-6:50	7:40-7:50
15	BEDROOM 2	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
16	BEDROOM 3	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
17	WC 1	- เครื่องทำน้ำร้อน	2,000	6:30-6:40, 19:30-19:40	7:30-7:40, 19:30-19:40
18	WC 2	- เครื่องทำน้ำร้อน	2,000	6:30-6:40, 19:30-19:40	7:30-7:40, 19:30-19:40
		- เครื่องเป่าผม	500	6:40-6:50	7:40-7:50

6) การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้ข้อมูลตามจำนวนและประเภทของดวงโคมที่แสดงไว้ในผังไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากในการใช้งานจริงโดยทั่วไปมักจะไม่ได้เปิดดวงโคมที่มีในโซนทั้งหมดพร้อมกัน ดังนั้นจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างของแต่ละโซนเท่ากับ 70% ของค่ากำลังไฟฟ้าของดวงโคมทั้งหมดที่มีในโซนนั้นๆ ในกรณีที่ภายในหนึ่งโซนมีลักษณะการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกัน (เช่น แบบฝังในฝ้า แบบยึดติดกับฝ้า ฯลฯ) จะใส่ข้อมูลที่สัมพันธ์กับลักษณะการติดตั้ง (เช่น ค่า Fraction Radiant, Fraction Visible) โดยยึดตามลักษณะการติดตั้งของดวงโคมที่มีค่ากำลังไฟฟ้ารวมสูงสุด

7) การรั่วซึมของอากาศ

จากการศึกษางานวิจัยของต่างประเทศบ้านที่ก่อสร้างด้วยผนัง ICF ส่วนใหญ่ จะมีค่าการรั่วซึมอากาศที่น้อยกว่าบ้านผนังโครงคร่าวไม้ แต่เนื่องจากข้อมูลการรั่วซึมอากาศของบ้านทั้งสองประเภทที่สร้างในประเทศไทย ยังไม่มีการวัดค่าดังกล่าวมาก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงกำหนดการรั่วซึมของอากาศของแต่ละโซนกำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากับ 0.5 ACH ซึ่งเป็นค่าการรั่วซึมของอากาศของบ้านที่มีความแน่นหนาของกรอบอาคารในระดับปานกลาง ตามที่ได้มีการศึกษามาในต่างประเทศ [15] (ในกรณีที่เป็นช่วงฤดูร้อน ที่มีอุณหภูมิภายนอกและภายใน 35 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีความเร็วลมภายนอก 3.4 เมตรต่อวินาที) โดยใช้ค่าการรั่วซึมของอากาศเดียวกันนี้กับบ้านที่ใช้ผนัง ICF ผนังก่ออิฐ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP

8) มวลสารภายในและการระบายอากาศ

การจำลองการใช้พลังงาน ไม่ได้นำค่ามวลสารภายในห้อง เช่น เฟอร์นิเจอร์ มาคิดในการคำนวณ รวมทั้งไม่ได้กำหนดให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ

9) การใช้เครื่องปรับอากาศและการควบคุมอุณหภูมิ

กำหนดให้บ้านที่ศึกษามีการใช้เครื่องปรับอากาศในส่วนของห้องรับแขก และ ห้องนอนทั้ง 3 ห้อง ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องที่ปรับอากาศไว้ที่ 25 °C ช่วงเวลาการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในวันธรรมดาและวันหยุด แสดงไว้ในตารางที่ 9.5

อุปกรณ์การทำความเย็นที่เลือกใช้ในการจำลองในโปรแกรม EnergyPlus คือ Purchased Air

ตารางที่ 9.5 แสดงช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศของแต่ละโซน สำหรับบ้านชั้นเดียว

โซนที่	พื้นที่ใช้สอย	เวลาใช้งาน จันทร์ – ศุกร์ (น.)	เวลาใช้งาน เสาร์ - อาทิตย์ (น.)
11	GUEST	19-21	13-21
14	BEDROOM 1	21-6	21-7
15	BEDROOM 2	21-6	21-7
16	BEDROOM 3	21-6	21-7

5.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้าน ICF ต้นแบบ

จากการศึกษาพบว่า กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ (เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่) บ้านชั้นเดียวทั่วไป (โครงสร้างค.ส.ล.และผนังก่ออิฐ) ใช้พลังงานรวม 8,207 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ส่วนบ้าน ICF ต้นแบบ ใช้พลังงานรวม 7,603 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยบ้าน ICF สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ประมาณ 603 กิโลวัตต์ชั่วโมง (7.4 %)

บ้านทั่วไป และ บ้าน ICF มีค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 29,831 บาท และ 27,463 บาท ตามลำดับ โดยบ้าน ICF สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ประมาณ 2,368 บาท (7.9%) เนื่องจากบ้าน ICF มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไป 37,119 บาท จึงมีระยะเวลาคืนทุนนาน 16 ปี (ตารางที่ 9.6)

ตารางที่ 9.6 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ค่าไฟฟ้า ระหว่างบ้านชั้นเดียวทั่วไป และ บ้าน ICF กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตามปกติ

	บ้านคสล. ผนังก่ออิฐ	บ้าน ICF
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	8,207	7,603
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	29,831	27,463
ค่าก่อสร้าง (บาท)	1,913,230	1,950,349
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-603
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-2,368
ผลต่างของค่าก่อสร้าง (บาท)	-	37,119
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	-	16

5.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้าน ICF ต้นแบบ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศในส่วนของห้องรับแขกและห้องนอนตลอด 24 ชั่วโมง บ้านชั้นเดียวทั่วไป (โครงสร้างค.ส.ล.และผนังก่ออิฐ) ใช้พลังงานรวม 13,543 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ส่วนบ้าน ICF ต้นแบบ ใช้พลังงานรวม 12,438 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยบ้าน ICF สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ประมาณ 1,104 กิโลวัตต์ชั่วโมง (8.2%)

บ้านทั่วไป และ บ้าน ICF มีค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 50,763 บาท และ 46,432 บาท ตามลำดับ โดยบ้าน ICF สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ประมาณ 4,332 บาท (8.5%) เนื่องจากบ้าน ICF มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไป 37,119 บาท จึงมีระยะเวลาคืนทุนนาน 9 ปี (ตารางที่ 9.7)

ตารางที่ 9.7 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และค่าไฟฟ้า ของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้านทั่วไป และ บ้าน ICF กรณีที่ปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

	บ้านคสล. ผนังก่ออิฐ	บ้าน ICF
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	13,543	12,438
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	50,763	46,432
ค่าก่อสร้าง (บาท)	1,913,230	1,950,349
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-1,104
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-4,332
ผลต่างของค่าก่อสร้าง (บาท)	-	37,119
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	-	9

5.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบและบ้าน ICF ที่มีการใช้ผนัง ICF แบบต่าง ๆ กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

จากการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้าน ICF ต้นแบบ และ บ้าน ICF ที่ใช้ผนัง ICF แบบอื่นๆ (แบบที่ 1, 3, 4 และ 5) นั้น พบว่าผนัง ICF แบบอื่นๆ ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เพียงเล็กน้อยประมาณ 4 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 15 บาทต่อปี (ตารางที่ 9.8)

ตารางที่ 9.8 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และบ้าน ICF ที่มีการใช้ผนัง ICF แบบต่างๆ กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

	ICF ผนังแบบที่ 2 (ต้นแบบ)	ICF ผนังแบบที่ 1	ICF ผนังแบบที่ 3	ICF ผนังแบบที่ 4	ICF ผนังแบบที่ 5
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	7,603	7,600	7,600	7,602	7,602
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	27,463	27,448	27,448	27,459	27,458
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-4	-4	-1	-1
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-14	-15	-4	-4

5.5 เปรียบเทียบการใช้พลังงาน ค่าไฟฟ้า และระยะเวลาคืนทุนของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF ต้นแบบ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP

จากการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และ บ้านที่ใช้ผนังแบบอื่นๆ โดยเปลี่ยนเฉพาะผนังภายในและผนังภายนอก วัสดุที่ใช้ขององค์ประกอบอาคารส่วนอื่นๆ ยังคงเหมือนเดิม กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ พบว่าเมื่อเปลี่ยนจากผนัง ICF เป็นผนังโครงคร่าวเหล็ก หรือ ผนัง SIP จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าได้เพียงเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนเป็นผนังโครงคร่าวไม้กลับทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 9.9)

ตารางที่ 9.9 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าของบ้านชั้นเดียว ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และบ้านที่มีการใช้ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

	ICF ผนังแบบที่ 2 (ต้นแบบ)	ผนังโครงคร่าวไม้	ผนังโครงคร่าวเหล็ก	ผนัง SIP
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	7,603	7,616	7,550	7,584
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	27,463	27,510	27,255	27,386
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	12	-53	-20
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	47	-208	-77

6. การใช้พลังงานของบ้านสองชั้น

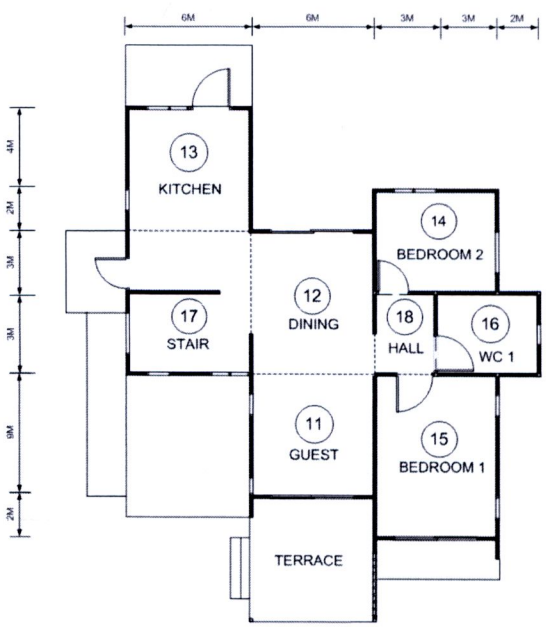
6.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานของบ้านสองชั้น

1) ที่ตั้งและการวางอาคาร

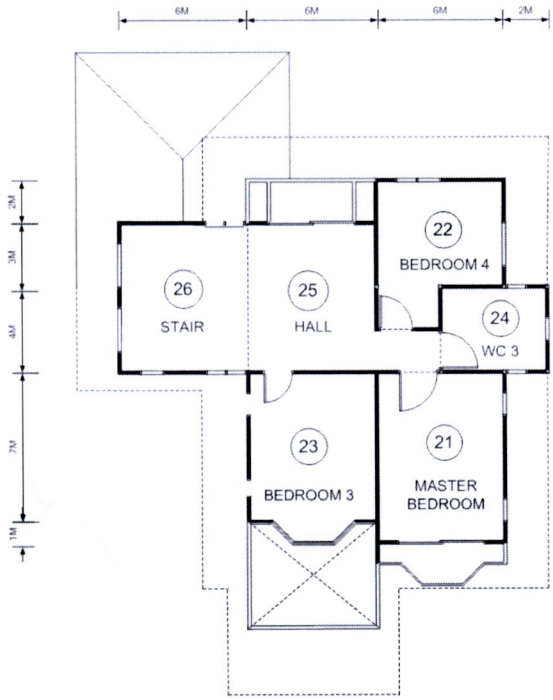
บ้านที่ทำการจำลองการใช้พลังงาน กำหนดให้ที่ตั้งอยู่ในบริเวณชานเมืองของกรุงเทพมหานคร ด้านหน้าของบ้านหันไปทางด้านทิศใต้ บริเวณโดยรอบไม่มีอาคารสิ่งปลูกสร้างล้อมรอบอยู่ โดยใช้ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ “THA_Bangkok_IWEC.epw” ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

2) การแบ่งโซนอาคาร

บ้านแบบสองชั้นแบ่งโซนอาคารในการจำลองการใช้พลังงานทั้งหมด 16 โซน ชั้นล่างมีจำนวน 8 โซน ชั้นที่สองมีจำนวน 6 โซน (รูปที่ 9.7 และ 9.8) และโซนหลังคาจำนวน 2 โซน ลักษณะของบ้านสองชั้นที่จำลองในโปรแกรม EnergyPlus แสดงด้วยรูปที่ 9.9 - 9.12



รูปที่ 9.7 การแบ่งโซนอาคารในการจำลองการใช้พลังงานของบ้านสองชั้น ในส่วนชั้นล่าง



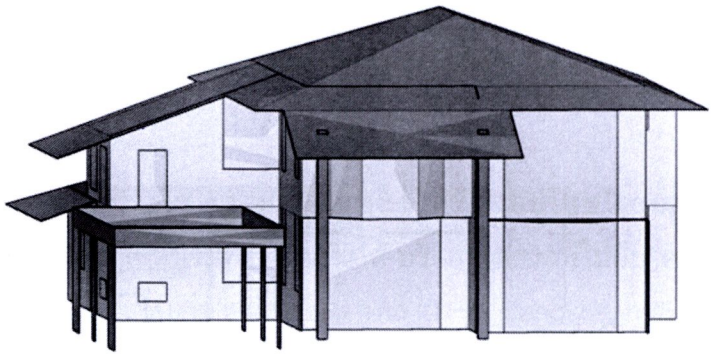
รูปที่ 9.8 การแบ่งโซนอาคารในการจำลองการใช้พลังงานของบ้านสองชั้น ในส่วนชั้นที่สอง

3) วัสดุของบ้านที่ทำการศึกษา

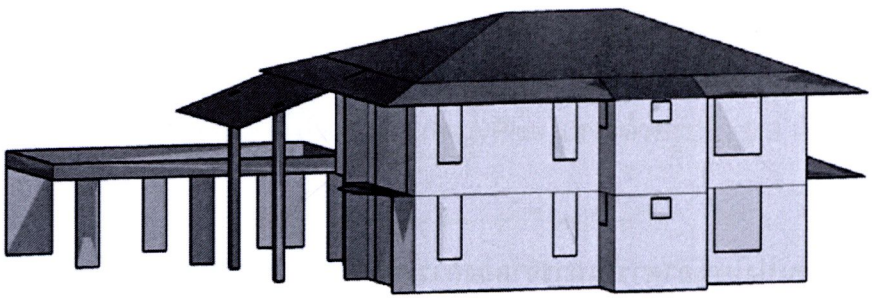
รายละเอียดของวัสดุที่ใช้สำหรับผนังภายนอก ผนังภายใน หลังคา และพื้น ของบ้านสองชั้น ทั้งสองประเภท คือ บ้านโครงสร้างค.ส.ล.ผนังก่ออิฐ และ บ้าน ICF แสดงไว้ในตารางที่ 9.10 โดยกำหนดให้วัสดุผนัง ฝ้าเพดาน มีผิวสีปานกลาง ส่วนวัสดุพื้นและหลังคา มีผิวสีค่อนข้างเข้ม

ตารางที่ 9.10 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในส่วนต่างๆ ของอาคาร สำหรับบ้านสองชั้น

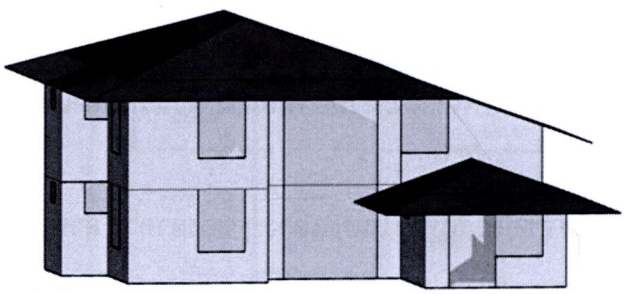
องค์ประกอบ	วัสดุที่ใช้	
	บ้านโครงสร้างคอนกรีต	บ้าน ICF
ผนังภายนอก	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.	ผนัง ICF
ผนังภายใน	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.	ผนัง ICF
พื้นห้องนอน	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว	พื้นค.ส.ล. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว
พื้นห้องน้ำ ห้องครัว	พื้นค.ส.ล. บุกระเบื้องเซรามิก	พื้นค.ส.ล. บุกระเบื้องเซรามิก
ฝ้าเพดานชั้นล่าง	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม.	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม.
ฝ้าเพดานชั้นที่สอง	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 " หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน	แผ่นยิปซัม หนา 9 มม. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 " หุ้มฟอยล์ 1 ด้าน
หลังคา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	กระเบื้องซีแพคโมเนีย



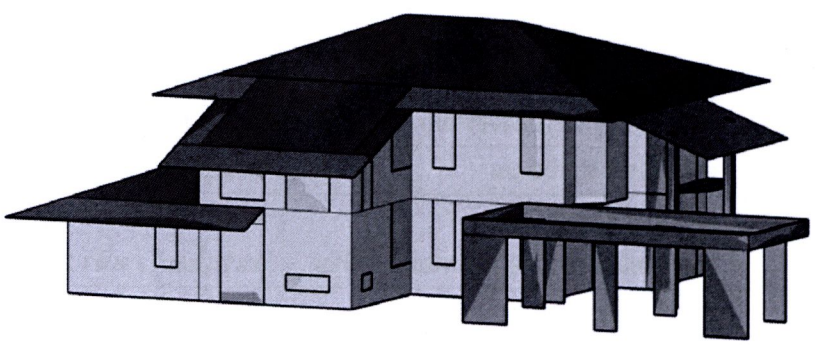
รูปที่ 9.9 ภาพบ้านสองชั้นที่จำลองทางด้านทิศใต้



รูปที่ 9.10 ภาพบ้านสองชั้นที่จำลองทางด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 9.11 ภาพบ้านสองชั้นที่จำลองทางด้านทิศเหนือ



รูปที่ 9.12 ภาพบ้านสองชั้นที่จำลองทางด้านทิศตะวันตก

4) จำนวนผู้อยู่อาศัยและพฤติกรรมการใช้สอย

กำหนดให้บ้านที่ศึกษามีจำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งหมด 6 คน ประกอบด้วย พ่อ แม่ ลูก 2 คน ญาติผู้ใหญ่ 1 คน และ คนรับใช้ 1 คน ในวันธรรมดาจะมีเพียงญาติผู้ใหญ่และคนรับใช้เท่านั้นที่อยู่บ้าน ส่วนสมาชิกคนอื่นๆ หลังจากรับประทานอาหารเช้าแล้ว จึงเดินทางไปสถานที่ทำงานหรือสถานศึกษา และเดินทางกลับมาถึงบ้านเวลาประมาณ 17:00 น. ในช่วงวันหยุดสมาชิกส่วนใหญ่อยู่ที่บ้าน พฤติกรรมการใช้สอยจะแตกต่างกันระหว่างวันหยุดและวันธรรมดาดังนี้

ในวันธรรมดาห้องนอนของพ่อ แม่ ลูก และญาติผู้ใหญ่ จะเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 21:00 – 6:00 น. ส่วนวันหยุดจะเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 21:00 – 7:00 น. ห้องนอนทุกห้องจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด ซึ่งจะเปิดใช้ในช่วงเวลาประมาณ 20:00 – 21:00 น. ของทุกวัน ในส่วนของห้องรับแขก/พักผ่อน ในวันธรรมดาช่วงกลางวันจะใช้เพียงพัดลม และเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงกลางคืนคือ 19:00-21:00 น. แต่ในช่วงวันหยุดจะเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 13:00 – 20:00 น.

5) การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ในแต่ละโซนแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 9.11

ตารางที่ 9.11 แสดงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละโซน และช่วงเวลาการใช้งาน สำหรับบ้านสองชั้น

โซนที่	พื้นที่ใช้สอย	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาใช้งาน จ-ศ (น.)	เวลาใช้งาน ส-อ (น.)
11	GUEST	- พัดลมตั้งพื้น 16"	68	-	9-12
		- โทรทัศน์สี 26"	95	19-21	9-12,13-18,19-21
		- เครื่องเล่นวีดีโอ	30	19-21	9-12,13-18,19-21
		- กล่องสัญญาณเคเบิล	15	19-21	9-12,13-18, 19-21
12	DINNING	- พัดลมตั้งพื้น 16"	68	7-8, 18-19	8-9, 12-13, 18-19
13	KITCHEN	- ตู้เย็น 12 ลบ.ฟุต	165	0-24	0-24
		- หม้อหุงข้าว	600	6:00-6:30, 17:30-18:00	7:00-7:30, 17:30-18:00
		- เครื่องปิ้งขนมปัง	850	6:20-6:30	7:20-7:30
		- เตาไมโครเวฟ	1200	6:20-6:30, 17:30-17:40	7:20-7:30, 17:30-17:40
		- กระติกน้ำร้อน 2.4 L	600	6:00-6:30, 17:30-18:00	7:00-7:30, 17:30-18:00

โซนที่	พื้นที่ใช้สอย	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาใช้งาน จ-ศ (น.)	เวลาใช้งาน ส-อ (น.)
14	BEDROOM 2	- พัดลมตั้งพื้น 12"	68	21-6	21-6
15	BEDROOM 1	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
16	WC 1	- เครื่องทำน้ำร้อน	2000	6:30-6:40, 19:30-19:40	7:30-7:40, 19:30-19:40
		- เครื่องเป่าผม	500	6:40-6:50	7:40-7:50
21	MASTER BEDROOM	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
22	BEDROOM 4	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
23	BEDROOM 3	- คอมพิวเตอร์	230	20-21	20-21
		- จอภาพ	102	20-21	20-21
24	WC 3	- เครื่องทำน้ำร้อน	2000	6:30-6:40, 19:30-19:40	7:30-7:40, 19:30-19:40
		- เครื่องเป่าผม	500	6:40-6:50	7:40-7:50

6) การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้ข้อมูลตามจำนวนและประเภทของดวงโคมที่แสดงไว้ในผังไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากในการใช้งานจริงโดยทั่วไปมักจะไม่ได้เปิดดวงโคมที่มีในโซนทั้งหมดพร้อมกัน ดังนั้นจึงประมาณค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างของแต่ละโซนเท่ากับ 70% ของค่ากำลังไฟฟ้าของดวงโคมทั้งหมดที่มีในโซนนั้นๆ ในกรณีที่ภายในหนึ่งโซนมีลักษณะการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกัน (เช่น แบบฝังในฝ้า แบบยึดติดกับฝ้า ฯลฯ) จะใส่ข้อมูลที่สัมพันธ์กับลักษณะการติดตั้ง (เช่น ค่า Fraction Radiant, Fraction Visible) โดยยึดตามลักษณะการติดตั้งของดวงโคมที่มีค่ากำลังไฟฟ้ารวมสูงสุด

7) การรั่วซึมของอากาศ

การรั่วซึมของอากาศของแต่ละโซนกำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากับ 0.5 ACH

8) มวลสารภายในและการระบายอากาศ

การจำลองการใช้พลังงาน ไม่ได้นำค่ามวลสารภายในห้อง เช่น เฟอร์นิเจอร์ มาคิดในการคำนวณ รวมทั้งไม่ได้กำหนดให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ

9) การใช้เครื่องปรับอากาศและการควบคุมอุณหภูมิ

กำหนดให้บ้านที่ศึกษามีการใช้เครื่องปรับอากาศในส่วนของห้องรับแขก และ ห้องนอนทั้ง 4 ห้อง ตั้งค่าอุณหภูมิของห้องที่ปรับอากาศไว้ที่ 25 °C ช่วงเวลาการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในวันธรรมดาและวันหยุด แสดงไว้ในตารางที่ 9.12

อุปกรณ์การทำความเย็นที่เลือกใช้ในการจำลองในโปรแกรม EnergyPlus คือ Purchased Air

ตารางที่ 9.12 แสดงช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศของแต่ละโซน สำหรับบ้านสองชั้น

โซนที่	พื้นที่ใช้สอย	เวลาใช้งาน จันทร์ – ศุกร์ (น.)	เวลาใช้งาน เสาร์ - อาทิตย์ (น.)
11	GUEST	19-21	13-21
15	BEDROOM 1 (1st FL)	21-6	21-7
21	MASTER BEDROOM (2nd FL)	21-6	21-7
22	BEDROOM 4 (2nd FL)	21-6	21-7
23	BEDROOM 3 (2nd FL)	21-6	21-7

6.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้าน ICF ต้นแบบ กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

จากการศึกษาพบว่า กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ (เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่) บ้านสองชั้นทั่วไป (โครงสร้างค.ส.ล.และผนังก่ออิฐ) ใช้พลังงานรวม 10,133 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ส่วนบ้าน ICF ต้นแบบ ใช้พลังงานรวม 9,534 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยบ้าน ICF สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ประมาณ 599 กิโลวัตต์ชั่วโมง (5.9%)

บ้านทั่วไป และ บ้าน ICF มีค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 37,388 บาท และ 35,037 บาท ตามลำดับ โดยบ้าน ICF สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ประมาณ 2,351 บาท (6.3%) เนื่องจากบ้าน ICF มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไป 207,721 บาท ดังนั้นจึงมีระยะเวลาในการคืนทุนนานถึง 88 ปี (ตารางที่ 9.13)

ตารางที่ 9.13 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ค่าไฟฟ้า ระหว่างบ้านสองชั้นทั่วไป และ บ้าน ICF กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

	บ้านคสล. ผนังก่ออิฐ	บ้าน ICF (สองชั้น)
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	10,133	9,534
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	37,388	35,037
ค่าก่อสร้าง (บาท)	2,728,660	2,936,381
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-599

	บ้านคสล. ผนังก่ออิฐ	บ้าน ICF (สองชั้น)
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-2,351
ผลต่างของค่าก่อสร้าง (บาท)	-	207,721
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	-	88

6.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้านทั่วไปและบ้าน ICF ต้นแบบ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศในส่วนของห้องรับแขกและห้องนอนตลอด 24 ชั่วโมง บ้านสองชั้นทั่วไป (โครงสร้างค.ส.ล.และผนังก่ออิฐ) ใช้พลังงานรวม 16,363 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ส่วนบ้าน ICF ต้นแบบ ใช้พลังงานรวม 14,892 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยบ้าน ICF สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ประมาณ 1,471 กิโลวัตต์ชั่วโมง (9.0%)

บ้านทั่วไป และ บ้าน ICF มีค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 61,829 บาท และ 56,058 บาท ตามลำดับ โดยบ้าน ICF สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ประมาณ 5,771 บาท (9.3%) เนื่องจากบ้าน ICF มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไป 207,721 บาท ดังนั้นจึงมีระยะเวลาในการคืนทุนนานถึง 36 ปี (ตารางที่ 9.14)

ตารางที่ 9.14 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และค่าไฟฟ้า ของบ้านชั้นสองชั้น ระหว่างบ้านทั่วไป และ บ้าน ICF กรณีที่ปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

	บ้านคสล. ผนังก่ออิฐ	บ้าน ICF (สองชั้น)
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	16,363	14,892
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	61,829	56,058
ค่าก่อสร้าง (บาท)	2,728,660	2,936,381
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-1,471
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-5,771
ผลต่างของค่าก่อสร้าง (บาท)	-	207,721
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	-	36

6.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และบ้าน ICF ที่มีการใช้ผนัง ICF แบบต่าง ๆ กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

จากการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้าน ICF ต้นแบบ และ บ้าน ICF ที่ใช้ผนัง ICF แบบอื่นๆ (แบบที่ 1, 3, 4 และ 5) นั้น พบว่าผนัง ICF แบบอื่นๆ ช่วยลดการ

ใช้พลังงานไฟฟ้าได้เพียงเล็กน้อยประมาณ 4 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 16 บาทต่อปี (ตารางที่ 9.15)

ตารางที่ 9.15 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และบ้าน ICF ที่มีการใช้ผนัง ICF แบบต่างๆ กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

	ICF ผนังแบบที่ 2 (ต้นแบบ)	ICF ผนังแบบที่ 1	ICF ผนังแบบที่ 3	ICF ผนังแบบที่ 4	ICF ผนังแบบที่ 5
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	9,534	9,530	9,530	9,533	9,533
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	35,037	35,021	35,022	35,034	35,034
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-4	-4	-1	-1
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-16	-16	-4	-3

6.5 เปรียบเทียบการใช้พลังงาน ค่าไฟฟ้า และระยะเวลาคืนทุนของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF ต้นแบบ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

จากการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และ บ้านที่ใช้ผนังแบบอื่นๆ โดยเปลี่ยนเฉพาะผนังภายในและผนังภายนอก วัสดุที่ใช้ขององค์ประกอบอาคารส่วนอื่นๆ ยังคงเหมือนเดิม กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ พบว่าเมื่อเปลี่ยนจากผนัง ICF เป็นผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก หรือ ผนัง SIP จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าได้ โดยผนังโครงคร่าวเหล็กจะช่วยประหยัดพลังงานได้มากที่สุดคือ 134 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 525 บาทต่อปี (ตารางที่ 9.16)

ตารางที่ 9.16 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าของบ้านสองชั้น ระหว่างบ้าน ICF ต้นแบบ และบ้านที่มีการใช้ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP กรณีใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

	ICF ผนังแบบที่ 2 (ต้นแบบ)	ผนังโครงคร่าวไม้	ผนังโครงคร่าวเหล็ก	ผนัง SIP
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี (kWh)	9,534	9,507	9,400	9,461
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	35,037	34,932	34,513	34,749
ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	-	-27	-134	-74
ผลต่างของค่าไฟฟ้า (บาท)	-	-105	-525	-289

7. บทสรุป

จากผลการศึกษาการใช้พลังงานของบ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้น เปรียบเทียบระหว่างบ้านทั่วไป และ บ้าน ICF สรุปได้ว่า

1) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป บ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่เป็นบ้านแบบ ICF ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี 7.4% และ 5.9% ตามลำดับ โดยบ้านชั้นเดียว และบ้านสองชั้น มีระยะเวลาในการคืนทุน 16 ปี และ 88 ปี ตามลำดับ

2) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF ที่ออกแบบขึ้นและเลือกใช้เป็นต้นแบบ กับบ้านที่ใช้ผนัง ICF แบบอื่นๆ ที่ออกแบบขึ้น พบว่ามีค่าการใช้พลังงานที่แตกต่างกันน้อยมาก คือไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ทั้งในกรณีของบ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้น

3) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ้านที่ใช้ผนัง ICF กับบ้านที่ใช้ระบบผนังแบบอื่นที่เคยศึกษาไว้ในโครงการอื่น ได้แก่ ผนังโครงคร่าวไม้ ผนังโครงคร่าวเหล็ก และ ผนัง SIP พบว่าบ้านที่ใช้ผนังโครงคร่าวเหล็กจะใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยบ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่ใช้ผนังโครงคร่าวเหล็ก จะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าบ้านที่ใช้ผนัง ICF ประมาณ 53 และ 134 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ตามลำดับ

4) กรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป บ้านชั้นเดียวและบ้านสองชั้นที่เป็นบ้านแบบ ICF ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 8.2% และ 9.0% ตามลำดับ โดยบ้านชั้นเดียว และบ้านสองชั้น มีระยะเวลาในการคืนทุน 9 ปี และ 36 ปี ตามลำดับ ซึ่งสามารถคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Richard Strand, and others, "Enhancing and Extending the Capabilities of the Building Heat Balance Simulation Technique for Use in Energyplus," Proceedings of Building Simulation 1999, International Performance Simulation Asscociation (Kyoto, Japan 13-15 September 1999).

[2] Elisabeth Kossecka, and Jan Kosny, "Relations Between Structural and Dynamic Thermal Characteristics of Building Walls," Proceedings of 1996 International Symposium of CIB W67 "Energy and Mass flow in the Life cycle of Buildings," (Vienna, 4-10 August 1996).

[3] Jan Kosny, Jeffrey E. Christian, and Andre O. Desjarlais, "Performance Check Between Whole Building Thermal Performance Criteria and Exterior Wall Measured Clear Wall R-Value, Thermal Bridging, Thermal Mass, and Airtightness," **ASHRAE Transactions** 104,2 (1998) : 1379-1389.

[4] Enermodal Engineering Limited, Oak Ridge National Labs, and Polish Academy of Sciences, "Modeling Two- and Three-Dimensional Heat Transfer Through Composite Wall and Roof Assemblies in Transient Energy Simulation Programs (1145-TRP), Part I: Final Report," **Report** (2001).

[5] Jan Kosny, and Elisabeth Kossecka, "Multi-Dimensional Heat Transfer Through Complex Building Envelope Assemblies in Hourly Energy Simulation Programs," **Energy and Buildings**, 34 (2002) : 445-454.

[6] Elizabeth Finlayson and others, "THERM 2.0: Program Description A PC Program for Analyzing the Two-Dimensional Heat Transfer Through Building Products," (Lawrence Berkeley National Laboratory, 1998).

[7] Enermodal Engineering Limited, Oak Ridge National Labs, and Polish Academy of Sciences. "Modeling Two- and Three-Dimensional Heat Transfer Through Composite Wall and Roof Assemblies in Transient Energy Simulation Programs (1145-TRP), Part I: Final Report."

[8] Ibid.

[9] ข้อมูลจากผู้ผลิต

[10] สมาคมสถาปนิกสยามฯ, ผู้รวบรวม, "พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ค่าความแตกต่าง

อุณหภูมิเทียบเท่า ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง และค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์" ใน **กฎหมายอาคาร อาษา / 2542**, (กรุงเทพฯ: สมาคม, 2542), 16-62 – 16-73.

[11] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, **คู่มือวัสดุก่อสร้าง** (กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย, 2541), 90-91.

[12] ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, **แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**, เอกสารเผยแพร่ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548), 2-49 – 2-50.

[13] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, "เอกสารประกอบการประกวดแบบบ้าน โครงการประกวดแนวความคิดการออกแบบอาคารที่พักอาศัยประหยัดพลังงานด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive Cooling)," เอกสารเผยแพร่ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2548), 27-28.

[14] ASHRAE, **ASHRAE Handbook: Fundamentals**, (Atlanta, Ga.: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001), 25.5-25.8, 38.3-38.4.

[15] Benjamin Stein and John S. Reynolds, **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings** (New York: John Wiley & Sons, 2000), 188.