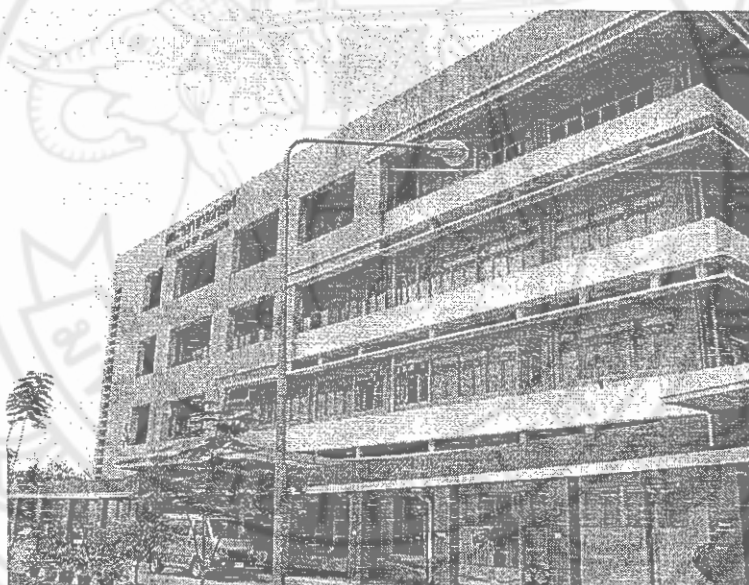


บทที่ 3

การตรวจวัดและการวิเคราะห์

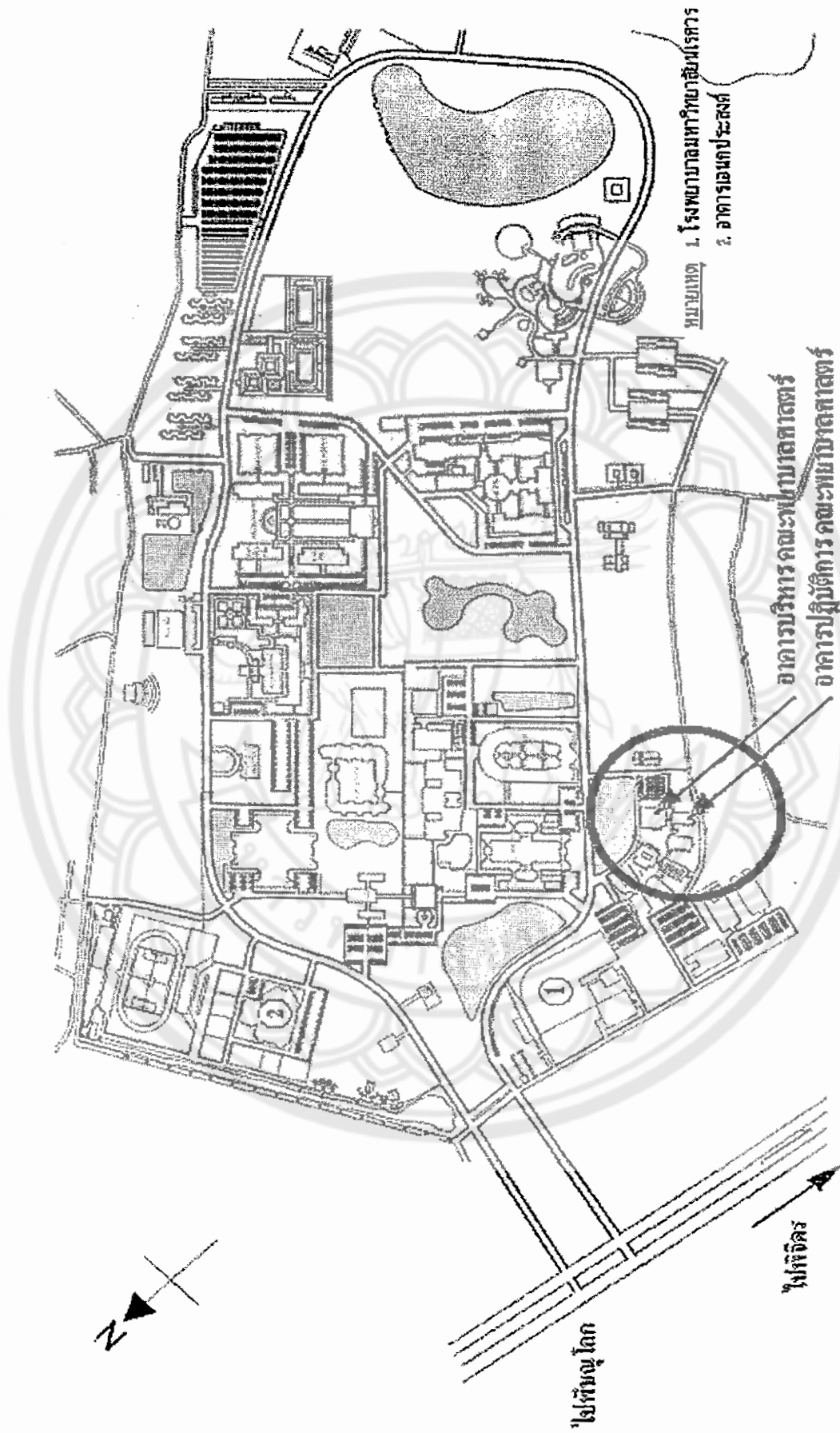
ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร โดยจะยกตัวอย่างอาคารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก มาเป็นกรณีศึกษา ส่วนมาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงนั้นจะถูกกล่าวถึงในบทที่ 4

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นอาคารพยาบาลศาสตร์



รูปที่ 3.1 แสดงด้านหน้าของอาคารพยาบาลศาสตร์

อาคารพยาบาลศาสตร์เป็นอาคารภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรจากกฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (หัวข้อ 2.3 ในบทที่ 2) อาคารพยาบาลศาสตร์จัดเป็นอาคารควบคุมประเภทอาคารใหม่



รูปที่ 3.2 แสดงที่ตั้งของอาคารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

3.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (Overall Thermal Transfer Value: OTTV และ Roof Thermal Transfer Value: RTTV)

การลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกผนังและหลังคาอาคารเป็นส่วนหนึ่งในมาตรการที่จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในส่วนเครื่องปรับอากาศลงได้ ดังนั้นเพื่อให้การใช้พลังงานภายในอาคารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลจึงได้กำหนดมาตรฐานค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารในส่วนของห้องปรับอากาศ ดังแสดงในบทที่ 2 หัวข้อ 2.4 มาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อน

ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาอาคารนั้นใช้โปรแกรม OTTVEE Version 1.0a (Overall Thermal Transfer Value and Energy Estimation) ผลิตโดยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เราจำเป็นต้องทราบ ลักษณะของกรอบอาคารว่าประกอบไปด้วยชั้นวัสดุอะไรบ้าง มีพื้นที่ผนังทึบเท่าไร พื้นที่ผนังโปร่งแสงเท่าไร ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดเป็นอย่างไร เพื่อที่จะนำมาคำนวณ โดยปกติแล้วเราสามารถดูข้อมูลเหล่านี้ได้จากแบบก่อสร้างอาคาร แต่ในบางครั้งเราจำเป็นต้องออกไปสังเกตแบบด้วยตนเองในกรณีที่ไม่มีแบบ รูปที่ 3.3 ถึง รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของผนังอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์และอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ในทิศต่างๆ



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะผนังอาคารอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



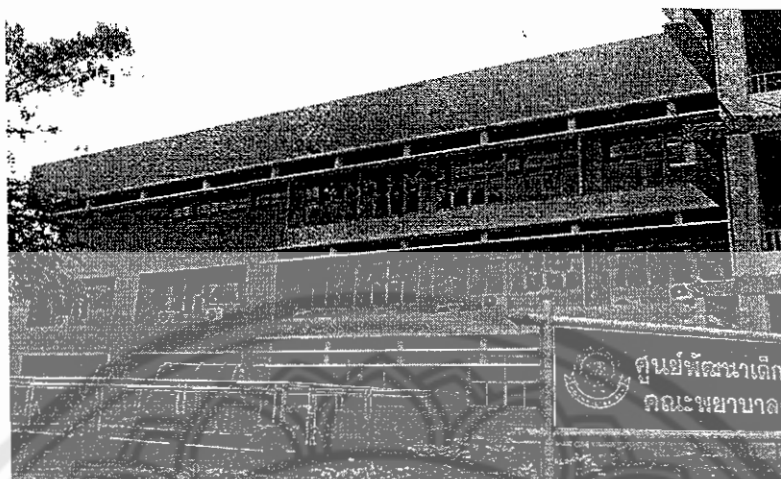
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะหน้าอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้



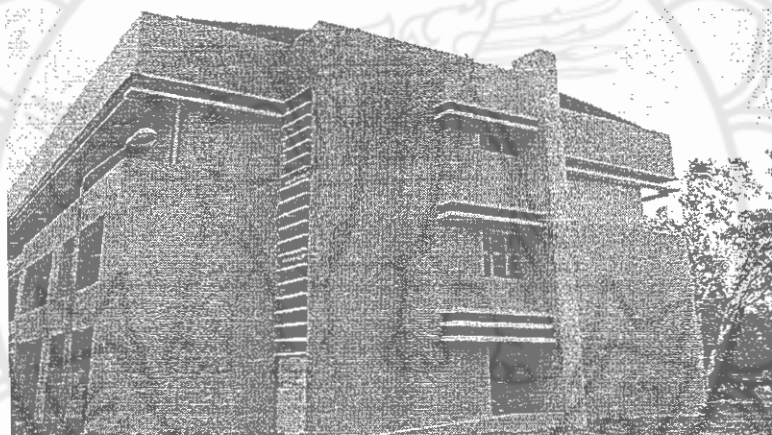
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะหน้าอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ



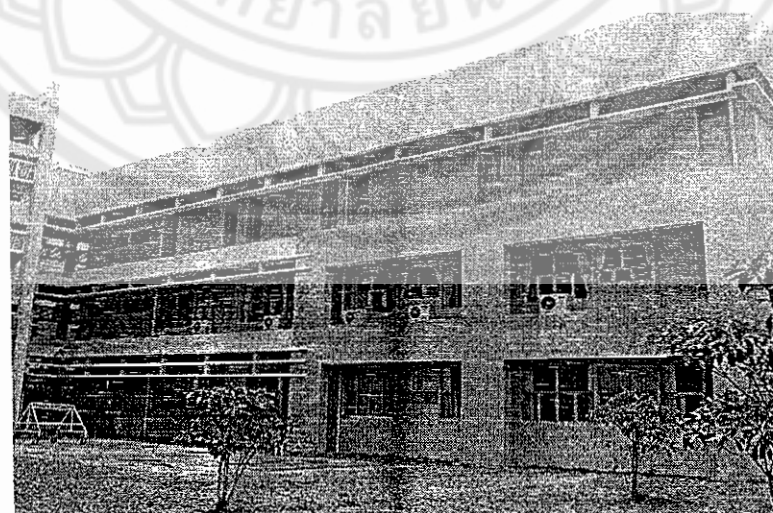
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะหน้าอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะผนังอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะผนังอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะผนังอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะผนังอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

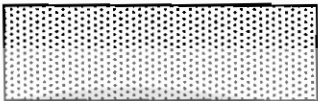
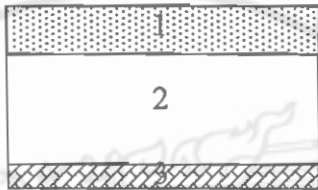
3.2.1 รายละเอียดการคำนวณค่าความร้อนผ่านผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV)

3.2.1.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Transfer Coefficient: U) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent: TD_{eq})

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเป็นส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวมหาได้จากสมการที่ 2.5 ซึ่งค่าความต้านทานความร้อนรวมสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3 ในกรณีที่ชั้นผนังประกอบไปด้วยชั้นวัสดุ n ชนิด และสมการที่ 2.4 ในกรณีที่ชั้นผนังประกอบไปด้วยชั้นวัสดุ n ชนิดและมีช่องว่างอากาศอยู่ตรงกลาง โดยที่ค่า Δx เป็นความหนาแน่นของชั้นผนังชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดหรือดูจากแบบแปลนอาคาร ส่วนในกรณีอาคารพยาบาลศาสตร์นั้นได้แสดงรายละเอียดของโครงสร้างไว้ใน ตารางที่ 3.1 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity Coefficient: K) สามารถดูได้จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

สำหรับผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าสามารถหาได้จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข ซึ่งเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับมวลของวัสดุและระดับการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุ (α) ซึ่งมวลของวัสดุสามารถหาได้จากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุกับความหนาแน่นของชั้นวัสดุนั้นๆ โดยค่าความหนาแน่นสามารถดูได้จาก ตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข และระดับการดูดกลืนรังสีอาทิตย์หาได้จาก ตารางที่ ข.8 ภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลังคาอาคารพยาบาลศาสตร์

ลักษณะ โครงสร้าง	ความหนาวัสดุ	สีทา ภายนอก	สีทภายใน
หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตน้ำหนักเบาความหนาแน่นปานกลาง หนา 0.150 m.	สีขาว	สีขาว
หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบมีเพดานขีปซัมบอร์ด	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตน้ำหนักเบาความหนาแน่นปานกลางหนา 0.200 m. ชั้นที่ 2 ช่องว่างอากาศ หนา 0.491 m. ชั้นที่ 3 อิฐขีปซัมบอร์ด หนา 0.009 m.	ไม่ทาสี	สีขาว

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดพื้นที่ของหลังคาอาคารพยาบาลศาสตร์

ผนังทึบ		ผนังโปร่งแสง		พื้นที่รวม (m ²)
โครงสร้างลักษณะ	พื้นที่ (m ²)	โครงสร้างลักษณะ	พื้นที่ (m ²)	
1. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	19.6	-	-	742.2
2. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบมีเพดานขีปซัมบอร์ด	722.6			

3.2.1.2 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Heat Transfer Coefficient: U) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent: TD_{eq})

1. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.15 m.



รูปที่ 3.11 แสดงหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กและความต้านทานความร้อนจากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.15 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

$$\text{ค่า } K_1 \text{ ของคอนกรีตเสริมเหล็ก} = 0.346 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.055 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.162 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.055 + \frac{0.15}{0.346} + 0.162$$

$$R_T = 0.651 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.651} = 1.54 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

$$\text{ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก} = 1,120 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ดังนั้น มวลของวัสดุ} = (\text{ความหนาแน่น})(\text{ความหนา})$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = (1,120)(0.15)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 168 \text{ kg/m}^2$$

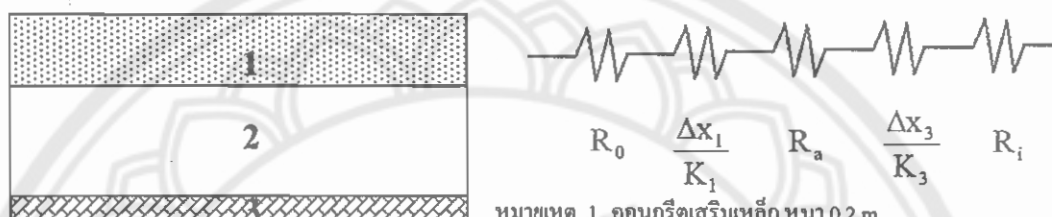
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 168 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{∞} เท่ากับ 20°C

2. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 0.7 m.



หมายเหตุ 1. คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.2 m

2. ฟิล์มอากาศ หนา 0.491 m

3. ยิปซัมบอร์ด หนา 0.009 m

รูปที่ 3.12 หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีเพดานยิปซัมบอร์ดและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_a + \frac{\Delta x_3}{K_3} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.200 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.491 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.009 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $0.346 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของยิปซัมบอร์ด คือ $0.191 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.5 ในภาคผนวก ข.

ค่า R_a ของฟิล์มอากาศ คือ $0.174 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.055 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากเพดานยิปซัมบอร์ด มีผิวด้านไม่สะท้อนแสงดังนั้น $R_i = 0.162 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.055 + \frac{0.2}{0.346} + 0.174 + \frac{0.009}{0.191} + 0.162$$

$$R_T = 1.02 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.02} = 0.984 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีต ความหนาแน่นปานกลาง คือ $1,120 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ความหนาแน่นของอากาศ คือ 1.2 kg/m^3

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (1,120)(0.2) + (880)(0.009) + (1.2)(0.491)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 232.5 \text{ kg/m}^2$$

จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 374 kg/m^2 และ $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 24°C

3.2.1.3 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Rate of Heat Transfer: Q)

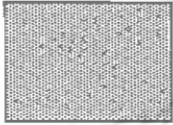
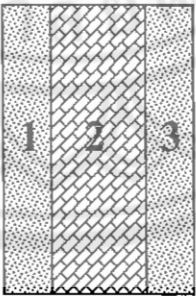
ตารางที่ 3.3 การคำนวณค่า RTTV ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของหลังคา	code	A_w	U_r	TD_{eq}	A_r	U_r	ΔT	SF	SC	1-RSR
หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	19.6	1.58	20	-	-	-	-	-	0.026
หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบมีเพดานยิปซัมบอร์ด	II	722.6	0.984	24	-	-	-	-	-	0.966
รวม		747.2	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							747.2			

จากสมการที่ 2.8

$$\begin{aligned}
 RTTV &= (U_r)(1-RSR)(TD_{eq}) + (U_r)(RSR)(\Delta T) + (SC)(RSR)(SF) \\
 &= (U_r)(1-RSR)(TD_{eq})_I + (U_r)(1-RSR)(TD_{eq})_{II} \\
 &= (1.58)(0.026)(20) + (0.984)(0.966)(24) \\
 &= 23.6 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังที่อาคารพยาบาลศาสตร์

ลักษณะโครงสร้าง	ความหนาแน่นวัสดุ	สีภายนอก	สีภายใน
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.65 m.	สีขาว	สีขาว
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก 0.30 m.	สีขาว	สีขาว
กรอบหน้าต่างเหล็ก	 ชั้นที่ 1 เหล็กกล้า หนา 0.025 m.	สีเทาอ่อน	สีเทาอ่อน
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	 ชั้นที่ 1 ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 อิฐยิปซัม หนา 0.08 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.	สีขาว	สีขาว

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังที่อาคารพยาบาลศาสตร์ (ต่อ)

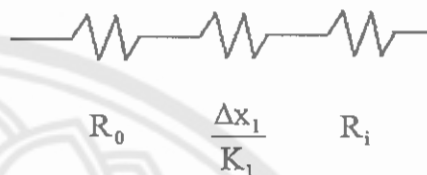
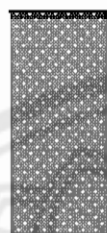
ลักษณะโครงสร้าง	ความหนาชั้นวัสดุ	สีทภายนอก	สีทภายใน
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.	ชั้นที่ 1 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 อิฐยิปซัม หนา 0.18 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 4 กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.	สีขาว	สีขาว
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.	ชั้นที่ 1 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.18 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 4 กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.	สีขาว	สีขาว
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	ชั้นที่ 1 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 อิฐยิปซัม หนา 0.08 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบนำหนัขนาดกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 4 กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.	สีส้ม	สีขาว

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดพื้นที่ของผนังอาคารในทิศทางต่างๆ ของอาคารพยาบาลศาสตร์

ทิศ	ผนังทึบ		ผนังโปร่งแสง		พื้นที่รวม (m ²)
	ลักษณะ โครงสร้าง	พื้นที่	ลักษณะโครงสร้าง	พื้นที่	
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	54.9	กระจกใส	98.1	482.64
	2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1.4			
	3. กรอบหน้าต่างเหล็ก	31.24			
	4. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	271.9			
	5. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	10.3			
	6. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	14.8			
ตะวันตกเฉียงเหนือ	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	95.8	กระจกใส	120	811.4
	2. กรอบหน้าต่างเหล็ก	67.8			
	3. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	527.8			
ตะวันออกเฉียงใต้	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	73.7	กระจกใส	167.8	794.4
	2. กรอบหน้าต่างเหล็ก	49.4			
	3. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	479.8			
	4. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	20.5			
	5. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	9.2			
ตะวันตกเฉียงใต้	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	40.8	กระจกใส	26.5	184.1
	2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1.4			
	3. กรอบหน้าต่างเหล็ก	8.6			
	4. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	81.7			
	5. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	10.3			
	6. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	14.8			

3.2.1.4 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Heat Transfer Coefficient: U) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent: TD_{eq})

1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.65 m.



รูปที่ 3.13 แสดงเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและความต้านทานความร้อนจากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.65 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.65}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.615 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.615} = 1.63 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีต คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400) (0.65)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 1,560 \text{ kg/m}^2$$

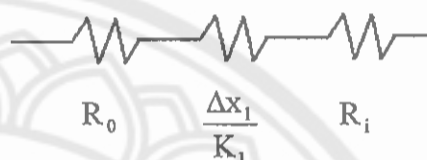
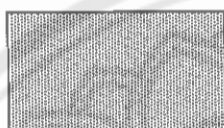
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ $1,560 \text{ kg/m}^2$ และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 10°C

2. กานคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.3 m.



รูปที่ 3.14 แสดงกานคอนกรีตเสริมเหล็กและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.30 \text{ m.}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากกานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.30}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.372 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.372} = 2.69 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400) (0.30)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 720 \text{ kg/m}^2$$

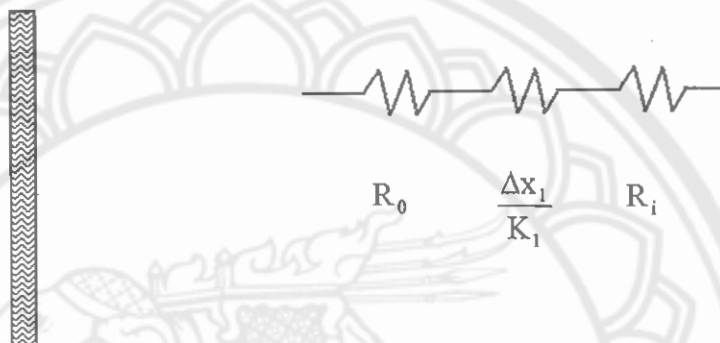
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 720 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 10°C

3. กรอบหน้าต่างเหล็กหนา 0.025 m.



รูปที่ 3.15 แสดงกรอบหน้าต่างเหล็กและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.025 \text{ m.}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของกรอบหน้าต่างเหล็ก คือ $47.6 \text{ W/m}^2\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกรอบหน้าต่างเหล็ก มีผิวด้านไม้สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2\text{C/W}$

เนื่องจากกรอบหน้าต่างเหล็ก มีผิวด้านไม้สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.025}{47.6} + 0.120$$

$$R_T = 0.181 \text{ m}^2\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.181} = 5.52 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของกรอบหน้าต่างเหล็ก คือ $7,840 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (7,840) (0.025)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 196 \text{ kg/m}^2$$

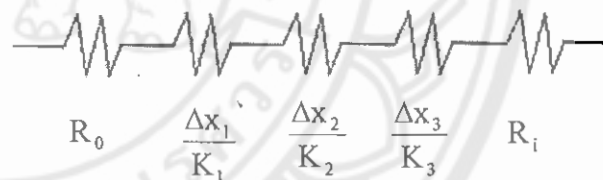
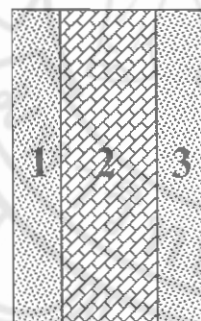
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวค่อนข้างเข้ม ดังนั้น $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 196 kg/m^2 และ $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 12 °C

4. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.



หมายเหตุ 1. ปูนฉาบหน้าหนาขนาดกลาง หนา 0.01 m.

2. อิฐยิปซัม หนา 0.08 m.

3. ปูนฉาบหน้าหนาขนาดกลาง หนา 0.01 m.

รูปที่ 3.16 แสดงผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.08 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของอิฐยิปซัม คือ $0.191 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.08}{0.191} + \frac{0.01}{0.274} + 0.120$$

$$R_T = 0.656 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.656} = 1.52 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของอิฐยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (1,104)(0.01) + (880)(0.08) + (1,104)(0.01)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 92.48 \text{ kg/m}^2$$

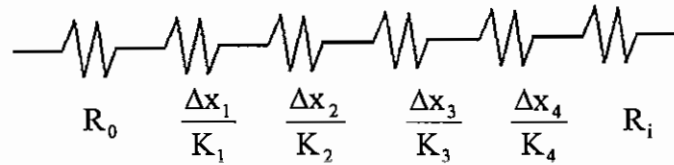
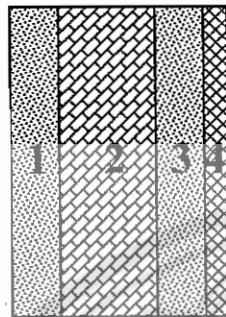
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 92.48 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 15°C

5. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.



- หมายเหตุ 1. ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 2. อิฐยิปซัม หนา 0.18 m.
 3. ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 4. กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.

รูปที่ 3.17 แสดงผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{\Delta x_4}{K_4} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.18 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_4 = 0.002 \text{ m}.$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของอิฐยิปซัม คือ $0.191 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_4 ของกระเบื้องเซรามิก คือ $0.338 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกระเบื้องเซรามิก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.18}{0.191} + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.002}{0.338} + 0.120$$

$$R_T = 1.185 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.185} = 0.84 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของอิฐยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ความหนาแน่นของกระเบื้องเซรามิก คือ $2,100 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = 2(1,104)(0.01) + (880)(0.18) + (2,100)(0.002)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 184.68 \text{ kg/m}^2$$

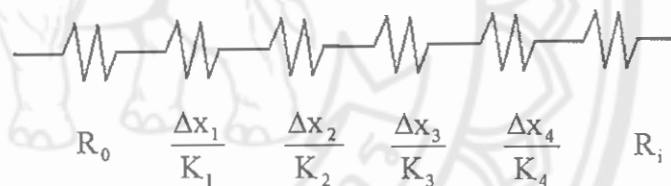
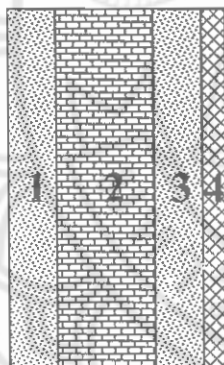
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวปานกลาง ดังนั้น $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 184.68 kg/m^2 และ $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ดังนั้น $T_{D_{\text{ext}}}$ เท่ากับ 13°C

6. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.



หมายเหตุ 1. ปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.

2. คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.18 m.

3. ปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.

4. กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.

รูปที่ 3.18 แสดงผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{\Delta x_4}{K_4} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.18 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_4 = 0.002 \text{ m}.$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_4 ของกระเบื้องเซรามิก คือ $0.338 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกระเบื้องเซรามิก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากคอนกรีตเสริมเหล็กฉาบปูนมีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_1 = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.18}{1.442} + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.002}{0.338} + 0.120$$

$$R_T = 1.865 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.865} = 0.54 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของกระเบื้องเซรามิก คือ $2,100 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = 2(1,104)(0.01) + (2,400)(0.18) + (2,100)(0.002)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 458.28 \text{ kg/m}^2$$

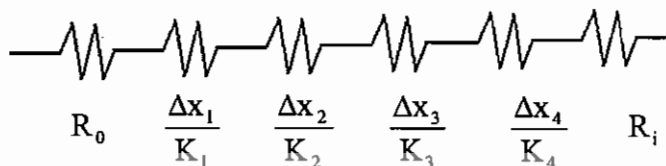
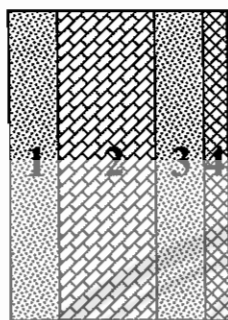
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวปานกลาง ดังนั้น $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 458.28 kg/m^2 และ $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 11°C

7. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกหนา 0.1 m.



- หมายเหตุ 1. ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 2. อิฐยิปซัม หนา 0.08 m.
 3. ปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 4. กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.

รูปที่ 3.19 แสดงผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกและความต้านทานความร้อนจากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{\Delta x_4}{K_4} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.08 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_4 = 0.002$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของอิฐยิปซัม คือ $0.191 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบน้ำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_4 ของกระเบื้องเซรามิก คือ $0.338 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกระเบื้องเซรามิก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.08}{0.191} + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.002}{0.338} + 0.120$$

$$R_T = 0.662 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.662} = 1.51 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของอิฐยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ความหนาแน่นของกระเบื้องเซรามิก คือ $2,100 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = 2(1,104)(0.01) + (880)(0.08) + (2,100)(0.002)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 96.68 \text{ kg/m}^2$$

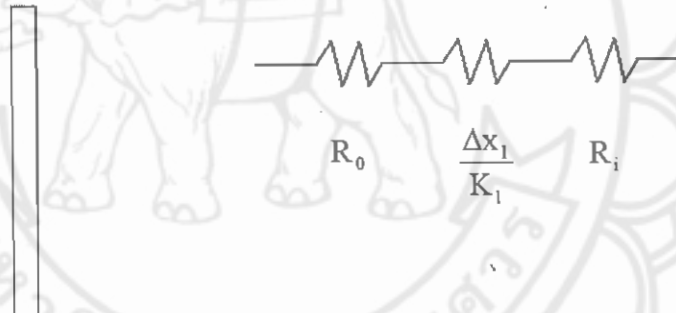
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวปานกลาง ดังนั้น $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 96.68 kg/m^2 และ $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 16°C

8. กระฉกใสไม่มีสีหนา 5 mm.



รูปที่ 3.20 แสดงกระฉกใสไม่มีสีและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.005 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของกระฉก คือ $0.960 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกระจก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$

เนื่องจากกระจก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.005}{0.960} + 0.120$$

$$R_T = 0.169 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.169} = 5.91 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอก และภายในอาคารสำหรับประเทศไทย

มีค่าเท่ากับ 5°C

ตารางที่ 3.6 สรุปผลการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของชั้นวัสดุในอาคารพยาบาลศาสตร์

ลักษณะโครงสร้าง	R_T ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$)	U ($\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)	มวลของวัสดุ (kg / m^2)	α	TD_{eq} ($^\circ\text{C}$)
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	0.615	1.63	1,560	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	0.372	2.63	720	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
กรอบหน้าต่างเหล็ก	0.166	6.02	19.6	$0.6 \leq \alpha \leq 0.8$	12
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	0.656	1.52	92.5	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	15
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.	1.185	0.84	14.7	$0.4 \leq \alpha \leq 0.6$	13
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	1.865	0.54	458.3	$0.4 \leq \alpha \leq 0.6$	11
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	0.662	1.51	96.7	$0.4 \leq \alpha \leq 0.6$	16
กระจกใส	0.169	5.91	-	-	5

3.2.1.5 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนัง โปร่งแสง (Shading Coefficient: SC) และค่าประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor: SF)

ในส่วนของอุปกรณ์บังแดดนั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนัง โปร่งแสง (Shading Coefficient: SC) และค่าประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor: SF) ที่ผ่านส่วนโปร่งแสงมาประกอบการพิจารณาโดยที่ค่า SC จะเป็นผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบโดยผู้ผลิต หรือสถาบันการทดลองที่เชื่อถือได้ และสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC_2) ส่วนค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับมุมเอียงของผนังในทิศทางต่างๆ สำหรับอาคารพยาบาลศาสตร์ได้แสดงรายละเอียดของสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังบังโปร่งแสงและค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ไว้ในตารางที่ 3.4

3.2.1.6 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (Rate of Heat Transfer: Q)

การคำนวณค่าความร้อนผ่านกรอบอาคาร เราจะหาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารเฉพาะด้านที่พิจารณาทั้งหมดรวมกัน โดยใช้สมการที่ 2.6 เพื่อทำให้เป็นอัตราความร้อนผ่านกรอบอาคารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ซึ่งก็คือค่า OTTV นั้นเอง ดังแสดงในตารางที่ 3.7 ถึง 3.10

ในการคำนวณค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเราจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ในส่วนของห้องปรับอากาศ ที่ติดกับบรรยากาศภายนอกซึ่งในส่วน of อาคารพยาบาลศาสตร์ได้แสดงพื้นที่ส่วนต่างๆ ไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.7 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_r	U_r	ΔT	SF	SC	$1-WWR$	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	54.9	1.63	10	-	-	-	-	-	0.113	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	II	1.4	2.63	10	-	-	-	-	-	0.003	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	III	31.2	6.02	12	-	-	-	-	-	0.065	-
ผนังอิฐฉาบปูนหนา 0.1 m.	IV	271.9	1.52	15	-	-	-	-	-	0.563	-
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	V	10.3	0.54	11	-	-	-	-	-	0.021	-
ผนังอิฐฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	VI	14.8	1.51	16	-	-	-	-	-	0.030	-
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (1)	VII	-	-	-	11.5	5.9	5	139.2	0.358	-	0.024
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (2)	VIII	-	-	-	86.6	5.9	5	139.2	0.364	-	0.179
รวม		384.5	-	-	98.1	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							482.6				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{IV} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_V + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{VI} \\
 &\quad + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VII} + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VIII} + (SC)(WWR)(SF)_{VII} \\
 &\quad + (SC)(WWR)(SF)_{VIII} \\
 &= (1.63)(0.113)(10) + (2.63)(0.003)(10) + (6.02)(0.065)(12) \\
 &\quad + (1.52)(0.563)(15) + (0.54)(0.021)(11) + (1.51)(0.0306)(16) \\
 &\quad + (5.9)(0.024)(5) + (5.9)(0.179)(5) + (0.024)(139.2)(0.0358) \\
 &\quad + (0.179)(139.2)(0.364) \\
 &= 35.494 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.8 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	ΔT	SF	SC	$1-WWR$	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	95.8	1.63	10	-	-	-	-	-	0.118	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	II	67.8	6.02	12	-	-	-	-	-	0.083	-
ผนังอิฐฉาบปูนหนา 0.1 m.	III	527.8	1.52	15	-	-	-	-	-	0.650	-
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (1)	IV	-	-	-	11.6	5.9	5	134.4	0.364	-	0.014
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (2)	V	-	-	-	109.4	5.9	5	134.4	0.370	-	0.135
รวม		691.4	-	-	120	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด		811.4									

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_f)(WWR)(\Delta T)_{IV} + (U_f)(WWR)(\Delta T)_V + (SC)(WWR)(SF)_{IV} \\
 &\quad + (SC)(WWR)(SF)_V \\
 &= (1.63)(0.118)(10) + (6.02)(0.083)(12) + (1.52)(0.65)(15) \\
 &\quad + (5.9)(0.014)(5) + (5.9)(0.135)(5) + (0.014)(134.4)(0.364) \\
 &\quad + (0.135)(134.4)(0.37) \\
 &= 34.53 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.9 แสดงการคำนวณอัตราถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_r	U_r	ΔT	SF	SC	$EWWR$	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	73.7	1.63	10	-	-	-	-	-	0.099	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	II	49.4	6.02	12	-	-	-	-	-	0.066	-
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	III	479.8	1.52	15	-	-	-	-	-	0.644	-
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.	IV	9.2	0.84	13	-	-	-	-	-	0.012	-
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	V	20.5	0.54	11	-	-	-	-	-	0.027	-
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (1)	VI	-	-	-	34.5	5.9	5	177.6	0.312	-	0.046
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (2)	VII	-	-	-	127.3	5.9	5	177.6	0.324	-	0.17
รวม		583.2	-	-	161.8	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							794.4				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{IV} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_V + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VI} \\
 &\quad + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VII} + (SC)(WWR)(SF)_{VI} + (SC)(WWR)(SF)_{VII} \\
 &= (1.63)(0.099)(10) + (6.02)(0.066)(12) + (1.52)(0.644)(15) \\
 &\quad + (0.84)(0.012)(13) + (0.54)(0.027)(11) + (5.9)(0.046)(5) \\
 &\quad + (5.9)(0.17)(5) + (0.046)(177.6)(0.312) + 0.17(177.6)(0.324) \\
 &= 40.01 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.10 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_p	U_p	ΔT	SF	SC	1-WWR	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	40.8	1.63	10	-	-	-	-	-	0.22	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก	II	1.4	2.63	10	-	-	-	-	-	0.007	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	III	8.6	6.02	12	-	-	-	-	-	0.046	-
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	IV	81.7	1.52	15	-	-	-	-	-	0.443	-
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกหนา 0.2 m.	V	10.3	0.54	11	-	-	-	-	-	0.056	-
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องเซรามิก หนา 0.2 m.	VI	14.8	0.84	13	-	-	-	-	-	0.0804	-
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (1)	VII	-	-	-	6.4	5.9	5	180.8	0.318	-	0.034
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน (2)	VIII	-	-	-	20.1	5.9	5	180.8	0.327	-	0.109
รวม		157.6	-	-	26.5	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							184.1				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_p)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{IV} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_V + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{VI} \\
 &\quad + (U_p)(WWR)(\Delta T)_{VII} + (U_p)(WWR)(\Delta T)_{VIII} + (SC)(WWR)(SF)_{VII} \\
 &\quad + (SC)(WWR)(SF)_{VIII} \\
 &= (1.63)(0.22)(10) + (2.63)(0.007)(10) + (6.02)(0.046)(12) \\
 &\quad + (1.52)(0.0443)(15) + (0.054)(0.056)(11) + (0.84)(0.0804)(13) \\
 &\quad + (5.9)(0.034)(5) + (5.9)(0.109)(5) + (0.034)(180.8)(0.318) \\
 &\quad + (0.109)(180.8)(0.327) \\
 &= 31.02 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ดังนั้น OTTV เฉลี่ยของอาคารพยาบาลศาสตร์โดยใช้

สมการที่ 2.7

$$OTTV_{เฉลี่ย} = \frac{(A_{NE})(OTTV_{NE}) + (A_{NW})(OTTV_{NW}) + (A_{SE})(OTTV_{SE}) + (A_{SW})(OTTV_{SW})}{A_{NE} + A_{NW} + A_{SE} + A_{SW}}$$

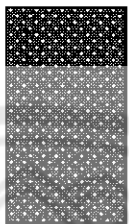
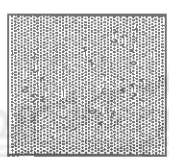
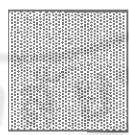
$$OTTV_{เฉลี่ย} = \frac{(482.6)(335.494) + (811.4)(34.53) + (745)(40.01) + (184.1)(31.02)}{482.6 + 811.4 + 745 + 184.1}$$

$$OTTV_{เฉลี่ย} = 36.285 \text{ W/m}^2$$

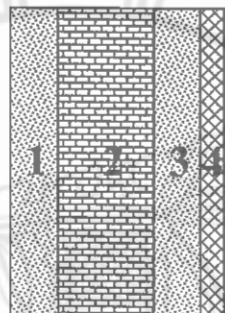
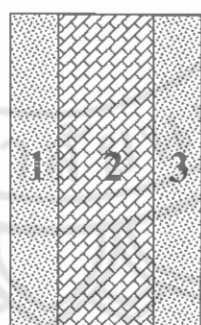
ตารางที่ 3.11 สรุปค่า OTTV และ RTTV ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์เปรียบเทียบกับมาตรฐานตามพระราชบัญญัติ (ในหัวข้อ 2.4 บทที่ 2)

ประเภทอาคาร	OTTV(W/m ²)	RTTV(W/m ²)	ค่ามาตรฐาน	ผลการประเมิน
หลังคา	-	23.6	25.0	ผ่านเกณฑ์
ผนังอาคาร	36.28	-	45.0	ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 3.12 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังที่อาคารปฏิบัติ

ลักษณะโครงสร้าง	ความหนาชั้นวัสดุ	สีภายนอก	สีภายใน
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.65 m.	สีขาว	สีขาว
คานคอนกรีต (B1)	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.30 m.	สีขาว	สีขาว
คานคอนกรีต (B2)	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.60 m.	สีขาว	สีขาว
คานคอนกรีต (B3)	 ชั้นที่ 1 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.25 m.	สีขาว	สีขาว
กรอบหน้าต่างเหล็ก	 ชั้นที่ 1 เหล็กกล้า หนา 0.025 m.	สีเทาอ่อน	สีเทาอ่อน

ตารางที่ 3.12 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังที่อาคารปฏิบัติ (ต่อ)

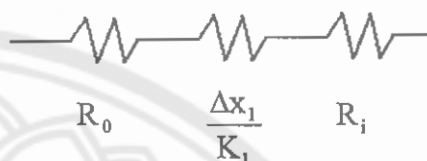
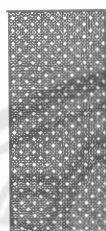
ลักษณะโครงสร้าง	ความหนาชั้นวัสดุ	สัณฐานนอก	สัณฐานภายใน
กรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม	 ชั้นที่ 1 เหล็กกล้า หนา 0.10 m.	สีเทา	สีเทา
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	 ชั้นที่ 1 ปูนฉาบนำหนักราคกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.08 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบนำหนักราคกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 4 กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.	สีส้ม	สีขาว
ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	 ชั้นที่ 1 ปูนฉาบนำหนักราคกลาง หนา 0.01 m. ชั้นที่ 2 อิฐยิปซัม หนา 0.08 m. ชั้นที่ 3 ปูนฉาบนำหนักราคกลาง หนา 0.01 m.	สีขาว	สีขาว

ตารางที่ 3.13 แสดงรายละเอียดพื้นที่ของผนังอาคารในทิศทางต่างๆ ของอาคารปฏิบัติการคณะ
พยาบาลศาสตร์

ทิศ	ผนังทึบ		ผนังโปร่งแสง		พื้นที่รวม (m ²)
	ลักษณะโครงสร้าง	พื้นที่	ลักษณะโครงสร้าง	พื้นที่	
ตะวันตกเฉียงเหนือ	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	34.7	กระจกใส	68.3	267.7
	2. กรอบหน้าต่างเหล็ก	14.5			
	3. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	135.8			
	4. คานคอนกรีต (B2)	3.6			
	5. คานคอนกรีต (B3)	10.8			
ตะวันตกเฉียงใต้	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	5.5	-	-	42.1
	2. คานคอนกรีต (B1)	1.3			
	3. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	35.3			
ตะวันออกเฉียงใต้	1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	30.3	กระจกใส	72.6	217.2
	2. กรอบหน้าต่างเหล็ก	12.4			
	3. กรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม	2.2			
	4. คานคอนกรีต (B1)	10.8			
	5. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.	88.9			

3.2.1.7 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Heat Transfer Coefficient: U) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent: TD_{eq})

1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.65 m.



รูปที่ 3.21 แสดงเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและความต้านทานความร้อน
จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.65 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.65}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.615 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.615} = 1.63 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400) (0.65)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 1,560 \text{ kg/m}^2$$

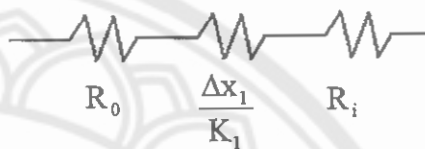
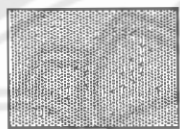
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สัที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ $1,560 \text{ kg/m}^2$ และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 10°C

2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B1) หน้า 0.3 m.



รูปที่ 3.22 แสดงคานคอนกรีตเสริมเหล็ก(B1) และความต้านทานความร้อน
จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.30 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.30}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.372 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.372} = 2.69 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400) (0.30)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 720 \text{ kg/m}^2$$

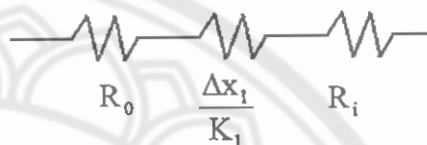
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 720 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 10°C

3. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B2) หน้า 0.6 m.



รูปที่ 3.23 แสดงคานคอนกรีตเสริมเหล็ก(B2) และความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.6 \text{ m.}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.60}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.58 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.58} = 1.72 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400)(0.60)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 1,440 \text{ kg/m}^2$$

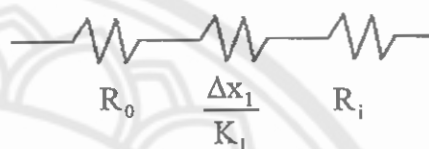
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

ลึที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ $1,440 \text{ kg/m}^2$ และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น $TD_{\text{สุ}}$ เท่ากับ 10°C

4. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B3) หน้า 0.25 m .



รูปที่ 3.24 แสดงคานคอนกรีตเสริมเหล็ก(B3) และความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.25 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.25}{1.442} + 0.120$$

$$R_T = 0.337 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.337} = 2.97 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,400)(0.25)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 600 \text{ kg/m}^2$$

จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 600 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{∞} เท่ากับ 10°C

5. กรอบหน้าต่างเหล็กหนา 0.025 m.



$$R_0 \quad \frac{\Delta x_1}{K_1} \quad R_i$$

รูปที่ 3.25 แสดงกรอบหน้าต่างเหล็กและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.025 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของกรอบหน้าต่างเหล็ก คือ $47.6 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกรอบหน้าต่าง มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากกรอบหน้าต่าง มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.025}{47.6} + 0.120$$

$$R_T = 0.181 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.181} = 5.52 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของกรอบหน้าต่างเหล็ก คือ $7,840 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (7,840) (0.025)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 196 \text{ kg/m}^2$$

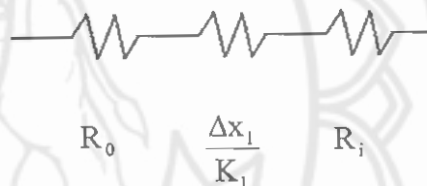
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวค่อนข้างเข้ม ดังนั้น $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 196 kg/m^2 และ $0.6 \leq \alpha \leq 0.8$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 12°C

6. กรอบหน้าต่างอะลูมิเนียมหนา 0.10 m.



รูปที่ 3.26 แสดงกรอบหน้าต่างอะลูมิเนียมเหล็กและความต้านทานความร้อน
จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.10 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของกรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม คือ $211 \text{ W/m}^2\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากกรอบหน้าต่าง มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2\text{C/W}$

เนื่องจากกรอบหน้าต่าง มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.1}{211} + 0.120$$

$$R_T = 0.164 \text{ m}^2\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.164} = 6.10 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของกรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม คือ $2,672 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (2,672) (0.10)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 267.2 \text{ kg/m}^2$$

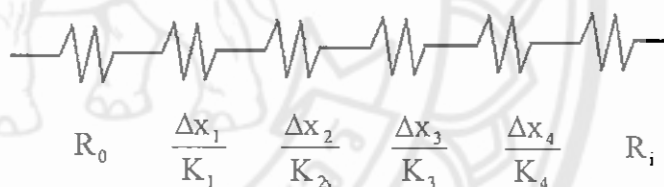
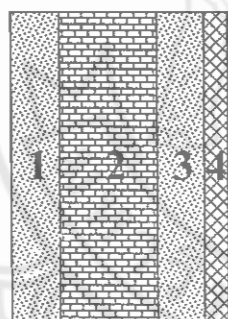
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวเข้ม ดังนั้น $0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 267.2 kg/m^2 และ $0.8 \leq \alpha \leq 1.0$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 13°C

7. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.



- หมายเหตุ 1. ปูนฉาบหน้าหนาขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 2. คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.08 m.
 3. ปูนฉาบหน้าหนาขนาดกลาง หนา 0.01 m.
 4. กระเบื้องเซรามิก หนา 0.002 m.

รูปที่ 3.27 แสดงผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกและความต้านทานความร้อน

จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + \frac{\Delta x_4}{K_4} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.08 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_4 = 0.002$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $1.442 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_4 ของกระเบื้องเซรามิก คือ $0.338 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากคอนกรีตเสริมเหล็กมีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากคอนกรีตเสริมเหล็กมีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_1 = 0.120 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.08}{1.442} + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.002}{0.338} + 0.120$$

$$R_T = 0.292 \text{ m}^2^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.292} = 3.42 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบนำหนักขนาดกลาง คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ $2,400 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของกระเบื้องเซรามิก คือ $2,100 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = 2(1,104)(0.01) + (2,400)(0.08) + (2,100)(0.002)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 218.3 \text{ kg/m}^2$$

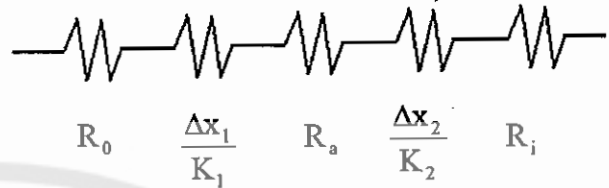
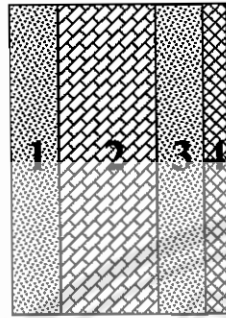
จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวเข้ม ดังนั้น $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 218.3 kg/m^2 และ $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ดังนั้น TD_∞ เท่ากับ 11°C

8. ผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนหนา 0.1 m.



- หมายเหตุ 1. ปูนฉาบหน้าหนา 0.01 m.
2. อิฐยิปซัม หนา 0.08 m.
3. ปูนฉาบหน้าหนา 0.01 m.

รูปที่ 3.28 แสดงผนังอิฐยิปซัมฉาบปูนและความต้านทานความร้อน
จากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.01 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.08 \text{ m}, \Delta x_3 = 0.01 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของปูนฉาบหน้าหนา 0.01 m คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของแผ่นอิฐยิปซัม คือ $0.191 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่า K_3 ของปูนฉาบหน้าหนา 0.01 m คือ $0.274 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม้สะท้อนแสง $R_0 = 0.044 \text{ m}^2\text{C/W}$

เนื่องจากผนังอิฐยิปซัมฉาบปูน มีผิวด้านไม้สะท้อนแสง $R_i = 0.120 \text{ m}^2\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.044 + \frac{0.01}{0.274} + \frac{0.08}{0.191} + \frac{0.01}{0.274} + 0.120$$

$$R_T = 0.656 \text{ m}^2\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.656} = 1.52 \text{ W/m}^2\text{C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของปูนฉาบหน้าหนา 0.01 m คือ $1,104 \text{ kg/m}^3$

ความหนาแน่นของแผ่นอิฐยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น)(ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (1,104)(0.01) + (880)(0.08) + (1,104)(0.01)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 92.48 \text{ kg/m}^2$$

จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวอ่อน ดังนั้น $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 92.48 kg/m^2 และ $0.2 \leq \alpha \leq 0.4$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 15°C

ตารางที่ 3.14 สรุปผลการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของชั้นวัสดุในอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะโครงสร้าง	R ($\text{m}^2\text{C/W}$)	U ($\text{W/m}^2\text{C}$)	มวลของวัสดุ (kg/m^2)	α	TD_{eq} ($^\circ\text{C}$)
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	0.615	1.63	1,520	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B1)	0.372	2.63	720	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B2)	0.580	1.72	1,440	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B3)	0.337	2.97	600	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	10
กรอบหน้าต่างเหล็ก	0.166	6.02	19.6	$0.6 \leq \alpha \leq 0.8$	12
กรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม	0.164	6.10	218.3	$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$	13
ผนังอิฐฉาบปูนหนา 0.1 m.	0.656	1.52	92.5	$0.2 \leq \alpha \leq 0.4$	13
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วย กระเบื้องเซรามิก หนา 0.1 m.	0.292	3.42	218.3	$0.4 \leq \alpha \leq 0.6$	11
กระจกใส	0.169	5.91	-	-	5

ตารางที่ 3.15 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
ของอาคารปฏิบัติการ คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_r	U_r	ΔT	SF	SC	1-WWR	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	34.7	1.63	10	-	-	-	-	-	0.129	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B2)	II	3.6	1.72	10	-	-	-	-	-	0.013	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B3)	III	10.8	2.97	10	-	-	-	-	-	0.040	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	IV	14.5	6.02	12	-	-	-	-	-	0.054	-
ผนังอิฐฉาบปูนหนา 0.1 m.	V	135.8	1.52	13	-	-	-	-	-	0.507	-
กระจกใสมีผ้าม่านด้านใน	VI	-	-	-	68.3	5.91	5	134.4	0.346	-	0.255
รวม		199.4	-	-	68.3	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							267.7				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงเหนือ}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{IV} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_V + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VI} \\
 &\quad + (SC)(WWR)(SF)_{VI} \\
 &= (1.63)(0.129)(10) + (1.72)(0.013)(10) + (2.97)(0.0403)(10) \\
 &\quad + (6.02)(0.054)(12) + (1.52)(0.507)(13) + (5.9)(0.255)(5) \\
 &\quad + (0.255)(0.346)(134.4) \\
 &= 37.45 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.16 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคารปฏิบัติการ คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	ΔT	SF	SC	1-WWR	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	5.5	1.63	10	-	-	-	-	-	0.13	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B2)	II	1.3	2.63	10	-	-	-	-	-	0.031	-
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กปิดด้วยกระเบื้องเซรามิกหนา 0.1 m.	III	35.3	3.42	11	-	-	-	-	-	0.838	-
รวม		42.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							42.1				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันตกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &= (1.63)(0.13)(10) + (2.63)(0.031)(10) + (3.42)(0.838)(11) \\
 &= 34.46 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.17 แสดงการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอาคารปฏิบัติการ คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของผนัง	code	A_w	U_w	TD_{eq}	A_{r-}	U_r	ΔT	SF	SC	$1-WWR$	WWR
เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	30.3	1.63	10	-	-	-	-	-	0.14	-
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (B1)	II	10.8	2.63	10	-	-	-	-	-	0.05	-
กรอบหน้าต่างเหล็ก	III	12.4	6.02	12	-	-	-	-	-	0.057	-
กรอบหน้าต่างอะลูมิเนียม	IV	2.2	6.10	13	-	-	-	-	-	0.01	-
ผนังอิฐฉาบปูนหนา 0.1 m.	V	88.9	1.52	13	-	-	-	-	-	0.41	-
กระจกใสมีส้วม้านด้านใน	VI	-	-	-	72.6	5.91	5	177.6	0.312	-	0.332
รวม		144.6	-	-	72.6	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด							217.2				

จากสมการที่ 2.6

$$\begin{aligned}
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \\
 OTTV_{\text{ตะวันออกเฉียงใต้}} &= (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_I + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{II} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{III} \\
 &\quad + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_{IV} + (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})_V + (U_r)(WWR)(\Delta T)_{VI} \\
 &\quad + (SC)(WWR)(SF)_{VI} \\
 &= (1.63)(0.14)(10) + (2.63)(0.05)(10) + (6.02)(0.057)(12) \\
 &\quad + (6.10)(0.01)(13) + (1.52)(0.41)(13) + (5.91)(0.332)(5) \\
 &\quad + (0.332)(177.6)(0.312) \\
 &= 44.81 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่ารวมค่า OTTV เฉลี่ยของอาคารปฏิบัติการโดยใช้

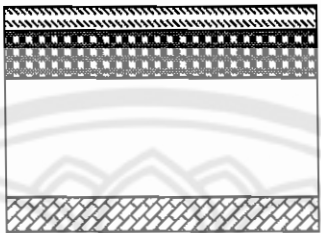
สมการที่ 2.7

$$OTTV_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{(A_{NW})(OTTV_{NW}) + (A_{SW})(OTTV_{SW}) + (A_{SE})(OTTV_{SE})}{A_{NW} + A_{SW} + A_{SE}}$$

$$OTTV_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{(267.7)(37.45) + (42.1)(34.46) + (217.2)(44.81)}{267.7 + 42.1 + 217.2}$$

$$OTTV_{\text{เฉลี่ย}} = 40.24 \text{ W/m}^2$$

ตารางที่ 3.18 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลังคาอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์

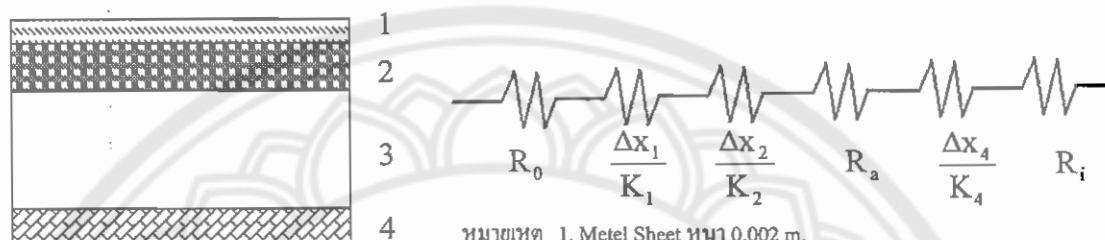
ลักษณะ โครงสร้าง	ความหนาชั้นวัสดุ	สีทา ภายนอก	สีทาภายใน
หลังคา Metel Sheet แบบมีเพดานยิปซัมบอร์ด	 ชั้นที่ 1 Metel Sheet หนา 0.002 m. ชั้นที่ 2 ฉนวนใยแก้ว หนา 0.025 m. ชั้นที่ 3 ช่องว่างอากาศ หนา 1 m. ชั้นที่ 4 ยิปซัมบอร์ด หนา 0.009 m.	ไม่ทาสี	สีแดง

ตารางที่ 3.19 แสดงรายละเอียดพื้นที่ของหลังคาอาคารพยาบาลศาสตร์

ผนังทึบ		ผนังโปร่งแสง		พื้นที่รวม (ม ²)
โครงสร้างลักษณะ	พื้นที่ (ม ²)	โครงสร้างลักษณะ	พื้นที่ (ม ²)	
Metel Sheet แบบมีเพดานยิปซัมบอร์ด	372	-	-	372

3.2.1.8 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Heat Transfer Coefficient: U) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent: TD_{eq})

1. หลังคา Metal Sheet แบบมีเพดานยิปซัมบอร์ด หน้า 1.036 m.



หมายเหตุ 1. Metal Sheet หน้า 0.002 m.

2. ฉนวนใยแก้ว หน้า 0.025 m.

3. ช่องว่างอากาศ หน้า 1 m.

4. ยิปซัมบอร์ด หน้า 0.009 m.

รูปที่ 3.29 แสดง Metal Sheet แบบมีเพดานยิปซัมบอร์ดและความต้านทานความร้อนจากสมการที่ 2.3

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + R_a + \frac{\Delta x_4}{K_4} + R_i$$

จากตารางที่ 3.1

$$\Delta x_1 = 0.002 \text{ m}, \Delta x_2 = 0.025 \text{ m}, \Delta x_3 = 1 \text{ m}, \Delta x_4 = 0.009 \text{ m}$$

จากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ค่า K_1 ของ Metal Sheet คือ $1.2 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

ค่า K_2 ของใยแก้ว คือ $0.035 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

ค่า K_4 ของยิปซัมบอร์ด คือ $0.191 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

จากตารางที่ ข.5 ในภาคผนวก ข.

ค่า R_a ของฟิล์มอากาศ คือ $0.174 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$

จากตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

เนื่องจากหลังคา Metal Sheet มีผิวด้านไม่สะท้อนแสง $R_0 = 0.055 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$

เนื่องจากเพดานยิปซัมบอร์ด มีผิวด้านไม่สะท้อนแสงดังนั้น $R_i = 0.162 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$

แทนค่าในสมการที่ 2.3

$$R_T = 0.055 + \frac{0.002}{1.2} + \frac{0.025}{0.035} + 0.174 + \frac{0.009}{0.191} + 0.162$$

$$R_T = 1.15 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$$

จากสมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.15} = 0.866 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

จากตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของ Metel Sheet คือ 300 kg/m^3

ความหนาแน่นของใยแก้ว คือ 32 kg/m^3

ความหนาแน่นของแผ่นยิปซัม คือ 880 kg/m^3

ความหนาแน่นของอากาศ คือ 1.2 kg/m^3

ดังนั้น มวลของวัสดุ = (ความหนาแน่น) (ความหนา)

$$\text{มวลของวัสดุ} = (300)(0.002) + (32)(0.025) + (1.2)(1.0) + (880)(0.009)$$

$$\text{มวลของวัสดุ} = 10.52 \text{ kg/m}^2$$

จากตารางที่ ข.8 ในภาคผนวก ข

สีที่ใช้ทาภายนอกมีสีผิวปานกลาง ดังนั้น $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข

มวลของวัสดุมีค่าเท่ากับ 10.52 kg/m^2 และ $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$ ดังนั้น TD_{eq} เท่ากับ 28°C

3.3.1.9 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Rate of Heat Transfer: Q)

ตารางที่ 3.20 การคำนวณค่า RTTV ของอาคารบริหาร คณะพยาบาลศาสตร์

ลักษณะของหลังคา	code	A_r	U_r	TD_{eq}	A_r	U_r	ΔT	SF	SC	$1-RSR$
หลังคา Metel Sheet แบบมิลิเพดานยิปซัมบอร์ด	I	372	0.866	28	-	-	-	-	-	1
รวม		372	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่รวมทั้งหมด						372				

จากสมการที่ 2.8

$$\begin{aligned}
 RTTV &= (U_r)(1-RSR)(TD_{eq}) + (U_r)(RSR)(\Delta T) + (SC)(RSR)(SF) \\
 &= (U_r)(1-RSR)(TD_{eq})_I \\
 &= (0.866)(1)(28) \\
 &= 24.25 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.21 สรุปค่า OTTV และ RTTV ของอาคารปฏิบัติ คณะพยาบาลศาสตร์ การเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามพระราชบัญญัติ (ในหัวข้อ 2.4 บทที่ 2)

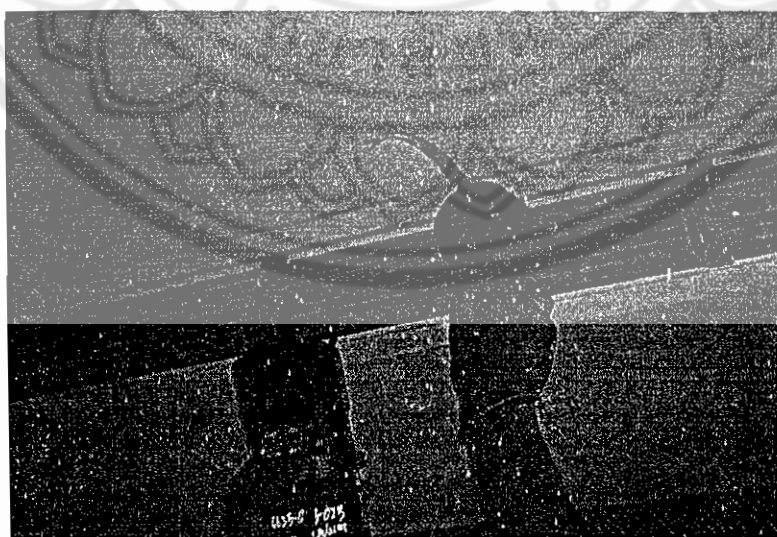
ประเภทอาคาร	OTTV(W/m^2)	RTTV(W/m^2)	ค่ามาตรฐาน	ผลการประเมิน
หลังคา	-	24.25	25.0	ผ่านเกณฑ์
ผนังอาคาร	40.24	-	45.0	ผ่านเกณฑ์

3.3 การตรวจวัดสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแยกส่วน

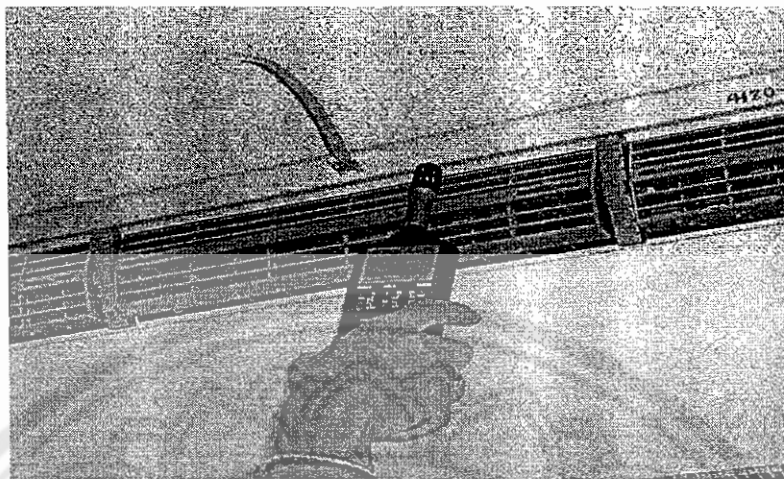
เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุดในอาคาร ถ้าเราสามารถประหยัดส่วนนี้ได้ เราก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าได้มาก ดังนั้นการเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศจึงมีความสำคัญอย่างมากเพื่อนำมาวิเคราะห์หามาตรการในการประหยัดพลังงานต่อไป

ในการเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศเราจะทำการวัดความเร็วลม วัดความชื้นกับอุณหภูมิด้านจ่ายและด้านกลับ วัดขนาดหน้าากจ่ายลมเย็น และหาค่าตั้งไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ดังแสดงใน ตารางที่ 3.1 ในภาคผนวก ง การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ส่วนการใช้เครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.29 ถึงรูปที่ 3.32 ตามลำดับ

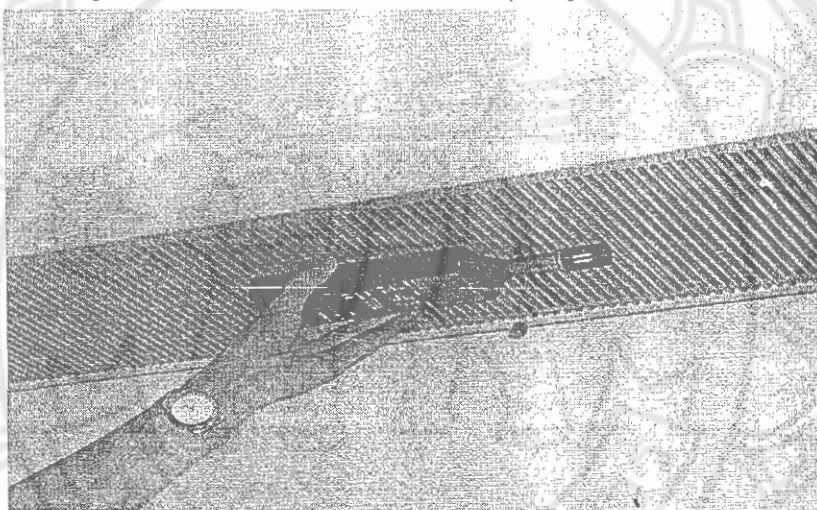
3.3.1 ภาพแสดงการใช้เครื่องมือวัด



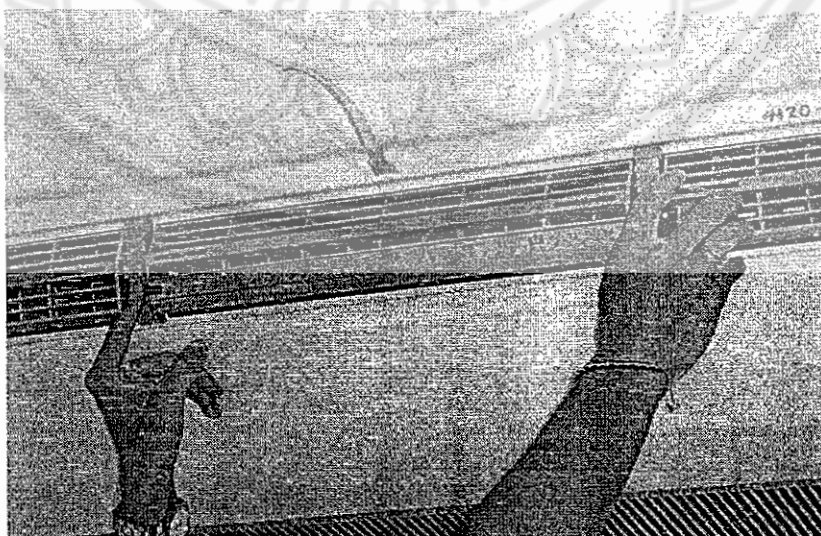
รูปที่ 3.30 แสดงการวัดความเร็วลมที่ด้านจ่าย



รูปที่ 3.31 แสดงการวัดความชื้น และอุณหภูมิที่ด้านลมง่าย



รูปที่ 3.32 แสดงการวัดความชื้น และอุณหภูมิที่ด้านลมกลับ



รูปที่ 3.33 แสดงการวัดพื้นที่หน้าากง่ายลมเป็น

3.3.2 ผลการสำรวจการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

จากการสำรวจพบความมีเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 131 เครื่องสามารถแบ่งได้ตามขนาดและอายุการใช้งานตามตารางที่ 3.22 ดังนี้

ตารางที่ 3.22 แสดงเครื่องปรับอากาศที่แบ่งตามขนาดการติดตั้งและอายุการใช้งานของกลุ่มอาคารพยาบาลศาสตร์

ขนาด (Btu/hr)	เครื่องปรับอากาศ	จำนวนเครื่องปรับอากาศแยกตามขนาดติดตั้ง (ปี)						จำนวน
		1	2	3	4	5	6	
360,000	Packet Water Cooling	-	-	-	-	-	1	1
56,000	Split Type	-	-	-	-	-	1	1
54,000	Split Type	-	-	1	-	-	4	5
44,500	Split Type	1	-	-	-	-	-	1
40,000	Split Type	-	-	3	-	-	-	3
36,000	Split Type	-	2	8	-	-	7	17
30,000	Split Type	-	-	3	-	-	21	24
24,000	Split Type	-	-	-	-	-	14	14
18,000	Split Type	-	-	-	-	-	3	3
12,000	Split Type	2	-	1	-	-	59	62
รวม								131

เครื่องปรับอากาศทั้ง 131 เครื่อง คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็นทั้งหมด 1,508,224.07 Btu / hr พลังงานไฟฟ้า 179,214.08 kWh / ปี คิดเป็น 67 % ของพลังงานทั้งหมด และค่าพลังงานไฟฟ้า 564,524.352 บาท / ปี สามารถคำนวณหาค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Chp)

ตารางที่ 3.23 แสดงการเปรียบเทียบค่า Chp เล็กๆ ของแต่ละอาคารจริง กับ Chp ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 สำหรับอาคารใหม่

อาคาร	ค่า Chp เล็กๆ (kW/TR)	ค่ามาตรฐานสำหรับอาคารใหม่ (kW/TR)	ผลการประเมิน
อาคารบริหาร	2.20	1.61	ไม่ผ่านเกณฑ์
อาคารปฏิบัติการ	2.24	1.61	ไม่ผ่านเกณฑ์

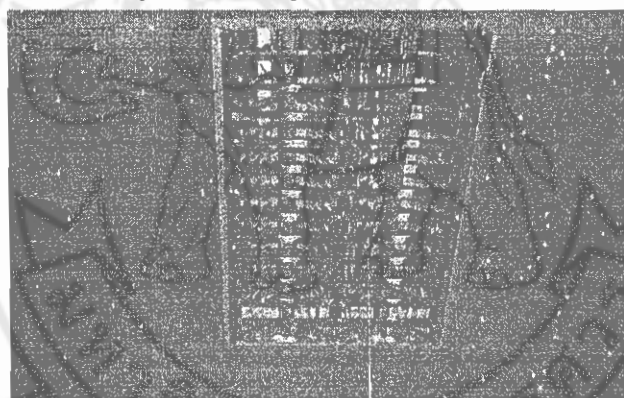
3.4 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร จะต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภท ตามมาตรฐานการส่องสว่างภายในอาคาร สำหรับอาคารพยาบาลศาสตร์ซึ่งเป็นอาคารประเภทสำนักงานกำหนดโดย CIE (Indoor illuminance Recommendation by CIE) ได้กำหนดมาตรฐานเอาไว้ที่ 500 – 1,000 LUX ดังแสดงใน ตารางที่ ก.2 ในภาคผนวก ก การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

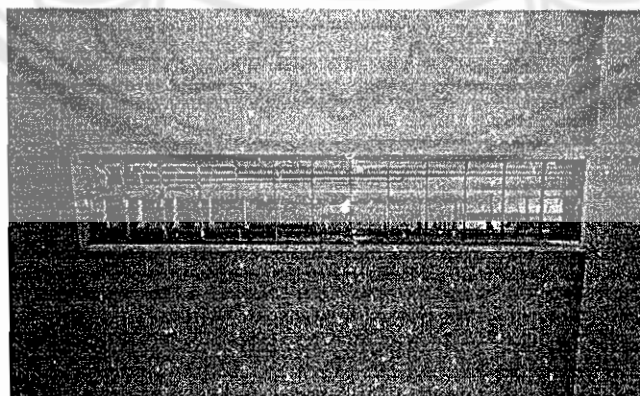
ในการเก็บข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง เราจะทำการเก็บลักษณะของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ ชั่วโมงการใช้งาน และหาค่ากำลังพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงใน ตารางที่ ง.2 ในภาคผนวก ง

3.4.1 แสดงลักษณะของหลอดไฟชนิดต่างๆภายในอาคารพยาบาลศาสตร์

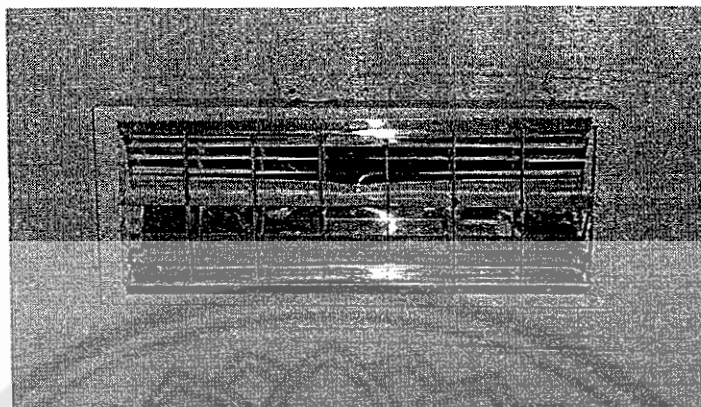
จากการสำรวจภายในอาคารพยาบาลศาสตร์พบว่ามีการใช้หลอดไฟ ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามขนาดและการติดตั้งแสดงในรูปที่ 3.33 ถึง รูปที่ 3.39



รูปที่ 3.34 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 2×36 วัตต์ ชนิดติดเพดาน (C)
โคมมีฝาครอบแบบมีตะแกรง (LV)



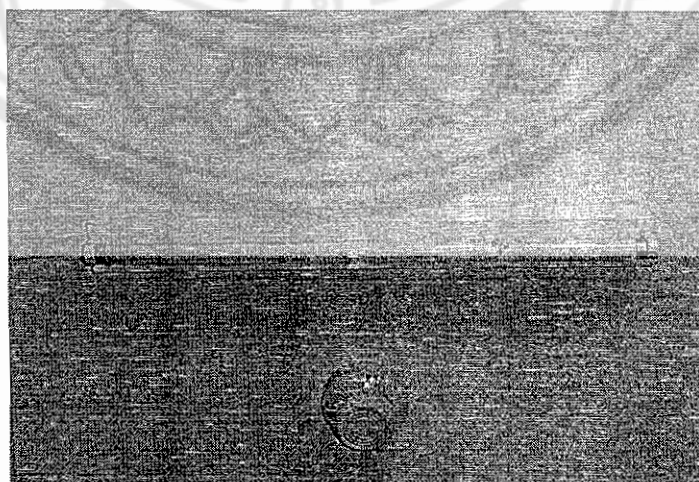
รูปที่ 3.35 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×36 วัตต์ ชนิดติดเพดาน (C)
โคมมีฝาครอบแบบมีตะแกรง (LV)



รูปที่ 3.36 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×18 วัตต์ ชนิดติดเพดาน (C)
โคมมีฝาครอบแบบมีตะแกรง (LV)



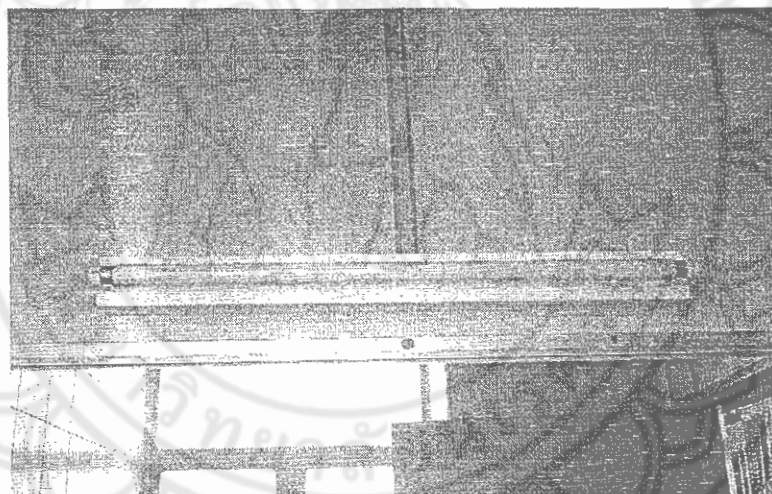
รูปที่ 3.37 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×36 วัตต์ ชนิดติดเพดาน (C)
โคมเปิด โลงแบบไม่มีฝาครอบ (LV)



รูปที่ 3.38 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×18 วัตต์ ชนิดติดเพดาน (C)
โคมเปิด โลงแบบไม่มีฝาครอบ (LV)



รูปที่ 3.39 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×36 วัตต์ ชนิดติดผนัง (S)
โคมเปิดโล่งแบบไม่มีฝาครอบ (LV)



รูปที่ 3.40 ภาพแสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) ขนาด 1×18 วัตต์ ชนิดติดผนัง (S)
โคมเปิดโล่งแบบไม่มีฝาครอบ (LV)

3.4.2 ผลการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างในอาคารคณะพยาบาลศาสตร์ จากการสำรวจพบว่าภายในอาคาร มีการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่รวมพื้นที่ จอดรถรวม รวมกันเท่ากับ 20,026.87 kWh / ปี คิดเป็นกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 65,398 W และมีพื้นที่ใช้ งานในอาคารรวมเท่ากับ 7,043.74 m² ดังนั้นสามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดได้ดัง ตารางที่ 3.23 และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามพระราชบัญญัติในตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3.24 แสดงการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารคณะ พยาบาลศาสตร์

ผลรวมกำลังไฟฟ้าทั้งหมด (W)	พื้นที่ใช้งานรวม (m ²)	ผลรวม กำลังไฟฟ้าส่องสว่าง ต่อพื้นที่ใช้งาน (W / m ²)
65,398	7,043.74	9.28

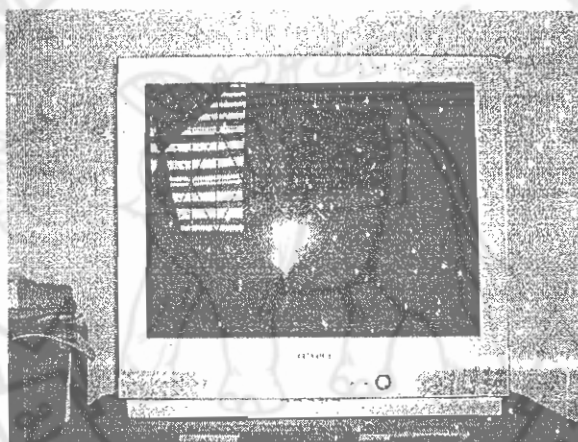
ตารางที่ 3.25 ตารางเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อพื้นที่ใช้งาน (W / m²) ของ อาคารคณะพยาบาลศาสตร์กับมาตรฐานตามกฎหมาย (จากตารางที่ 2.4 ในบทที่ 2)

อาคารคณะพยาบาลศาสตร์	มาตรฐานตามกฎหมาย	ผลการประเมิน
9.28	16	ผ่าน

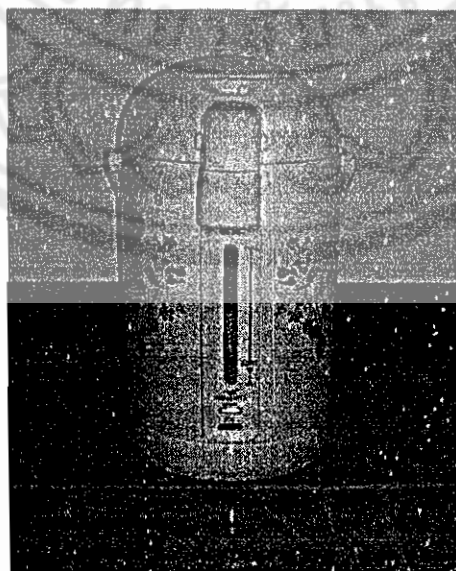
3.5 อุปกรณ์อื่น ๆ

การใช้ไฟฟ้าจากอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องปริ้นเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องสแกนเนอร์ พัดลม โปรเจกเตอร์ โทรศัพท์ ตู้เย็น และอื่นๆ ในอาคารคณะพยาบาลศาสตร์ ได้มีการเก็บข้อมูลของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆ ตามชั่วโมงการใช้งานดังแสดงใน ตารางที่ ง.4 ในภาคผนวก ง การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำมาวิเคราะห์และหามาตรการในการประหยัดพลังงาน

จากการสำรวจพบว่าภายในอาคารคณะพยาบาลศาสตร์ มีการใช้พลังงานในส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆ 71,614.26 kWh / ปี คิดเป็น 26 % ของพลังงานทั้งหมด



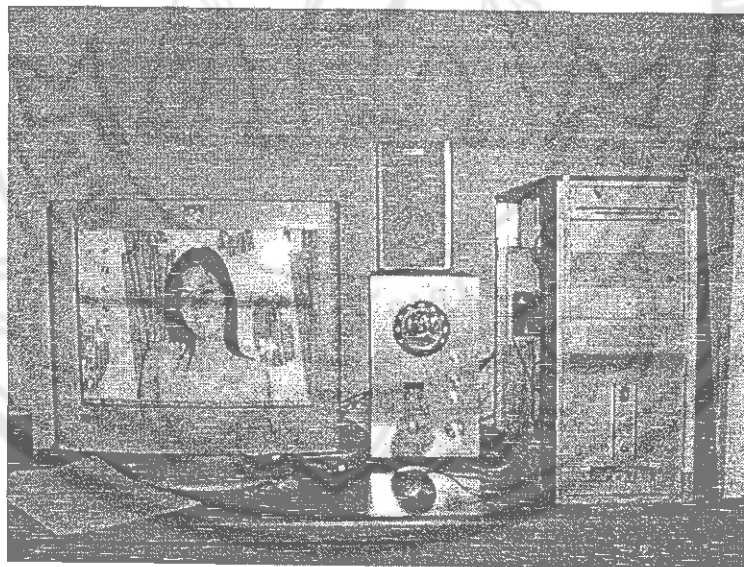
รูปที่ 3.41 ภาพแสดงโทรทัศน์



รูปที่ 3.42 ภาพแสดงกระดิกน้ำร้อน



รูปที่ 3.41 ภาพแสดงตู้เย็น



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยในส่วนของอาคารบริหารคณะพยาบาลศาสตร์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 61,098.05 kWh/ปี และอาคารปฏิบัติการคณะพยาบาลศาสตร์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 10,516.21 kWh/ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าอุปกรณ์อื่นๆ เฉลี่ยต่อพื้นที่ดังนี้

ตารางที่ 3.26 แสดงการคำนวณพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์อื่นๆ เฉลี่ยต่อพื้นที่ของแต่ละอาคารคณะพยาบาลศาสตร์

อาคาร	ค่าพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์อื่นๆ (W/m ²)
อาคารบริหาร	14.03
อาคารปฏิบัติการ	8.44