บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

จากการตื่นตัวด้านการอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบันเนื่องจากมีภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง และได้ถูกสันนิษฐานว่าเกี่ยวข้องกับการที่มนุษย์ใช้พลังงานไปอย่างมหาศาลและเพิ่มความร้อนให้แก่โลกอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมต่างๆ ทำให้เป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การออกแบบอาคารที่เน้นการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น เช่น การเจาะช่องเปิดอาคารมากขึ้นเพื่อเพิ่มแสงสว่างภายในอาคารโดยการใช้แสงธรรมชาติเพื่อลดค่าไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร หรือการเพิ่มช่องเปิดด้านข้างเพื่อช่วยในการระบายอากาศในอาคารเพื่อช่วยลดค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศ เป็นต้น แต่วิธีการเหล่านี้ก็ยังเป็นปัญหาสำหรับผู้ออกแบบในการควบคุมผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้ามาสู่อาคารที่ในแต่ละวันมีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะเป็นปัญหาตามมาในเรื่องของภาระค่าไฟฟ้าที่จะต้องใช้ในการช่วยปรับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร

การสร้างหลังคาเขียวแก่อาคารเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากมีแต่ผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม แต่ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจของเจ้าของอาคารคือความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับการสร้างหลังคาเขียว และระยะเวลาในการคุ้มทุนซึ่งหากมีข้อมูลอ้างอิงที่น่าเชื่อถือจะเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนและผลักดันให้เกิดการสร้างหลังคาเขียวเพิ่มขึ้นอีกมาก

3.1 วิธีวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

การวิเคราะห์แบบ Life Cycle Cost เป็นวิธีในการใช้ในการประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการต่างๆ โดยการวิเคราะห์นี้จะเป็นการคิดการลงทุนของอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง ตลอดการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ (Life Cycle) ที่รวมถึงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเงินเมื่อเวลาผ่านไป (Time Value of Money) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบทางเลือกที่เหมาะสม

3.1.1 การลงทุน

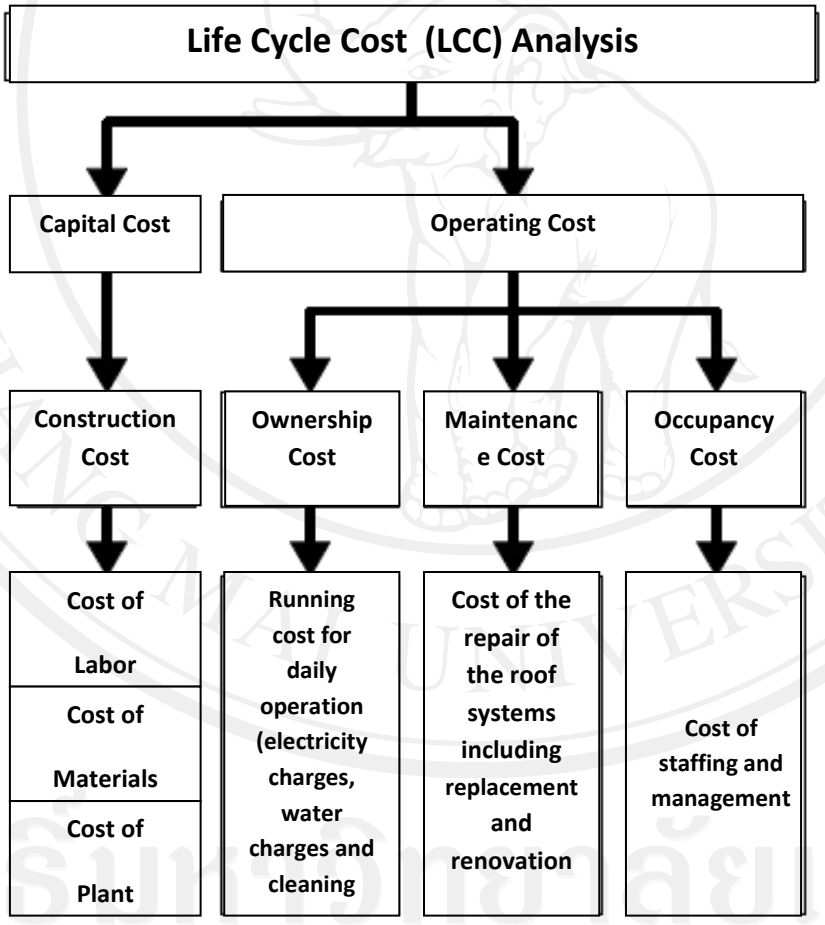
Life Cycle Costing (LCC) คือเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์จากค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น ตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ, ก่อสร้าง, ดูแลรักษา และการดำเนินการต่างๆ ของโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง LCC สามารถช่วยในการประเมินผลของการออกแบบในแต่ละทางเลือกเพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อการลงทุน (HKHA, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Life Cycle Cost (LCC) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้ (Langston, 2005)

- Capital Cost
- Operating Cost

โดย Capital Cost คือค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเริ่มต้นประกอบไปด้วย ค่าแรง, ค่าวัสดุต่างๆ และค่าพืชพรรณที่ใช้ในช่วงเริ่มก่อสร้างสวนดาดฟ้า ส่วน Operating Cost ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายภายในอาคาร (เช่น ค่าน้ำ, ค่าไฟ), ค่าดูแลรักษาสวนดาดฟ้าและค่าใช้จ่ายในการปรับ เปลี่ยนและปรับปรุงสวนดาดฟ้าทั้งระบบ เป็นรายปี, ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการจัดการ ดังแสดงได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดง Life Cycle Cost Analysis Scope

ที่มา: Lui Shiu Ting Elsa, 2008. Life Cycle Assessment of Green Roof System in Hong Kong,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่าง Construction Cost ของส่วนประกอบใน Extensive Green Roof

Components of extensive Green roof	**Material included**	**Construction cost* (usd$/sqm)**
Roof Barrier	PVC	130
Protection Layer	Polypropy lene sheet	10
Drainage Layer	Polystyrene	120
Filter Layer	Polypropylene sheet	10
Soil	Gravel (100mm)	50
	Sand (100mm)	90
	Kaolin (50)	85
Plant	Sedum	70
Sub-total($/sqm)		565
Total amount for the whole system		307,360

*Construction cost include the cost of labor (Installation) and materials

ที่มา: Lui Shiu Ting Elsa, 2008. Life Cycle Assessment of Green Roof System in Hong Kong,

แต่เนื่องจากในแต่ละประเทศมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่แตกต่างกัน การติดตั้งหลังคาเขียวในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลหรืองานวิจัยไหนได้ให้รายละเอียดหรือราคาค่าติดตั้งที่แน่นอนออกมาเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจดังนั้นส่วนหนึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จึงต้องการแสดงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเริ่มต้นของการติดตั้งหลังคาเขียวแก่อาคารพาณิชย์ที่เป็นตัวอย่างเพื่อเป็นตัวอย่างแก่ผู้ที่สนใจ

3.1.2 ค่าไฟฟ้า

ในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแปรที่มีความสำคัญหนึ่งคือราคาต่อหน่วยของค่าไฟฟ้าที่จะต้องนำมาใช้ในการคิดคำนวณเป็นค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมดของอาคาร การคิดราคาของไฟฟ้าต่อหน่วยมีความแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาของการใช้ โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ให้อัตราไว้ตามตารางที่ 3.2 ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า (อัตราตามช่วงเวลาของการใช้)

	เริ่มเวลา	ถึงเวลา	Energy Charge บาท/kW-hr	Demand Charge บาท/kW-Demand
Off Peak	00.00	09.00	1.22	0.00
Partial Peak	09.00	09.00	0.00	0.00
On Peak	09.00	22.00	4.30	0.00
Off Peak	22.00	24.00		

วันจันทร์ – วันศุกร์ เวลา 09.00 - 22.00 น. (Peak), วันจันทร์ – วันศุกร์ และ วันเสาร์ เวลา 22.00 – 09.00 น. (Off Peak), วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน (Peak)

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการกำหนดลักษณะการใช้งานและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้าของอาคารทดลองโดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปใช้เซ็ตเป็นค่าเริ่มต้นของการคิดพลังงานในอาคารในโปรแกรม OTTV1.0a ไว้ดั้งนี้

ลักษณะเครื่องปรับอากาศที่ใช้: เครื่องปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5

เวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศ: ทุกวัน เวลา 10.00 – 18.00 น.

3.1.3 วิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

การคำนวณค่าความร้อนและภาระค่าความเย็นจากภายนอกอาคารมีหลายวิธีเช่น วิธี Total Equivalent Temperature Differential (TETD), วิธี Cooling Load Temperature Differential (CLTD) และวิธี Transfer Function Method (TMF) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป สำหรับประเทศไทยได้มีการออกกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) เพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับอาคารในประเทศไทย (วิรัตน์, 2550)

(เทพฤทธิ์, 2540) ได้ทำการสร้างโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี Transfer Function Method คำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศที่สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด จากการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ ผลพบว่าการนำข้อมูลการแผ่รังสีความร้อนจากดวง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาทิตย์ ที่วัดได้จริงมาใช้ในการคำนวณนั้น จะทำให้ค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เพราะว่าในสภาพความเป็นจริงนั้น ท้องฟ้าไม่ได้แจ่มใสตลอดเวลา ทำให้ค่าที่วัดได้ในบางครั้งมีการลดลง

1. วิธีการคำนวณโดยใช้สมการ หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน (RTTVni) ให้คำนวณจากสมการ

$RTTVni = (Ur)(1-SRR)(TDeq)+(Us)(SRR)(\Delta T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$

เมื่อ RTTVni คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (Wm^{-2})

Ur คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($Wm^{-2}{}^{\circ}C^{-1}$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่ส่วนพิจารณา

TDeq คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

Us คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปรงแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($Wm^{-2}{}^{\circ}C^{-1}$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน หรือปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ที่ตกกระทบ ผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (Wm^{-2})

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) โดยทั่วไปเมื่อคำนวณจากสูตรคือ

$RTTVni = (Ur)(1-SRR)(TDeq)+(Us)(SRR)(\Delta T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$

2. วิธีการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

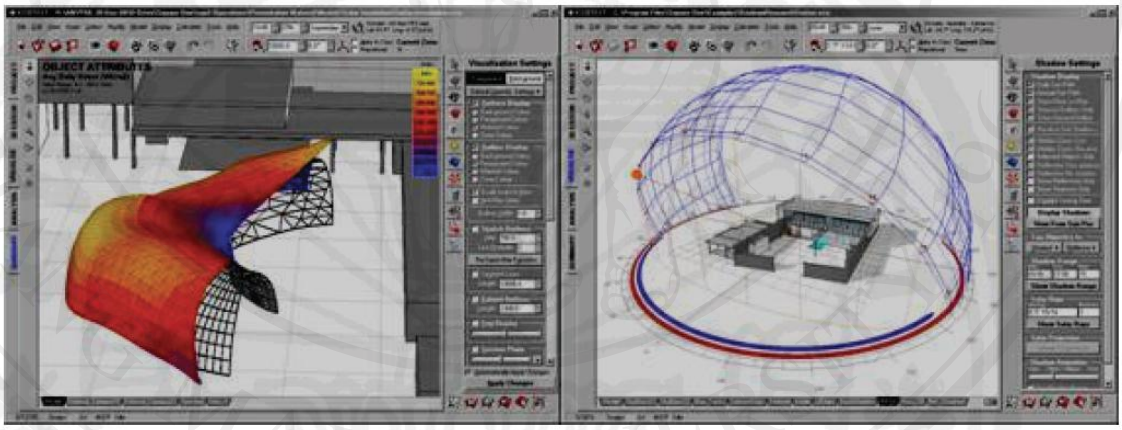
การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม แต่เนื่องจากการคำนวณจะต้องใช้ระยะเวลา และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลเอกสารต่างๆ อีกทั้งยังต้องมีกระบวนการคำนวณที่ซับซ้อนหลายขั้นตอนรวมทั้งการปรับเปลี่ยนหรือการแก้ไขการออกแบบของสถาปนิกยังส่งผลให้การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารต้องมีการแก้ไขข้อมูลใหม่ โดยอาจจะต้องแก้ไขข้อมูลหลายขั้นตอนหรือทำการคำนวณใหม่ทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาในการทำงานและออกแบบเพื่อช่วยในการประมวลผลเบื้องต้น ทั้งนี้เพราะคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลลัพธ์ออกมาได้รวดเร็วและแม่นยำ ทำให้สถาปนิกสามารถตรวจสอบและตัดสินใจในการออกแบบได้ในเวลาที่น้อย

จากการศึกษาพบว่ามีผู้เคยทำวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของโปรแกรมที่มีขายอยู่ในตลาดประเทศไทย โดยยกตัวอย่างโปรแกรมที่นิยมมา 2 โปรแกรม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาข้อดูและข้อเสียของแต่ละโปรแกรมดังนี้

1.) โปรแกรมเสริม(Plug-in) บนโปรแกรม ArchiCAD



ภาพที่ 3.2 แสดงหน้าตาของโปรแกรมเสริม (Plug-in) บนโปรแกรม ArchiCAD

ที่มา: โปรแกรม ArchiCAD

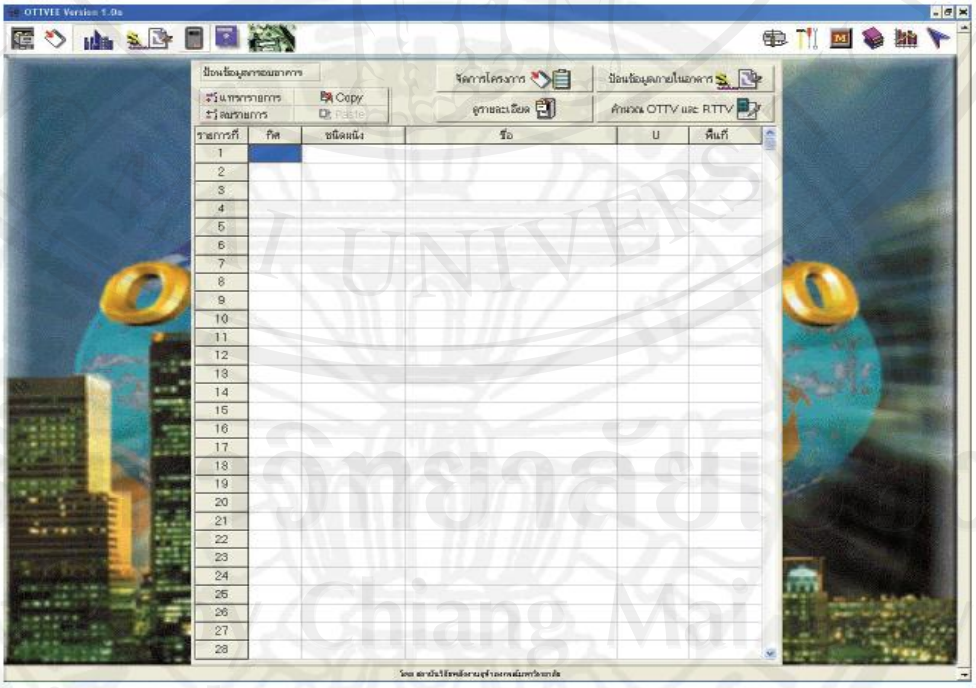
โปรแกรมนี้ออกแบบมาเพื่อคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารโดยเป็นโปรแกรมเสริมบนโปรแกรม ArchiCAD กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรม ArchiCAD เสร็จแล้ว สามารถนำไฟล์งานนั้นเข้าสู่โปรแกรมเสริม จากนั้นต้องทำการกำหนดข้อมูลวัสดุของโครงการลงภายในโปรแกรมอย่างละเอียด เพื่อให้โปรแกรมสามารถนำค่าไปใช้ในการคำนวณ เนื่องจากโปรแกรมออกแบบมาเพื่อให้สามารถทำการคำนวณขั้นสูงได้เช่นเดียวกับโปรแกรม OTTVEE ทำให้ในการป้อนข้อมูลให้โปรแกรมต้องมีการกำหนดข้อมูลวัสดุโครงการจำนวณมาก และยุ่งยากซับซ้อนเล็กน้อย โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเป็น ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. นำไฟล์งานจากโปรแกรม ArchiCAD ที่มีอยู่แล้ว มาเปิดด้วยโปรแกรมเสริม
2. ทำการกำหนดวัสดุกรอบอาคารและวัสดุอาคารทั้งหมด
3. ทำการกำหนดสภาพแวดล้อมโดยรอบโครงการ เพื่อใช้ในการคำนวณ
4. โปรแกรมทำการจำลองรูปแบบอาคารออกมาทั้งรูปแปลน รูปด้าน และการแสดงผลแบบ 3 มิติ
5. โปรแกรมทำการแสดงรายละเอียดการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร

โปรแกมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้งานได้ค่อนข้างง่าย เพราะเป็นเพียงการทำงานบนโปรแกรมเสริม คือ สามารถนำไฟล์งานที่มีอยู่แล้วมาเปิด แล้วทำการกำหนดข้อมูลวัสดุต่างๆ ของอาคารได้ทันที จากนั้นจึงให้โปรแกรมทำการประมวลผลการคำนวณ รวมทั้งรูปแบบการทำงานของโปรแกรมเป็นไปอย่างมีระบบและขั้นตอน และมีส่วนช่วยเหลือของโปรแกรมทำให้เข้าใจได้ง่าย แต่โปรแกรมนี้ยังขาดเรื่องของการใช้งานในการรองรับไฟล์อื่นๆ ที่นอกเหนือจากไฟล์ของโปรแกรม ArchiCAD ทำให้โปรแกรมนี้รองรับการทำงานแค่เฉพาะกลุ่ม เนื่องจากโปรแกรม ARchiCAD นั้นยังไม่แพร่หลายในการทำงานของสถาปนิกในประเทศไทยเท่าที่ควร

2.) โปรแกรมOTTVEE 1.0a



ภาพที่ 3.3 : แสดงหน้าตาของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

ที่มา: โปรแกรม OTTVEE1.0a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรแกรมนี้ออกแบบมาเพื่อคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารและหลังคาอาคาร รวมทั้งค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าในลักษณะเป็นรายวัน รายเดือน และรายปี โดยรูปแบบการป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมจะเป็นตาราง เหมือนการป้อนข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังนี้

1. ทำการกำหนดวัสดุกรอบอาคาร และวัสดุหลังคาอาคารในทิศทางต่างๆ โดยการกรอกข้อมูลลงในตารางของโปรแกรมทั้ง ชื่อเรียกผนัง ค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง รวมทั้งค่าพื้นที่ของผนังแต่ละด้าน เพื่อใช้ในการคำนวณค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ

2. ทำการกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า โดยทำการกำหนดข้อมูลเพิ่มเติม เช่น จำนวนชั่วโมงในการใช้งาน ชนิดเครื่องปรับอากาศ ค่าอุณหภูมิที่ต้องการในการออกแบบ เป็นต้น เพื่อใช้ในการคำนวนค่าใช้จ่าย

3. โปรแกรมทำการแสดงผล โดยผลออกมาเป็นค่าตัวเลขและกราฟแสดงข้อมูล

การวิเคราะห์โปรแกรม OTTVEE1.0a สามารถทำออกมาได้ค่อนข้างดี แต่ยังขาดส่วนของความสามารถในการช่วยวิเคราะห์ออกแบบสร้างทางเลือกให้แก่ผู้ใช้งาน กล่าวคือ โปรแกรมนี้สามารถใช้ได้เพียงการคำนวนค่าความร้อนรวมที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารและหลังคา รวมทั้งค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งสามารถแสดงผลได้เพียงในส่วนภาพ 2 มิติ ไม่ใช่ภาพ 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้เลยเมื่อมีการกรอกข้อมูลผิดพลาด

3.2 โปรแกรม OTTVEE 1.0a

เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับช่วยในการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รวมทั้งประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเนื่องจากการประเมินค่าความร้อนเข้าสู่อาคารและประเมินการใช้พลังงานในอาคารนั้นประกอบไปด้วยตัวแปรและข้อมูลต่างๆ มากมาย ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ โดยในทางปฏิบัติมีความยากลำบากในการป้อนข้อมูลเพื่อคำนวณตลอดจนการทำความเข้าใจ ดังนั้นสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการสนับสนุนของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจึงจัดทำโปรแกรม OTTVEE 1.0a ขึ้นมาเพื่อให้ง่ายในการใช้งานและการทำความเข้าใจสำหรับสถาปนิก วิศวกร หรือผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อจะนำไปใช้ในการประเมินค่าต่างๆ ที่กล่าวมาและช่วยให้การออกแบบและปรับปรุงอาคารให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อีกมาก

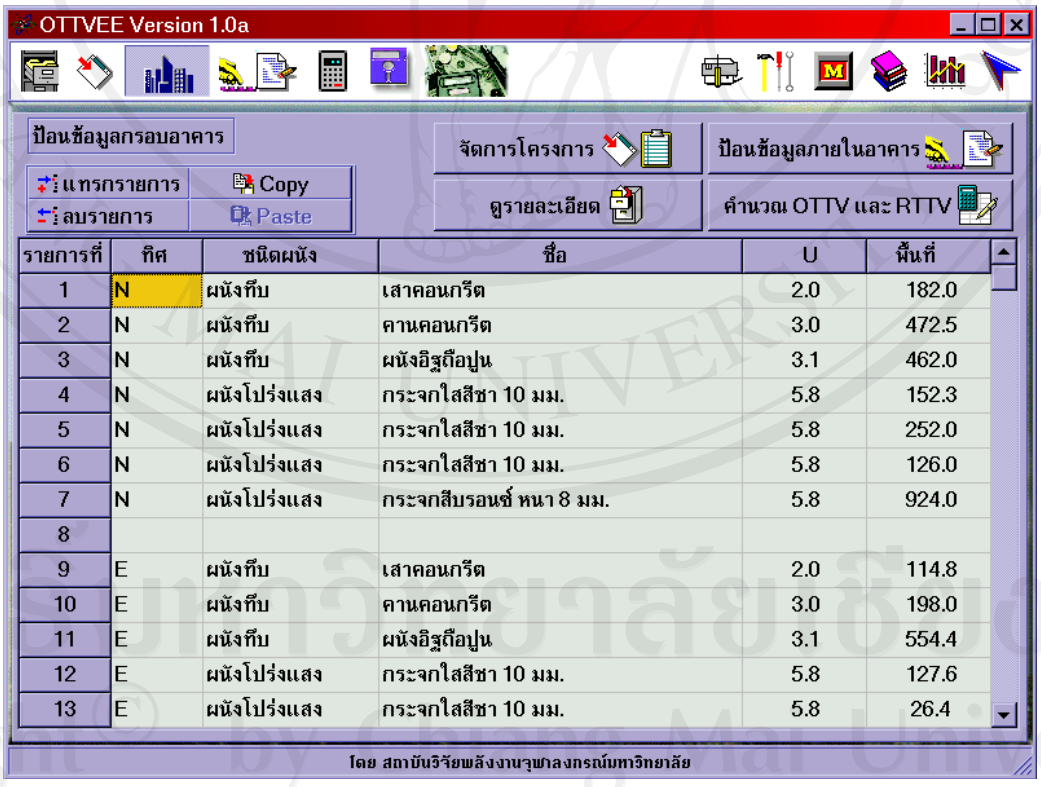
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในโปรแกรม OTTVEE 1.0a ได้แบ่งโปรแกรมการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนคำนวณค่า OTTV และRTTV ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และอีกส่วนหนึ่งคือ การคำนวณการใช้พลังงานของอาคาร (Energy Estimation) ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่ายและได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำในเวลาอันรวดเร็ว สำหรับงานวิจัยนี้ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ดังนั้นในการคำนวณจึงใช้โปรแกรมในส่วนของการคำนวณค่า OTTV และ RTTV เป็นหลัก

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม OTTVEE 1.0a

วิธีการป้อนข้อมูลกรอบอาคารและตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการศึกษานี้ลงไปในโปรแกรม OTTVEE 1.0a นั้นสามารถป้อนข้อมูลเข้าไปตามขั้นตอน 2 ขั้นตอนด้วยกันคือ

ขั้นตอนที่ 1 เลือกทิศ และชนิดผนัง โดยทิศที่ OTTVEE1.0a สามารถกำหนดได้ 16 ทิศ การกำหนดชนิดผนังสามารถกำหนดได้ 3 ชนิด ได้แก่ ผนังทึบ , ผนังโปร่งแสง ,หลังคาทึบ และหลังคาโปร่งแสง



รายการที่	ทิศ	ชนิดผนัง	ชื่อ	U	พื้นที่
1	N	ผนังทึบ	เสาคอนกรีต	2.0	182.0
2	N	ผนังทึบ	คานคอนกรีต	3.0	472.5
3	N	ผนังทึบ	ผนังอิฐถือปูน	3.1	462.0
4	N	ผนังโปร่งแสง	กระจกใสสีชา 10 มม.	5.8	152.3
5	N	ผนังโปร่งแสง	กระจกใสสีชา 10 มม.	5.8	252.0
6	N	ผนังโปร่งแสง	กระจกใสสีชา 10 มม.	5.8	126.0
7	N	ผนังโปร่งแสง	กระจกสีบรอนซ์ หนา 8 มม.	5.8	924.0
8					
9	E	ผนังทึบ	เสาคอนกรีต	2.0	114.8
10	E	ผนังทึบ	คานคอนกรีต	3.0	198.0
11	E	ผนังทึบ	ผนังอิฐถือปูน	3.1	554.4
12	E	ผนังโปร่งแสง	กระจกใสสีชา 10 มม.	5.8	127.6
13	E	ผนังโปร่งแสง	กระจกใสสีชา 10 มม.	5.8	26.4

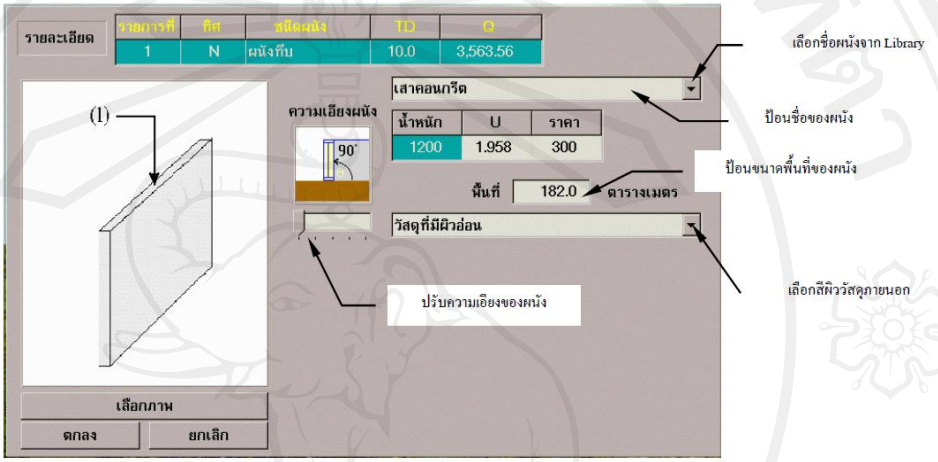
ภาพที่ 3.4 : แสดงหน้าตาของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

ที่มา: โปรแกรม OTTVEE 1.0a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 2 ป้อนรายละเอียดของผนังทึบและผนังโปร่งแสงที่ใช้ในการศึกษา

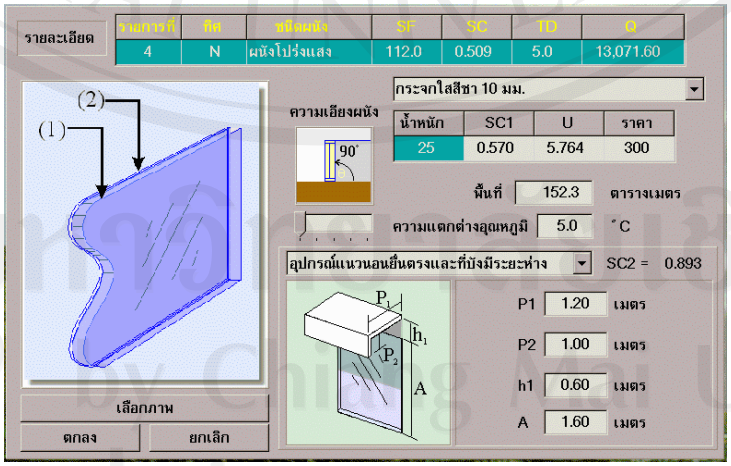
1. ผนังทึบ ข้อมูลที่ผนังทึบต้องการคือ ชื่อผนัง , น้ำหนัก , U ของผนัง , ราคา, ภาพ , ความเอียงของผนัง , พื้นที่ และสีผิววัสดุภายนอกข้อมูลที่สามารถใช้จาก Library ที่ได้เตรียมไว้แล้วได้แก่ น้ำหนัก , U ของผนัง , ราคาและ ภาพ ส่วนด้านบนจะเป็นผลการคำนวณค่า Q และ การเลือกค่า TD ของผนังรายการนี้



ภาพที่ 3.5 : แสดงหน้าตาของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

ที่มา: โปรแกรม OTTV EE1.0a

2. ผนังโปร่งแสง ข้อมูลที่ผนังโปร่งแสงต้องการคือ ชื่อผนังโปร่งแสง , น้ำหนัก , SC1 ของกระจก , U ของผนัง , ราคา, ภาพ , ความเอียงของผนังโปร่งแสง , พื้นที่ , ความแตกต่างของอุณหภูมิ (TD) และSC2 (Shading Coefficient) ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด OTTVEE จะให้ค่า SC2 เท่ากับ 1.00

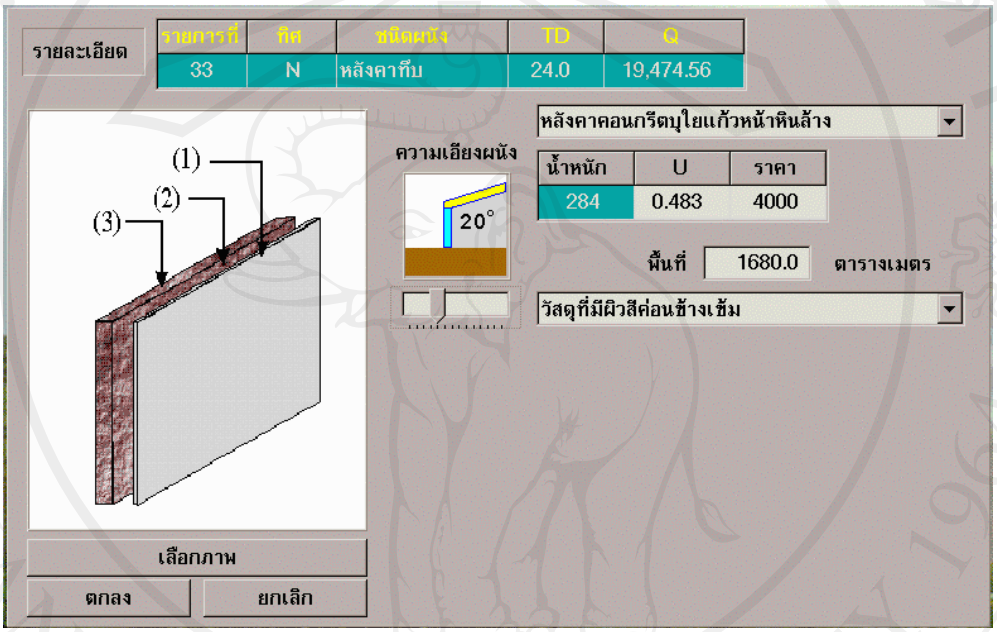


ภาพที่ 3.6 : แสดงหน้าตาของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

ที่มา: โปรแกรม OTTV EE 1.0a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. หลังคาทึบ ข้อมูลที่หลังคาทึบต้องการคือ ชื่อหลังคา , น้ำหนัก , U ของหลังคา , ราคา, ภาพ , ความเอียงของหลังคา , พื้นที่ และ สีผิววัสดุภายนอกข้อมูลจะคล้ายกับข้อมูลผนังทึบข้อแตกต่างคือความเอียงมีองศาที่แตกต่างกันคือ ผนังจะมีความเอียงตั้งแต่ 90° ถึง 70°หลังคาจะมีความเอียงตั้งแต่ 0° ถึง 65° ข้อมูลที่สามารถใช้จาก Library ที่ได้เตรียมไว้แล้วได้แก่ น้ำหนัก , U ของหลังคา ,ราคา และ ภาพ ส่วนด้านบนจะเป็นผลการคำนวณค่า Q และ การเลือกค่า TD ของหลังคารายการนี้



ภาพที่ 3.7 : แสดงหน้าตาของโปรแกรม OTTVEE 1.0a

ที่มา: โปรแกรม OTTVEE 1.0a

3.4 วิธีวิจัย

3.4.1 การกำหนดลักษณะของแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารเพื่อใช้เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ที่คำนวณได้

เป็นการกำหนดลักษณะแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารขึ้นมาจำนวนสองแบบคือ 1. แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปและ 2. แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า เพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบค่า RTTV ที่คำนวณได้จากสมการ โดยมีรูปแบบและลักษณะโครงสร้างหลังคาดาดฟ้าอาคารดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

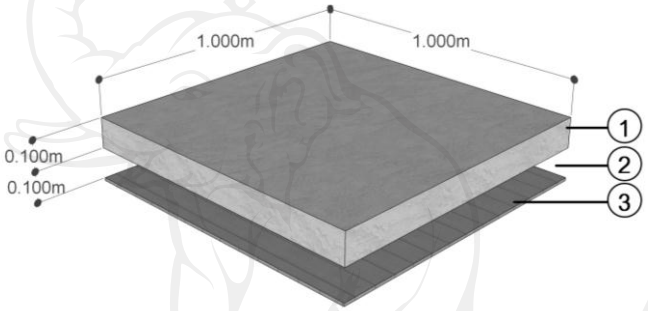
1. แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไป

แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปมีขนาดพื้นที่ 1.00 x 1.00 เมตร ดังที่แสดงในภาพที่ 3.8 มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกันทั้งผืนโดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.3 ลักษณะของโครงสร้างหลังคาดาดฟ้าพาณิชย์แบบทั่วไป ถูกกำหนดขึ้นดังนี้

1.) หลังคาคอนกรีตหนา 0.100 เมตร

2.) ช่องว่างอากาศ 0.100 เมตร

3.) แผ่นยิปซัมหนา 0.010 เมตร



ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะรูปร่างของหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไป

ที่มา: โปรแกรม sketchup 7 โดยนาย วิสิษศักดิ์ สุริยาศรี

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในโครงสร้างหลังคาดาดฟ้าแบบที่ 1

Key	ประเภทวัสดุ	ความหนา (ΔX) (m.)	ค่าความนำความร้อน (K) ($Wm^{-1}{}^{o}C^{-1}$)	ค่าความต้านทานความร้อน (R) ($m^2.{}^{o}C.W^{-1}$)	ความหนาแน่น (P) (Kg/m^3)	ความร้อนจำเพาะ (C) ($kJ.kg^{-1}{}^{o}C^{-1}$)
(Ro)	ฟิล์มอากาศด้านนอก	-	-	0.055	-	-
(1)	คอนกรีต	0.100	1.442	0.069	2400	0.92
(Ra)	ช่องว่างอากาศ	0.100	-	0.174	-	-
(2)	แผ่นยิบซัมบอร์ด	0.010	0.191	0.052	880	1.09
(Ri)	ฟิล์มอากาศด้านใน	-	-	0.162	-	-

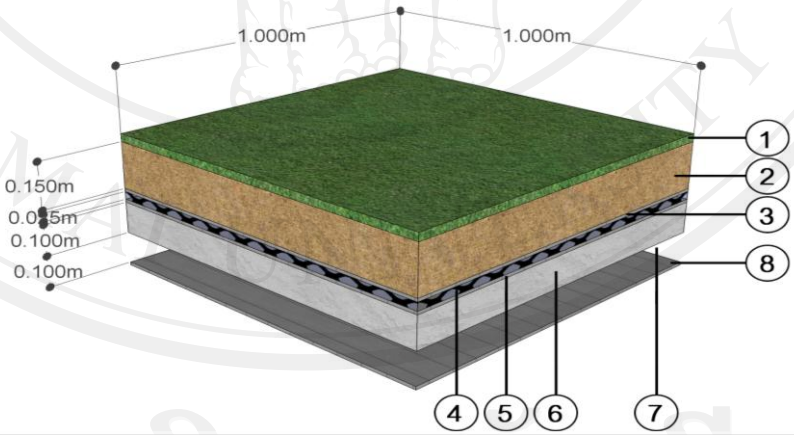
เมื่อค่าความต้านทานความร้อน (R) = $\Delta X / K$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า

แบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปมีขนาดพื้นที่ 1.00 x 1.00 เมตร ที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า ดังที่แสดงในภาพที่ 3.9 มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกันทั้งผืนโดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.4 ลักษณะของโครงสร้างหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า ถูกกำหนดขึ้นดังนี้

1. ชั้นพืชพันธุ์
2. ชั้นวัสดุปลูก หนา 0.100 เมตร
3. ชั้นแผ่นใยกรองดิน Geotextile วัสดุคือ Polypropylene 2 ชั้น หนารวม 0.001 เมตร
4. ชั้นระบายน้ำ วัสดุคือ Polypropylene หนารวม 0.030 เมตร
5. ชั้นกันซึม วัสดุคือ Polyethylene ทา 3 ชั้นหนารวม 0.001 เมตร
6. หลังคาคอนกรีตหนา 0.100 เมตร
7. ช่องว่างอากาศ 0.100 เมตร
8. แผ่นยิปซัมหนา 0.010 เมตร



ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะรูปร่างของแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไป
ที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า
ที่มา: โปรแกรม sketchup 7 โดยนาย วิสิษศักดิ์ สุริยาศรี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในโครงสร้างหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของสวนดาดฟ้า

Key	ประเภทวัสดุ	ความหนา (ΔX) (m.)	ค่าความนำความร้อน (K) ($Wm^{-1}°C^{-1}$)	ค่าความต้านทานความร้อน (R) ($m^2.°C.W^{-1}$)	ความหนาแน่น (P) (Kg/m^3)	ความร้อนจำเพาะ (C) ($kJ.kg^{-1}°C^{-1}$)	Net Weight	Unit Weight (kg/m^2)
(Ro)	ฟิล์มอากาศด้านนอก	-	-	0.055	-	-	-	-
-	ชั้นพืชพันธุ์	-	-	-	-	-	10 kg/m^2	10.00
(1)	ชั้นวัสดุปลูก (ดิน)	0.100	0.375	0.267	1200	1.130	1600 kg/m^3	160.00
-	Geotextile	-	-	-	-	-	-	-
(5)	Drainage Layer (Polystyrene)	0.030	0.080	0.375	1050	1.21	70 kg/m^2	2.33
-	Roof Barrier	-	-	-	-	-	-	-
(6)	คอนกรีต	0.100	1.442	0.069	2400	0.92	-	-
(Ra)	ช่องว่างหลังคา	0.100	-	0.174	-	-	-	-
(7)	แผ่นยิบซัมบอร์ด	0.010	0.191	0.052	880	1.09	-	-
(Ri)	ฟิล์มอากาศด้านใน	-	-	0.162	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	1.154	-	-	-	172.33

เมื่อค่าความต้านทานความร้อน (R) = $\Delta X / K$

3.4.2 การคำนวณเปรียบเทียบค่า OTTVและRTTV ของแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปเปรียบเทียบแบบจำลองหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของหลังคาเขียว และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ RTTV กับค่าความร้อนและภาระการทำความเย็นที่คำนวณด้วยวิธีใช้โปรแกรม OTTVEE 1.0a

ในการวิเคราะห์ค่าถ่ายเทความร้อนรวม OTTV และค่า RTTV ของอาคารที่มีการติดตั้งหลังคาดาดฟ้าคอนกรีตโดยทั่วไปเปรียบเทียบกับหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์แบบทั่วไปที่มีการเพิ่มชั้นของหลังคาเขียว เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่ ดังที่แสดงใน ตารางที่ 3.5 โดยที่อาคารพาณิชย์ในงานวิจัยนี้น่าจะจัดอยู่ในอาคารประเภทเดียวกันกับ โรงแรม โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น เนื่องจากมีกิจกรรมในในการใช้งานเพื่อการพักอาศัยในลักษณะใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.5 ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร/ลักษณะการใช้งานอาคาร	OTTV (Wm^{-2} ของผนังด้านนอกอาคาร)	RTTV (Wm^{-2} ของหลังคาอาคาร)
สำนักงาน สถานศึกษา	OTTV $\leq$ 50	RTTV $\leq$ 15
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า หรือซุปเปอร์สโตร์	OTTV $\leq$ 40	RTTV $\leq$ 12
โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น	OTTV $\leq$ 50	RTTV $\leq$ 10

ที่มา : เอกสารประกอบหลักสูตรมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,กระทรวงพลังงาน

การเปรียบเทียบค่า RTTV โดย วิธีการใช้สมการ โดยใช้แบบจำลองหลังคาดฟ้าทั้ง 2 แบบ ตามที่กล่าวมาข้างต้นในการเปรียบเทียบ โดยในการเปรียบเทียบขั้นตอนนี้ทิศทางในการวางอาคารและลักษณะของผนังอาคารจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการคำนวณ การเปรียบเทียบนี้เพื่อที่จะหาวิธีการที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ RTTV กับค่าความร้อนและภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากอาคารจำลองในขั้นตอนต่อไป

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาความคุ้มค่าของหลังคาเขียวต่อการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับปรับอากาศภายในอาคารพาณิชย์นี้ จะใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยการจำลองอาคารต้นแบบขึ้นมาเพื่อหาผลการทดลองจากโปรแกรม OTTVEE 1.0a ซึ่งมีความน่าเชื่อถือในระดับที่มีการยอมรับได้ เนื่องด้วยเวลาที่มีจำกัด อีกทั้งตัวโปรแกรมได้มีข้อมูลพื้นฐานต่างๆของจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งจะใช้เป็นสถานที่ทดลองศึกษาและข้อมูลพื้นฐานของวัสดุเปลือกอาคารซึ่งจะมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารอยู่แล้ว

3.5 การประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการ (Life Cycle Assessment)

การประเมินความคุ้มทุนของโครงการต่างๆ ตลอดอายุการใช้งานเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบทางเลือกที่เหมาะสม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1.) ค่าใช้จ่ายที่ไม่ใช่ค่าพลังงาน ซึ่งได้แก่ เงินลงทุนเบื้องต้น ค่าติดตั้ง และค่าดูแลรักษา 2.) ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าพลังงาน ซึ่งคือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นในอาคาร โดยค่าใช้จ่ายต่างๆ เหล่านี้ถ้าเกิดขึ้นในเวลาที่แตกต่างกันแล้วจะไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง เพราะค่าใช้จ่ายต่างๆในแต่ละเวลาจะแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในเวลาเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการจะแสดงออกมาเป็นจำนวนปีที่คุ้มทุน (Payback period-years) สำหรับอาคารที่มีการติดตั้งหลังคาเขียวในลักษณะต่างๆ ณ WWR 0% - 100% เพื่อใช้ในเป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจของผู้ที่สนใจ

3.6 ทางเลือกของการใช้หลังคาเขียวบนหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์เพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อความคุ้มทุนในระยะเวลา 5 ปี

ระยะเวลาในการคุ้มทุนเมื่อติดตั้งหลังคาเขียวที่ได้จากการทดลอง อาจเป็นระยะเวลาที่นานเกินกว่าจะเชื้อเชิญให้คนทั่วไปสนใจในการลงทุนเพื่อติดตั้งหลังคาเขียวซึ่งมีการลงทุนในระยะเริ่มต้นค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะเวลาที่น่าจะมีความเชื้อเชิญให้มีการลงทุนเพื่อรับผลตอบแทนที่คุ้มทุนในระยะเวลาที่ 5 ปี เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่เจ้าของอาคารน่าจะคิดว่าไม่ใช่เวลาที่นานเกินไปนัก ทั้งนี้ทั้งนั้นยังเป็นระยะเวลาที่อาคารอาจเริ่มมีความต้องการซ่อมแซมปรับปรุงอาคารบางส่วน เจ้าของอาคารอาจถือโอกาสใช้ระยะเวลานี้ในการซ่อมแซมหรือติดตั้งหลังคาเขียวใหม่ให้กับอาคาร หรือรื้อออกถ้าหากผลไม่เป็นที่น่าพอใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved