การวิเคราะห์ต้นทุนโครงการด้วยหลักการ LIFE CYCLE

An Analysis of Project Costs with the Principle of Life Cycle

นายชัยภัทร	ญาติกร	รหัส 50360760
นายอดิสรณ์	ห่วงเงิน	รหัส 50362887
นายเสกสรร	คำวังชัย	รหัส 50363488

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 28 ก.ย. 2554
เลขทะเบียน 1551781
เลขเรียกหนังสือ ม.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว398 ก
2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ต้นทุนโครงการด้วยหลักการ LIFE CYCLE	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชัยภัทร ญาติกร	รหัส 50360760
	นายอดิสรณ์ ห่วงเงิน	รหัส 50362887
	นายเสกสรร คำวังชัย	รหัส 50363488
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2553	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.ก้าพล ทรัพย์สมบูรณ์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ต้นทุนโครงการด้วยหลักการ LIFE CYCLE	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชัยภัทร ญาติกร	รหัส 50360760
	นายอดิสรณ์ ห่วงเงิน	รหัส 50362887
	นายเสกสรร คำวังชัย	รหัส 50363488
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2553	

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมโยธาเล่มนี้ เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนโครงการด้วยหลักการ Life Cycle โดยเป็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร โดยอาคารที่ทำการวิเคราะห์นี้เป็นอาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาต้นทุนก่อสร้างและค่าใช้จ่ายต่างๆ ของอาคารที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะค่าไฟฟ้าแล้วทำการวิเคราะห์ปรับปรุงอาคารโดยได้ทำการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบอาคารที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้เสนอทางเลือกต่างๆในการปรับปรุง รวมถึงระยะเวลาคืนทุนของทางเลือกต่างๆ โดยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ 30 ปี เป็นเกณฑ์ในการเลือกวิธีการปรับปรุงอาคาร

Project title	An Analysis of Project Costs with the Principle of Life Cycle		
Name	Mr. Chaiyaphat	Yatikon	ID. 50360760
	Mr. Adisorn	Huang-ngern	ID. 50362887
	Mr. Seksan	Kumwungchai	ID. 50363488
Project advisor	Dr. Sirichai	Tanratanawong	
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2010		

.....

Abstract

The study aims to apply the Principle of Life Cycle to the process of building cost analysis. The selected building, QS Building in Naresuan University, which comprises of a number of classrooms designed for all first year students, was analysed interms of electricity costs occurred relative to the materials used in building construction. New 5 alternatives of material comination and replacement were then applied in order to compare their life cycle costs and pay-back periods based on the 30-year life span scenarios.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ศิริชัย ตันรัตนวงศ์ ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง ตลอดจนการแก้ปัญหาในการทำโครงงานนี้จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน รวมถึงเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจตลอดมาจนจบการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายชัยภัทร ญาติกร

นายอดิสรณ์ ห่วงเงิน

นายเสกสรร คำวังชัย

มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 วงจรอายุของโครงการก่อสร้าง(LIFE CYCLE OF A CONSTRUCTION PROJECT).....4
2.2 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....4
2.3 ภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD).....16

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....20
3.1 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุน.....20
3.2 ข้อมูลต้นทุนโครงการที่เกี่ยวข้อง.....20
3.3 แนวทางการลดต้นทุน.....20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ทำการวิเคราะห์ต้นทุนอาคารปรับปรุง....22
3.5 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์....22
3.6 สรุปผล....22

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์....23
4.1 ผลการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา....23

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....31
5.1 สรุปผลโครงงาน....31
5.2 ข้อเสนอแนะ....32

เอกสารอ้างอิง....33

ภาคผนวก ก....34
ภาคผนวก ข-1....59
ภาคผนวก ข-2....65
ภาคผนวก ค....69
ภาคผนวก จ....71

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการศึกษาโครงงาน.....2

4.1 แสดงค่าลงทุนการก่อสร้าง.....24

4.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในแต่ละทางเลือก..... 25

4.3 แสดงระยะเวลาคืนทุนของแต่ละทางเลือก.....30

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 แสดงห้องตัวอย่างในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอาคารเรียนรวม QS ชั้น2.....21

4.1 แสดง Cash Flow อาคารกรณีศึกษา.....25

4.2 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 1.....26

4.3 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 2.....26

4.4 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 3.....27

4.5 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 4.....27

4.6 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 5.....28

4.7 แสดงกราฟ NPV สะสมในแต่ละทางเลือก.....29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

การตัดสินใจเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งในอดีตมีข้อจำกัดในด้านการพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าก่อสร้างหรือต้นทุนแรกเริ่ม (Construction Cost or Initial Cost) โดยไม่มีการพิจารณาครอบคลุมไปถึงค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นในอนาคต แม้จะมีการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เพื่อประกอบการตัดสินใจ แต่การวิเคราะห์การคืนทุนก็ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงภาระของผู้ครอบครองทรัพย์สินที่ต้องรับผิดชอบในการดูแลและบำรุงรักษา ซึ่งต่างไปจากการวิเคราะห์ต้นทุนวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost) ที่พิจารณาค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการออกแบบจนถึงจุดสิ้นสุดการใช้งาน

การวิเคราะห์ต้นทุนก่อสร้างด้วยหลักการ Life Cycle เป็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจในการออกแบบอาคาร การวิเคราะห์ดังกล่าวทำขึ้นเพื่อให้ทราบค่าใช้จ่ายขั้นต้นที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการใช้งานอาคาร เช่น ค่าไฟฟ้า ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ประมาณต้นทุนตลอดระยะเวลาที่กำหนดโดยพิจารณาปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนแรกเริ่มหรือต้นทุนจากการใช้งานในอนาคต รวมถึงการปรับปรุงเพื่อให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานลดลง เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ ในการก่อสร้างและใช้งานอาคาร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถวิเคราะห์ต้นทุนและค่าใช้จ่ายตลอดทั้งโครงการล่วงหน้าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการก่อสร้าง

1.3.2 สามารถพิจารณาแนวทางในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดโครงการได้

1.3.3 ผลที่ได้สามารถเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

.

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

ศึกษาข้อมูล จากอาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยนำข้อมูลราคาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมาทำการศึกษา เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- การนำเสนอโครงงาน
- ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- ติดต่อข้อมูลจากสำนักงานที่เกี่ยวข้อง
- วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น
- เขียนโครงการ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 1.1 แผนการศึกษาโครงงาน

เดือน กิจกรรม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1.การนำเสนอโครงงาน	←	—	→		
2.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		←	—	→	
3.ติดต่อข้อมูลสำนักงานที่เกี่ยวข้อง			←	—	→
4.วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น			←	—	→
5.เขียนโครงการ					↔

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าถ่ายเอกสาร 3,000 บาท

รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 วงจรอายุของโครงการก่อสร้าง (Life Cycle of a Construction Project)

เมื่อเรากล่าวถึงวงจรอายุของงานก่อสร้าง เราจะหมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นคิดวางแผนเกี่ยวกับโครงการ ตั้งแต่งานออกแบบ ประมูลงาน ก่อสร้าง จนถึงการเริ่มใช้งานจริงจนสิ้นอายุของอาคารนั้นๆ

2.1.1 ขั้นตอนเริ่มต้นและศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นเมื่อเจ้าของโครงการ มีความคิดที่จะสร้างโครงการเพื่อจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีแนวทางการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การศึกษาแนวทางของโครงการ จะเกิดขึ้นโดยการกำหนดของเจ้าของโครงการ เช่น เจ้าของโครงการต้องการจะสร้างอาคาร เพื่อใช้เป็นอาคารชุดตากอากาศริมทะเล เป็นต้น

2. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ผู้บริหารโครงการหรือเจ้าของโครงการจะทำการวิเคราะห์ด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการลงทุน ซึ่งปกติแล้วจะทำการศึกษาครอบคลุมเรื่องต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งผลได้โดยทั่วไปจะจัดเป็นรูปตัวเงิน ยกเว้นในส่วนของรัฐ ซึ่งอาจมีผลได้ทางด้านอื่นๆด้วย เช่น งานถนนอาจมีผลได้ในการลดความสูญเสีย เนื่องจากการจราจรติดขัด หรือความสูญเสียจากอุบัติเหตุ เป็นต้น

- การวิเคราะห์ด้านบริหาร (Administrative Analysis) เช่นกรณีที่ยกตัวอย่าง กรณีที่ต้องการทำโครงการอาคารชุดพักอาศัยชายทะเล ผู้จะทำการศึกษาด้านบริหารเป็นช่วงๆ

- การวิเคราะห์ด้านเทคนิค สำหรับในงานก่อสร้างอาคารพักอาศัย การวิเคราะห์ด้านเทคนิคจะครอบคลุมถึงการเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับงานก่อสร้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของงานก่อสร้าง เช่น หากมีการสร้างอาคารชุดแบบเดียวกันเป็นสิบอาคาร เจ้าของโครงการอาจทำการศึกษาระบบก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Concrete Elements) ซึ่งช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างได้

- การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี่ (Technological Analysis) ส่วนของเทคโนโลยี่จะมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต สินค้าอาจจะได้ความนิยมตามกระแสเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นภาคอุตสาหกรรมจะต้องคำนึงถึงกรณีนี้ให้มากด้วย

- การวิเคราะห์ด้านสังคม (Social Analysis) ด้านสังคมจะรวมตั้งแต่ ศาสนา ขนบธรรมเนียมวัฒนธรรม กฎหมายการปกครอง เป็นต้น โดยผู้ลงทุนจะต้องศึกษาถึงความสอดคล้องกับด้านสังคมในพื้นที่ที่จะไปลงทุน

- การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Education) ในการศึกษาด้านนี้จะพิจารณาถึงสภาพเศรษฐกิจภายนอกที่ส่งผลกระทบกับการดำเนินโครงการและผลที่เกิดจากโครงการสภาพเศรษฐกิจภายนอก เช่น โครงการก่อสร้างจะทำให้เกิดการจ้างงานมากขึ้น หรือโครงการสร้างถนนจะช่วยลดความสูญเสียจากการจราจรติดขัด อันเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เป็นต้น

- การวิเคราะห์ด้านการตลาด (Market Analysis) จะวิเคราะห์รายระเอียดตั้งแต่อุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) และจะต้องศึกษาถึงรูปแบบของโครงการให้เหมาะสม กับกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ราคาขายทำเลที่ตั้ง หรือสถานที่จัดจำหน่ายรวมถึงการวางแผนงานประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการขาย

3. การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ให้ความสนใจในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทั้งนี้ สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ได้ออกกฎกระทรวงเพื่อกำหนดให้โครงการที่จะต้องจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2.1.2 ขั้นตอนการออกแบบ

การออกแบบในโครงการก่อสร้างปกติจะทำเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

2.1.2.1 การออกแบบขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบหากเป็นงานอาคารคือ สถาปนิก กรณีงานสาธารณูปโภค อาจเป็นวิศวกรผู้รับผิดชอบหลัก ตามลักษณะงาน ซึ่งอาจมีการออกแบบขั้นต้นนี้หลายๆแบบ มีแนวทางปฏิบัติดังนี้

1. ออกแบบขั้นต้นตามแนวคิดของเจ้าของโครงการและสถาปนิกผู้ออกแบบจนได้แนวทางที่เหมาะสม

2. ประเมินและการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับโครงการ

3. ในกรณีของงานด้านอุตสาหกรรม เจ้าของโครงการและวิศวกร จะต้องกำหนดความสามารถในการผลิต ขนาดของอาคาร จำนวน เป็นต้น ซึ่งอาจจะมีการปรับลด/เพิ่มได้

4. ในขั้นตอนสุดท้ายก็จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างทางเลือกต่างๆที่ได้ศึกษาไว้ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในแง่ของผู้ลงทุน

2.1.2.2 การออกแบบขั้นรายละเอียด

เมื่อเจ้าของงานได้แนวทางเลือกที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดแล้ว ขั้นต่อไปคือขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดสำหรับใช้ก่อสร้างจริง ซึ่งจะใช้ผู้ออกแบบมืออาชีพ ซึ่งประกอบไปด้วย

- สถาปนิก
- ผู้ออกแบบตกแต่งภายใน
- ผู้ออกแบบภูมิสถาปัตย์
- วิศวกรที่เชี่ยวชาญในระบบต่างๆเช่น โครงสร้าง สุขาภิบาล ไฟฟ้า เป็นต้น

การออกแบบจะต้องทำควบคู่ไปกับการสำรวจในภาคสนามและจะต้องมีการศึกษาวิธีการก่อสร้างควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้แบบก่อสร้างรายละเอียดดังกล่าวสมบูรณ์มากขึ้น

2.1.3 ขั้นตอนการจัดหาและจัดจ้าง

การจัดหาและจัดจ้างจะหมายถึงทั้งการจัดหาและจัดจ้างผู้รับเหมาก่อสร้างหลัก ผู้รับเหมาช่วงที่มีความชำนาญเฉพาะ ตลอดจนผู้จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้วิธีการประมูลหรือเสนอราคาแข่งขันกัน ภายใต้แบบรายการก่อสร้างและเงื่อนไขที่กำหนดไว้โดยผู้ออกแบบ

2.1.4 ขั้นตอนก่อสร้าง

เมื่อได้ทำการจัดหาผู้รับเหมาที่เกี่ยวข้องได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้รับเหมาก่อสร้างก็จะต้องเป็นผู้รังสรรค์แบบก่อสร้างให้เป็นสิ่งปลูกสร้างจริงโดยใช้เทคนิคการจัดการทรัพยากรต่างๆ ที่จำเป็นในงานก่อสร้าง ได้แก่

- แรงงานและช่างฝีมือ
- เครื่องจักรและอุปกรณ์
- วัสดุก่อสร้างทั้งในส่วนที่ใช้ชั่วคราวเช่นไม้แบบ นั่งร้าน และวัสดุก่อสร้างจริง
- เครื่องใช้และอุปกรณ์ประกอบในโครงการ
- เงินทุนหมุนเวียนในกิจการ
- บริหารงานด้านเทคนิคและวิธีการก่อสร้าง
- เวลาที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ภาระความรับผิดชอบหลักของผู้รับเหมาก่อสร้างนี้ จะต้องทำการก่อสร้างภายในเวลาและงบประมาณที่กำหนดและต้องได้คุณภาพมาตราฐานที่กำหนดในรายการก่อสร้างด้วย

2.1.5 ขั้นเริ่มใช้งาน

การเริ่มใช้งานหรือเปิดใช้งานอาคาร โดยเฉพาะงานด้านอุตสาหกรรมจะต้องมีการวางแผนในส่วนนี้ค่อนข้างรัดกุม เพราะในช่วงนี้อาจเรียกว่าการ เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ อาจจะมีการปรับแต่งให้เหมาะสมในการใช้งานจริง และในงานที่มีขบวนการซับซ้อนมากๆอาจจะต้องมีการเตรียมพร้อมด้านอะไหล่ที่สำคัญสำหรับการแก้ไขฉุกเฉินระหว่างการทดลองเดินเครื่องด้วย

2.1.6 ขั้นการใช้งานจริงจนถึงสิ้นอายุของอาคาร

ในขั้นตอนนี้จะเป็นส่วนสุดท้ายในวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้าง จะเป็นช่วงเวลาของการใช้งานจริง หลังจากการเริ่มใช้งานและได้ปรับปรุงทุกอย่างเข้าที่แล้ว ในการใช้งานในช่วงนี้ทุกอย่างจะเข้าสู่ระบบการใช้และบำรุงรักษาตามมาตราฐานที่กำหนดจนตลอดอายุการใช้งานองค์ประกอบของโครงการก่อสร้างนั้น ในบางงานการซ่อมบำรุงอาจจะจำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญเฉพาะในการดูแลด้วย

2.2 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.2.1 ค่าเทียบเท่าจำนวนเงินเท่ากันรายปี (Equivalent Uniform Annual Worth Cost Method ; EUAW)

รายได้หรือผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการวิศวกรรมจะมีลักษณะทำนองเดียวกับการดำเนินงานธุรกิจอื่นๆ คือรายได้และรายจ่ายจะเปลี่ยนไปทุกปี โดยในช่วงแรกอาจจะไม่มีรายได้หรือรายได้ต่ำ แล้วสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนให้รายได้สม่ำเสมอเกือบเท่ากันทุกปี และจะค่อยๆลดลงในช่วยท้ายของโครงการ ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานจะไม่แน่นอน เช่น ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเครื่องจักรแปรผันตามสภาพและการใช้งานซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอัตราค่าจ้างแรงงานก็เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

2.2.2 ค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิและเงินลงทุนนิรันดร์(Net-Present-Value Comparison and Capitalized-Cost Evaluation)

จะได้ศึกษาการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกทางเลือกที่มากกว่า 1 ทางเลือก โดยใช้วิธีเปรียบเทียบมูลท่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ และการคำนวณหาเงินลงทุนนิรันดร์ ในกรณีที่ทางเลือกนั้นมีอายุการใช้งานไม่จำกัดรวมถึงการนำหลักการคำนวณเงินลงทุนนิรันดร์เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกตั้งแต่ 2 ทางเลือกขึ้นไปอีกด้วยโดยในบทนี้จะประกอบด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้

- การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงงานที่มีอายุเท่ากัน
- การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงงานที่มีอายุต่างกัน
- เงินลงทุนนิรันดร์ (Capitalized cost)
- การเปรียบเทียบโครงการ 2 โครงการที่มีเงินลงทุนนิรันดร์

การตัดสินใจในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์มีความสำคัญมาก วิศวกรหรือผู้บริหารมักต้องมีการตัดสินใจเลือกทางเลือกต่างๆ การเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งอาจมีผลกระทบต่อเนื่องไปถึงในอนาคต โดยทั่วไปทางเลือกที่พบมักจะมีมากกว่า 1 ทางเลือกขึ้นไป การตัดสินใจจะเลือกโครงการใดๆจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคการเลือกทางเลือกโดยใช้วิธีค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ(Net-Present-Value Comparison)

2.2.2.1 การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงงานที่มีอายุเท่ากัน

เทคนิคที่ใช้...เขียน Cash-Flow Diagram ของแต่ละโครงการหรือแต่ละทางเลือกแล้วหา มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ(NPV)ของการลงทุนในแต่ละทางเลือก โดยใช้ Factor ต่างๆขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น

$$P = F (P / F , i\% , n) \quad \text{---(2.1)}$$

$$P = A (P / A , i\% , n) \quad \text{---(2.2)}$$

$$P = G (P / G , i\% , n) \quad \text{---(2.3)}$$

โดย P คือค่าเทียบเท่า ณ ปัจจุบัน

A คือค่าที่เกิดขึ้นเท่าๆกันทุกช่วงเวลา (Period)

F คือค่าที่เกิดขึ้นในอนาคตหรือค่าที่สนใจในอนาคต

G คือค่าที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอทุกช่วงเวลา

i คืออัตราดอกเบี้ยต่อหน่วยเวลา

n คือระยะเวลา (period)

เปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละทางเลือก โดยเลือกทางที่เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นทางเลือกที่เหมาะสม

2.2.2.2 การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงงานที่มีอายุต่างกัน

ในการพิจารณาเปรียบเทียบโครงการ หรือทางเลือกเพื่อการลงทุนที่มีอายุของโครงการไม่เท่ากัน จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบ (study period) เพื่อใช้ในการคำนวณ โดยคำนวณหาตัวคุณร่วมน้อย (ครน.) ของอายุโครงงานหรือทางเลือกที่ต้องการเปรียบเทียบ สาเหตุที่จำเป็นต้องหาระยะเวลาเปรียบเทียบ เนื่องจากในการเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงงานหรือทางเลือกที่มีระยะเวลาของแต่ละโครงงานไม่เท่ากันจะมีผลให้เกิดความลำเอียงไปทางโครงงานที่มีระยะเวลาสั้นกว่านั่นเอง

ดังนั้นในการเปรียบเทียบโครงงานที่มีอายุโครงงานต่างกันจะมีเทคนิคดังนี้

1.สังเกตอายุของโครงงานหรือทางเลือก ถ้ามีอายุโครงงานไม่เท่ากันต้องหาระยะเวลาทำการเปรียบเทียบ (Study Period) โดยคำนวณหาตัวคูณร่วมน้อย (ครน.)ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.เขียน cash-flow diagram ของแต่ละทางเลือก ให้มีการลงทุนเป็นวัฏจักร (Cycle) เท่ากับระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบ

3.หามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละทางเลือก

4.เลือกทางเลือกหรือโครงงานที่มีการลงทุนรวมน้อยที่สุด

2.2.2.3 เงินทุนนิรันดร์

เงินลงทุนนิรันดร์ หมายถึง การลงทุนในโครงการใดๆแล้วมีผลทำให้โครงการนั้นมีอายุตลอดไปเป็นระยะเวลาที่สมมุติว่าไม่มีที่สิ้นสุด เช่น การลงทุนสร้างเขื่อน การลงทุนสร้างทางรถไฟ การลงทุนสร้างถนน เป็นต้น

กรมการจ่ายในรูปแบบการลงทุนนิรันดร์ จะหาได้จากสมการดังนี้

$$P = A(P/A, i\%, n) \qquad \text{---(2.4)}$$

$$P = A[((1+i)^n - 1)/(i(1+i))] \qquad \text{---(2.5)}$$

$$P = A/i \qquad \text{---(2.6)}$$

โดย P คือเงินลงทุนนิรันดร์

A คือรายรับรายจ่ายที่เกิดขึ้นทุกช่วงเวลา (Period)

i คืออัตราดอกเบี้ย

2.2.2.4 การเปรียบเทียบโครงการ 2 โครงการที่มีเงินลงทุนนิรันดร์

จากที่ได้กล่าวในหัวข้อ 2.2.1.2 ว่าโครงการที่มีอายุโครงการไม่เท่ากันจำเป็นจะต้องหาระยะเวลาเพื่อทำการเปรียบเทียบ ในกรณีที่โครงงานใดโครงงานหนึ่งหรือทั้งสองโครงงานมีอายุโครงการเป็นนิรันดร์ ระยะเวลาที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือเวลาเป็นนิรันดร์ โดยหาค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิที่ระยะเวลานิรันดร์ของโครงการแต่ละโครงการ หรือทางเลือกแต่ละทางเลือกที่ถูกเสนอ แล้วตัดสินใจเลือกทางเลือกหรือโครงงานที่มีเงินลงทุนสุทธิต่ำที่สุด

2.2.3 ค่าเทียบเท่ารายปีสุทธิ

จะได้ศึกษาการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกทางเลือกที่มากกว่า 1 ทางเลือก เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 2.2.1 แต่ใช้วิธีเปรียบเทียบมูลค่าเทียบเท่ารายปีสุทธิ (EUAW) รวมถึงการนำหลักคำนวณเงินลงทุนนิรันดร์เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกตั้งแต่ 2 ทางเลือกขึ้นไป โดยใช้ค่า EUAW เป็นตัวเปรียบเทียบโดยในเรื่องนี้จะประกอบด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้

2.2.3.1 การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่ารายปีของโครงการที่มีอายุจำกัด

1. เขียนแผนผังกระแสเงินสดของแต่ล่ะโครงงานหรือทางเลือกจากโจทย์ที่กำหนด

2. หาค่าเทียบเท่ารายปี (EUAW) ของแต่ละโครงงานหรือทางเลือก

3. เลือกทางเลือกที่เหมาะสม โดยทางเลือกที่มีมูลค่าเทียบเท่ารายปีสุทธิที่เป็นค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดหรือรายรับมากที่สุด จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

2.2.3,2 การเปรียบเทียบค่าเทียบเท่ารายปีสุทธิของโครงการที่มีอายุการใช้งานไม่จำกัด

โครงการที่มีอายุโครงการเป็นนิรันดร์ หรือไม่จำกัดอายุการใช้งานสามารถหามูลค่าเทียบเท่ารายปีสุทธิ ได้จากสูตร

$$A = P\,i \qquad \text{ส่วนกลับของสมการ(2.6)}$$

โดยที่ A = EUAW = มูลค่าเทียบเท่ารายปี

P = ค่าเริ่มต้น ณ ปัจจุบัน

i = อัตราดอกเบี้ยต่อหน่วยเวลา

2.2.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่ม (Incremental Rate of Return)

เรื่องนี้จะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกตั้งแต่ 2 ทางเลือกขึ้นไป โดยใช้หลักของการหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำของการลงทุน (MARR) โดยมีเนื้อหาต่างๆดังหัวข้อต่อไปนี้

2.2.4.1 ความจำเป็นของการพิจารณาการลงทุนเพิ่ม

ในการตัดสินใจเลือกลงทุนสำหรับการลงทุนต่างๆตั้งแต่สองทางเลือกขึ้นไป ถ้าผู้ตัดสินสามารถเลือกการลงทุนได้อย่างอิสระ เช่น การลงทุนซื้อหุ้น นักเล่นหุ้นอาจจะซื้อหุ้นทุกตัวที่มีอัตราผลตอบแทนอย่างน้อย 20% ต่อปีลักษณะการตัดสินใจเลือกทางเลือกนี้ เรียกว่า "Independent alternative" คือเป็นทางเลือกที่สามารถเลือกได้โดยเสรี อาจตัดสินใจเลือกได้มากกว่า 1 ทางเลือกโดยปกติมักมีค่าใดค่าหนึ่งเป็นเกณฑ์ช่วยในการตัดสินใจ เช่น อัตราผลตอบแทน เงินลงทุน เป็นต้น

ทางเลือกอีกลักษณะหนึ่ง คือ เป็นทางเลือกที่ต้องเลือกทางเลือกที่เหมาะสมเพียงทางเดียวเท่านั้น เรียกว่าเป็น "Mutually exclusive alternative" ทางเลือกลักษณะนี้ นิยมใช้วิธีข้อมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปีเป็นหลักในการพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสม

2.2.4.2 การหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่ม กรณี 2 ทางเลือก

ในการเปรียบเทียบทางเลือก 2 ทางเลือก ทำโดยการวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่มของทั้งสองทางเลือกแล้วเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่สนใจ (MARR) มีหลักในการคำนวณ 2 วิธี คือ การคำนวณโดยใช้หลักของมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (PW) และ หลักของมูลค่าเทียบเท่ารายปี (EUAW)

2.2.4.3 การหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่ม กรณี 2 ทางเลือกขึ้นไป

การวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่มสองทางเลือกขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบสองทางเลือก คือ หาค่า i^*_{B-A} แล้วเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่สนใจ (MARR) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. เรียงลำดับโครงการ โดยพิจารณาจากเงินลงทุนเริ่มต้นจากน้อยไปมาก

2. พิจารณาโครงการแรก คือโครงการที่มีการลงทุนเริ่มต้นน้อยที่สุด หาค่า i* ของโครงการ จากสมการ

$$0 = P_{\text{รายรับ}} - P_{\text{รายจ่าย}} \quad \text{---(2.7)}$$

หรือ $$0 = EUAW_{\text{รายรับ}} - EUAW_{\text{รายจ่าย}} \quad \text{---(2.8)}$$

3. เปรียบเทียบค่า i* ที่ได้กับ MARR

ถ้า i* < MARR ตัดโครงการนี้ทิ้ง นำโครงการที่มีการลงทุนสูงกว่าถัดไป มาหาค่า i* ตามขั้นตอนที่ 2 และ3 ไปเรื่อยๆจนได้โครงการที่มี i* > MARR

ถ้า i* > MARR เลือกโครงการนี้

4. นำโครงการนี้ที่มีการลงทุนสูงกว่าถัดไป มาเปรียบเทียบกับโครงการที่เลือกไว้ หากกระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flow) ของสองทางเลือก

5. หาอัตราผลตอบแทนของส่วนที่ลงทุนเพิ่ม i^*_{B-A} จากสมการ

$$0 = P_{\text{รายรับ}} - P_{\text{รายจ่าย}}$$

หรือ $$0 = EUAW_B - EUAW_A$$

6. เปรียบเทียบ i^*_{B-A} ที่ได้กับค่า MARR

ถ้า i^*_{B-A} < MARR ควรเลือกทางเลือกที่มีเงินลงทุนน้อยกว่า (A)

ถ้า i^*_{B-A} > MARR ควรเลือกทางเลือกที่มีเงินลงทุนมากกว่า (B)

7. ทำซ้ำในขั้นที่ 4 ถึง 6 ไปเรื่อยๆจนหมดโครงการที่พิจารณา โครงการที่เหลือโครงการสุดท้าย จะเป็นโครงการที่เหมาะสมที่สุด

2.2.5 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit cost ratio)

ในโครงการสาธารณประโยชน์ เช่น การสร้างถนน เขื่อน หรือ โครงการของรัฐบาล ซึ่งเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่มีเงินลงทุนสูง มีอายุใช้งานนาน และไม่สามารถคิดรายได้ของโครงการออกมาเป็นตัวเลขได้ ทำให้มีความยุ่งยากในการประเมินโครงการ เทคนิคที่นิยมใช้สำหรับการลงทุนในโครงการของรัฐบาล คือ การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อการลงทุน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผมประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการเทียบ กับเงินลงทุนของโครงการนั้น และจะยอมรับโครงการนั้นถ้าอัตราส่วนที่ได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากัน 1 ซึ่งมีหัวข้อต่างๆดังนี้

2.2.5.1 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของ 1 โครงการ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าการวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนนี้ เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กับโครงการของรัฐบาล หรือ มูลนิธิ ซึ่งเป็นโครงการสาธารณประโยชน์ที่ไม่หวังผลกำไร เช่นการสร้างถนน โครงการรถไฟฟ้า รถใต้ดิน การสร้างเขื่อน หรือการวิจัยต่างๆเป็นต้น การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน มีขั้นตอนโดยสรุปได้ดังนี้

1. คำนวณค่าผลประโยชน์ ความเสียหาย และเงินลงทุนของโครงการ โดยหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (PW) หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปี (EUAW) ค่าใดค่าหนึ่ง

2. คำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนจากสมการ

$$B / C = \text{Benefit - Disbenefit / Costs}$$

$$B / C = \text{ผลประโยชน์สุทธิ / เงินลงทุนรวม} \qquad \text{---(2.9)}$$

2.2.5.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของ 2 โครงการ

การเปรียบเทียบทางเลือกสองทางเลือก โดยใช้วิธีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนนี้ ใช้หลักการเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบทางเลือกโดยการหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเพิ่มใน 2.2.3 กล่าวคือ ต้องทำการพิจารณาเปรียบเทียบในส่วนเพิ่มของการลงทุน ซึ่งมีขั้นตอนการเปรียบเทียบดังนี้

1. หาผลประโยชน์สุทธิของแต่ละทางเลือก จากผลประโยชน์ที่ได้รับลบด้วยความเสียหายที่เกิดจากทางเลือกนั้น

2. หาเงินลงทุนสุทธิของแต่ละทางเลือก โดยใช้มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปีก็ได้ แต่ต้องสัมพันธ์กับผลประโยชน์ที่ได้ในข้อ 1.

3. หาส่วนเพิ่มของผลประโยชน์สุทธิ และ เงินลงทุนสุทธิของทั้งสองทางเลือก

2.2.5.3 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของ 2 โครงการขึ้นไป

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน กรณีของ 2 ทางเลือกขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบสองทางเลือก

2.3 ภาระการทำความเย็น (Cooling Load)

ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) คือพลังงานความร้อนที่จำเป็นต้องดึงออกจากพื้นที่ปรับอากาศเพื่อที่จะรักษาสภาวะความสบายทางความร้อน (Thermal Comfort Conditions) ซึ่งก็คือภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศนั่นเอง การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นก็คือ การหาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Load) เพื่อใช้สำหรับการกำหนดขนาดเครื่องปรับอากาศที่ต้องการ

ความร้อนส่วนใหญ่มาจากแสงอาทิตย์ จะถูกหน่วงโดยโครงสร้างก่อนถ่ายเทเข้าภายในห้อง ซึ่งความร้อนที่เข้าสู่ห้องเรียก **Heat Gain** โดยยังถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. **Heat Gain** ทำให้อากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศอุณหภูมิสูงขึ้นในทันที ซึ่งจะเป็นภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ส่วนหนึ่ง

2. **Heat Gain** ที่เข้าสู่ห้องจะถูกวัสดุซึ่งเป็นส่วนประกอบของพื้นที่กรทำความเย็น (หลังคา ผนัง กระจก อุปกรณ์ เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ) ดูดซึมไว้ แล้วจึงคายออกมาเป็นภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) อีกส่วนหนึ่ง ซึ่ง Cooling Load ทั้งหมดจะถูกกำจัดที่ Cooling Coil ของเครื่องปรับอากาศ

Cooling Load หากแยกออกตามขบวนการในการปรับอาคารเป็น Room Cooling Load หรือ Room Total Heat (RTH) กับ Ventilation Cooling Load หรือ Outside Air Total Heat (OATH) ซึ่งผลรวมก็คือ ภาระการทำความเย็นที่ Cooling Coil หรือ GTH นั่นเอง ดังนั้น Cooling Load จะมาจากส่วนหลักต่างๆ ดังนี้

Room Cooling Load or Room Total Heat

- ผ่านผนัง	- ผ่านกระจก
- ผ่านหลังคา	- ผนังภายใน ฝ้าเพดาน และพื้น(ด้านในอาคาร)
- จากแสงไฟ	- จากคน
- จากอุปกรณ์และเครื่องมือ	- จากการรั่วซึมของอากาศ

* จะหาในส่วนของ Cooling Load ที่มาจาก <u>การผ่านผนัง</u>ภายนอก <u>ผ่านกระจก</u> และ <u>การผ่านผนังภายใน ฝ้าเพดาน และพื้น</u>

2.3.2.1 การคำนวณภาระปรับอากาศ

ก. การหาค่าความร้อนที่ผ่านผนังอาคาร

$$Q_{wall} = U \times A \times CLTD_c \qquad \text{---- (2.10)}$$

ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากผนังเกิดจากความร้อนที่รังสีอาทิตย์กระทำผ่านผนัง ทำให้อุณหภูมิบริเวณผิวผนังของอาคารจะสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้ คือ

เมื่อ Q_{wall} คือ ค่าความร้อนที่ผ่านผนังอาคาร, Btu/hr

U คือ ค่า ส.ป.ส การถ่ายเทความร้อน, Btu/(hr-ft^2-F) ผนวก จ[table1]

A คือ พื้นที่ผิวของผนัง , ft^2

$CLTD_C$ คือ แตกต่างของอุณหภูมิภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น (Cooling Load Temperature Differential), °F

ค่า $CLTD_C$ คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น ซึ่งได้รวมอิทธิพลการอมความร้อนของส่วนประกอบของผนังอาคาร และกระจก ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้ คือ

$$CLTD_C = CLTD_{Table} + (78 - t_r) + (t_a - 85) \qquad \text{---- (2.11)}$$

เมื่อ $CLTD_{Table}$ คือ ค่าที่ได้จาก Table ของผนังและกระจก, °F ผนวก จ[table 2]

t_r คือ ค่าอุณหภูมิที่ออกแบบจริงภายในห้อง, °F

t_a คือ ค่า t_o-(DR/2) หรืออุณหภูมิออกแบบเฉลี่ยภายนอก, °F

t_o คือ ค่าอุณหภูมิออกแบบภายนอก, °F กำหนดให้ใช้ 95°F

DR คือ ค่าช่วงอุณหภูมิในแต่ละวันกำหนดให้มีค่า 16.7 , °F ผนวก จ[table 4]

เมื่อได้ค่า ส.ป.ส การถ่ายเทความร้อนรวมของโครงสร้างผนังอาคารจาก ผนวก จ ตาราง Table 1 แล้ว ก็มาหาค่า $CLTD_C$ แต่จะหาค่า $CLTD_C$ ได้จะต้องรู้ค่า $CLTD_{Table}$ เสียก่อน $CLTD_{Table}$ ได้จาก ผนวก จ ตาราง Table 2 จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการหาค่า $CLTD_C$

ข. การถ่ายเทความร้อนผ่านกระจก

$$Q_{glass} = U_{glass} \times A_{glass} \times CLTD_C + A_{glass} \times SC \times SHGF \times CLF \quad \text{--- (2.12)}$$

โดยค่า ส.ป.ส การถ่ายเทความร้อนของกระจกก็สามารถหาได้จากมาตรฐานของกระจกนั้นได้จาก ผนวก จ ตาราง Table 6 ส่วนค่า $CLTD_{Table}$ สามรถหาได้จาก ผนวก จ ตาราง Table 7 และแทนค่าในสมการหาค่า $CLTD_C$ แล้วจึงแทนค่าหาค่า Q_{glass}

เมื่อ $CLTD_{Table}$ คือ ค่าที่ได้จาก Table ของผนังและ กระจก, °F

LM คือ Latitude – month correction, ^{0}F กำหนดให้ใช้[LM = 0]

SC คือ Shading coefficients (สัมประสิทธิ์การบังแสง) ผนวก จ [table 9]

SHGF คือ Maximum solar heat gain factor (แฟคเตอร์ความร้อนสูงสุดที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อผิวโลกซึ่งสัมพันธ์และแปรผันกับ ตำแหน่งองศาละติจูด ทิศทางของกระจกกับดวงอาทิตย์ และเดือนที่ใช้ในการพิจารณา) ผนวก จ [table 8]

CLF คือ Cooling load factor (แฟคเตอร์ภาระความเย็นสำหรับกระจก คือ ค่าตัวแปร ซึ่งสัมพันธ์และ แปรผันกับทิศทางของกระจกและดวงอาทิตย์ และ เวลาที่ใช้ในการพิจารณาแผ่รังสีของดวงอาทิตย์) ผนวก จ [table 10]

ค. ความร้อนผ่านผนังภายใน

$$Q = U \times A \times \Delta T \qquad \text{---(2.13)}$$

เมื่อ Q_{wall} คือ ค่าความร้อนที่ผ่านผนังอาคาร, Btu/hr

U คือ ค่า ส.ป.ส การถ่ายเทความร้อน, Btu/(hr-ft^2-F)

A คือ พื้นที่ผิวของผนัง , ft^2

ΔT คือ อุณหภูมิแตกต่างระหว่างภายในและภายนอกห้อง, ^0F ท่าไม่ทราบค่าให้ใช้ 5^0F

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุน

อาคารเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาตั้งอยู่หลังอาคารคณะแพทยศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ประกอบด้วยอาคารเรียนรวมและอาคาร โรงละคร นอกจากนี้ยังมีสำนักงานกองบริการการศึกษาและสำนักงานไปรษณีย์ตั้งอยู่ชั้นล่างของอาคารเรียนรวมอีกด้วย

3.2 ข้อมูลต้นทุนโครงการที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลโครงการที่เกี่ยวข้องเป็นข้อมูลที่ใช้ในการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ เช่น ข้อมูลราคาก่อสร้างเริ่มแรก , ค่าไฟ และค่าซ่อมบำรุงต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

ข้อมูลเหล่านี้ได้จาก

1. ศึกษาข้อมูลปริมาณงานก่อสร้างจากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา(Bill of Quantities / B.O.Q.)

2. ศึกษาและรวบรวมอัตราค่าไฟฟ้าจากรายการการใช้ไฟฟ้าของอาคาร

3.3 แนวทางการลดต้นทุน

3.3.1 ปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานโดยปรับภาระการทำความเย็นให้ลดลง โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1.ทำการสำรวจอาคารกรณีศึกษา เพื่อเลือกห้องตัวอย่างในการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยได้เลือกห้องเรียนตัวอย่างมา 8 ห้อง เป็น 8 กลุ่มตัวอย่าง

2.ทำการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของห้องตัวอย่างทั้ง 8 ห้อง โดยใช้สมการ การหาค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load Calculation) [ค่า Q (BTU / hr)] (สมการในบทที่ 2.3)

3.ทำการเลือกปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคาร 1 ชนิด เพื่อนำมาคำนวณหาภาระการทำความเย็นของห้องเรียน

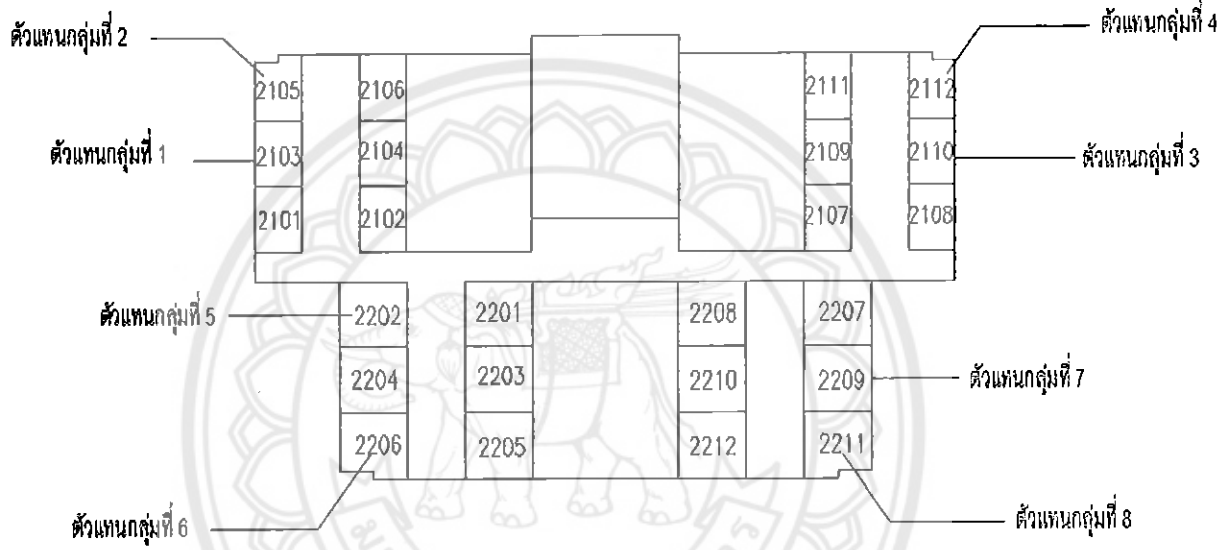
4. คำนวณค่าภาระการทำความเย็นใหม่ (สมการในบทที่ 2.3)ของห้องตัวอย่างที่เปลี่ยนเปลือกอาคาร 1 ชนิด

5. เปรียบเทียบค่าการทำความเย็นของห้องเดิมกับ ห้องที่เปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคาร 1 ชนิด ว่าผลเป็นอย่างไร

6. เลือกวัสดุเปลือกอาคารใหม่เพื่อให้มีตัวเลือกวัสดุเปลือกอาคารหลายๆ ตัวเลือก แล้วนำค่าภาระการทำความเย็นของวัสดุเปลือกอาคารใหม่ นั้นๆ มาเปรียบเทียบกับภาระการทำความเย็นเดิมทุกๆ ตัวเลือก

7. เปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารเพิ่มเป็น 2 ชนิด ใน 1 ตัวอย่าง แล้วทำการคำนวณภาระการทำความเย็น(สมการในบทที่ 2.3)

8. เปรียบเทียบและบันทึกผล



รูป 3.1 แสดงห้องตัวอย่างในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอาคารเรียนรวม QS ชั้น2

กลุ่มที่ 1 คือห้อง 2103	กลุ่มที่ 2 คือห้อง 2105
กลุ่มที่ 3 คือห้อง 2110	กลุ่มที่ 4 คือห้อง 2112
กลุ่มที่ 5 คือห้อง 2202	กลุ่มที่ 6 คือห้อง 2206
กลุ่มที่ 7 คือห้อง 2209	กลุ่มที่ 8 คือห้อง 2211

ซึ่ง การเลือกกลุ่มห้องทั้ง 8 ห้องมานี้ เป็นการเลือกเนื่องจากในหนึ่งชั้นมีกรณีห้องที่แตกต่างกัน 8 แบบ และเหมือนกันทั้ง 3 ชั้น คือ ชั้น 2,3 และ 4 จึงทำการรวมค่าทั้งหมด 3 ชั้นได้ตามแบบห้องที่กำหนดไว้ทั้ง 8 แบบ

3.4 ทำการวิเคราะห์ต้นทุนอาคารปรับปรุง

วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบวัสดุที่เปลี่ยนใหม่กับอาคารกรณีศึกษาว่าค่าภาระการทำความเย็นลดลงเท่าไร โดยเทียบเป็นสัดส่วนกับค่าไฟฟ้าที่ลดลงไป

3.5 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์

ประเมินผลในทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เปรียบเทียบในแต่ละปีกับพลังงานที่ลดลงไป และวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)

3.6 สรุปผล

ประเมินแนวทางในการปรับปรุงอาคารทุกๆแนวทางแล้ว ทำการสรุปผลแนวทางที่เหมาะสมในด้านต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารเพื่อการลดต้นทุน พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการไปใช้ได้จริง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนโครงการ อาคารเรียนรวม(QS) มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก พบว่าอาคารกรณีศึกษา มีต้นทุนค่าก่อสร้างหรือต้นทุนแรกเริ่ม 200,775,634 บาท มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปีประมาณ 5,514,528 บาท ส่วนมากมาจากระบบปรับอากาศ จึงได้ทำการวิเคราะห์ปรับปรุงอาคารเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายลงในระบบปรับอากาศลง โดยทำการเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารชั้น 2-4 ของอาคารกรณีศึกษาแล้ววิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนไป โดยมีทางเลือกดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าลงทุนการก่อสร้าง

ทางเลือก	เปลือกอาคาร	วัสดุ	ค่าลงทุนก่อสร้าง (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	ผนัง	อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	200,775,634
	กระจก	กระจกใส	
ทางเลือกที่ 1	ผนัง	อิฐมอญครึ่งแผ่น + ฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว	203,544,085
	กระจก	กระจกสีชาดำ	
ทางเลือกที่ 2	ผนัง	อิฐมอญครึ่งแผ่น + ฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว	203,635,114
	กระจก	กระจกสีชาดำ	
ทางเลือกที่ 3	ผนัง	อิฐมอญครึ่งแผ่น + ฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว	206,711,701
	กระจก	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	
ทางเลือกที่ 4	ผนัง	อิฐมอญครึ่งแผ่น + ฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว	206,802,731
	กระจก	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	
ทางเลือกที่ 5	ผนัง	อิฐมวลเบา	205,057,307
	กระจก	กระจกสีชาดำ	

นำข้อมูลทางเลือกที่ได้ทั้ง 5 กรณีมาวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนไปในแต่ละทางเลือกโดยนำมาเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา

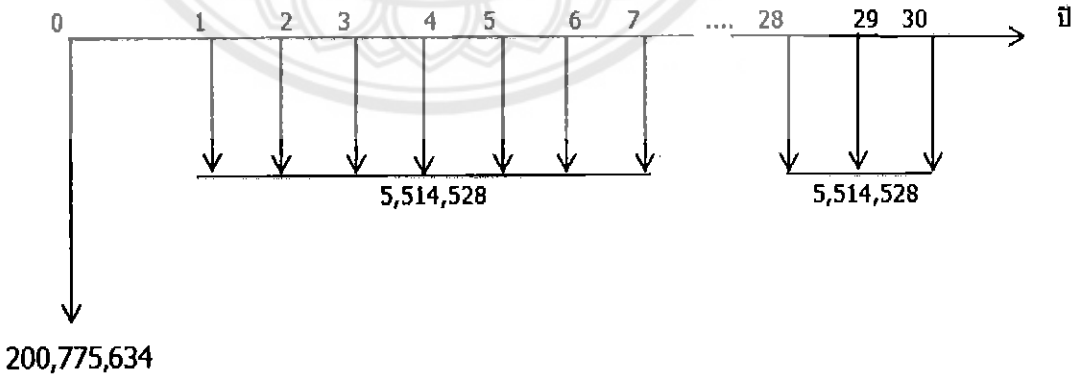
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	ค่าไฟฟ้าลดลง (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	488,455
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	580,469
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	1,030,715
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	1,122,729
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,473	842,055

ทำการเขียน Cash Flow ในแต่ละทางเลือก

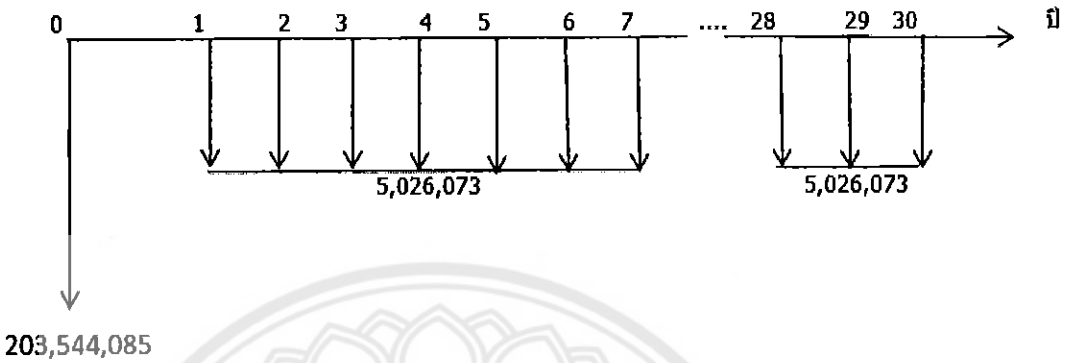
1. อาคารกรณีศึกษา มีเงินลงทุนก่อสร้าง 200,775,634 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 5,514,528 บาท



รูปที่ 4.1 แสดง Cash Flow อาคารกรณีศึกษา

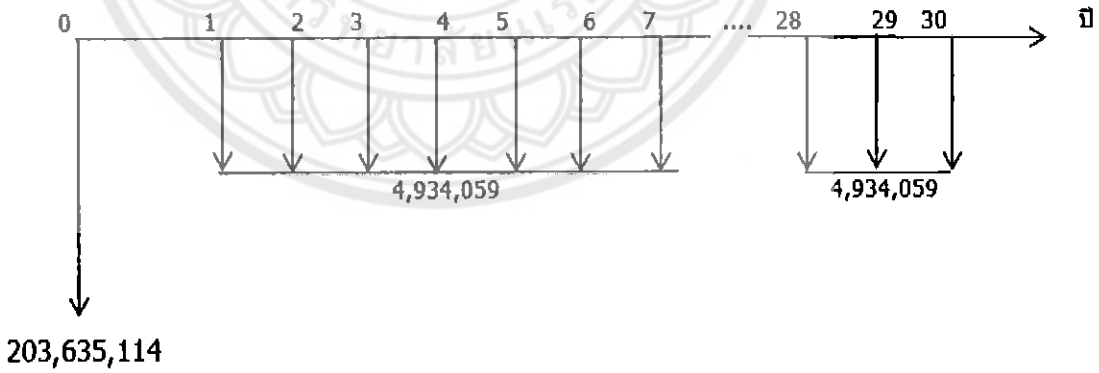
/65/1781
ฝร.
ธ39817
2553

2. ทางเลือกที่ 1 มีเงินลงทุนก่อสร้าง 203,544,085 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 5,026,073 บาท



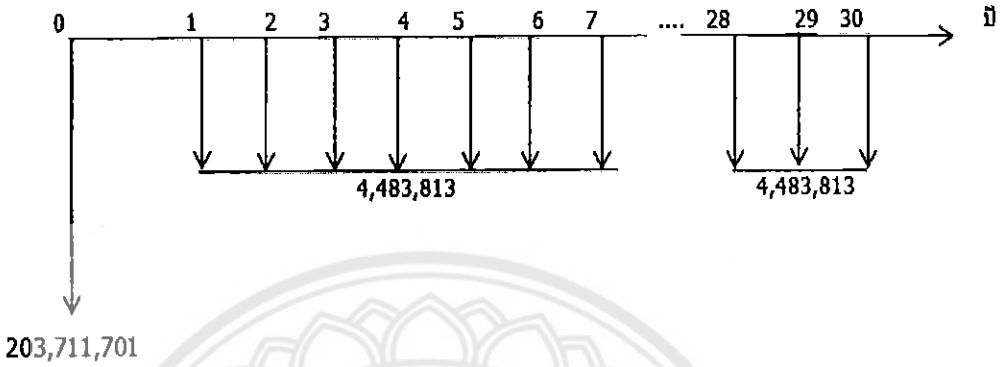
รูปที่ 4.2 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 1

3. ทางเลือกที่ 2 มีเงินลงทุนก่อสร้าง 203,635,114 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 4,934,059 บาท



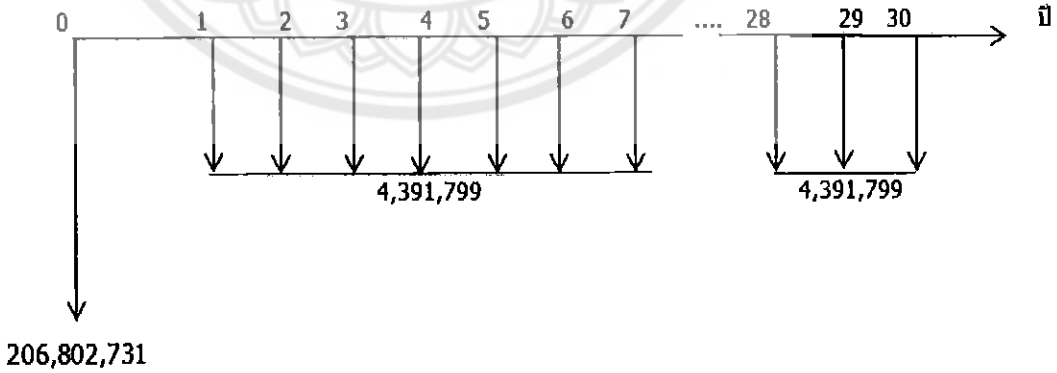
รูปที่ 4.3 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 2

4. ทางเลือกที่ 3 มีเงินลงทุนก่อสร้าง 203,711,701 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 4,483,813 บาท



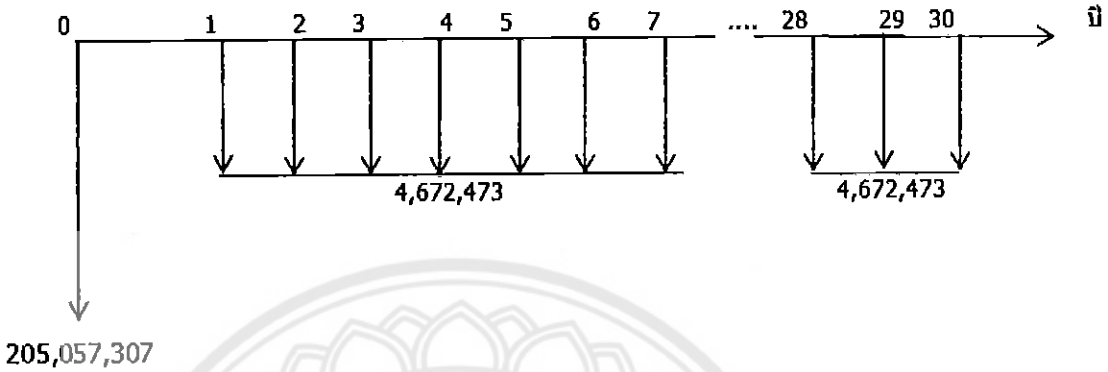
รูปที่ 4.4 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 3

5. ทางเลือกที่ 4 มีเงินลงทุนก่อสร้าง 206,802,731 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 4,391,799 บาท



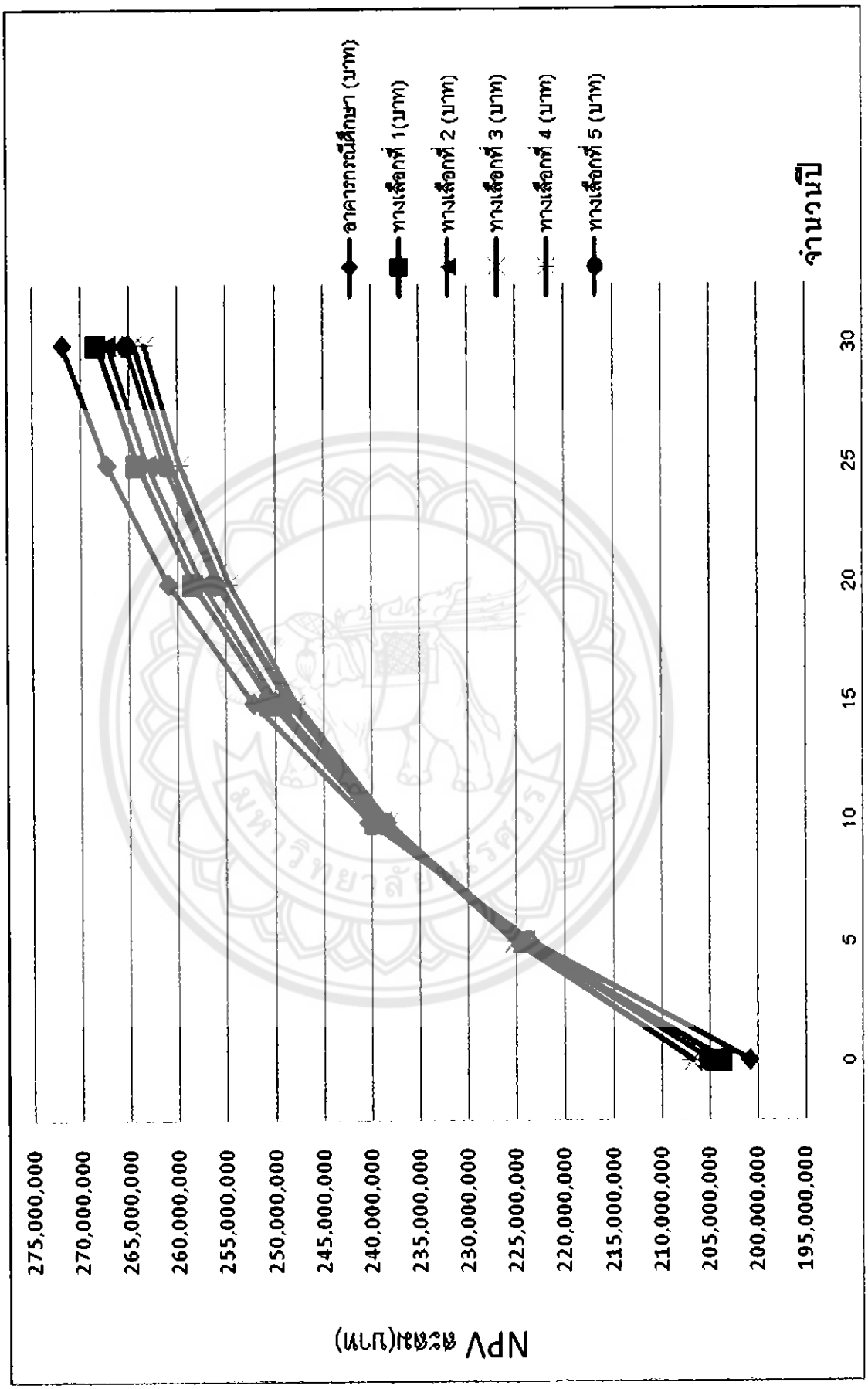
รูปที่ 4.5 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 4

6. ทางเลือกที่ 5 มีเงินลงทุนก่อสร้าง 205,057,307 บาท มีค่าไฟฟ้ารายปีอยู่ที่ 4,672,473 บาท



รูปที่ 4.6 แสดง Cash Flow ทางเลือกที่ 5

ทำการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่เวลาต่างๆเพื่อหาระยะเวลาการคุ้มทุนของอาคารทางเลือกต่างๆเมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา (กำหนดให้ I = 6.25% อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ธนาคารกรุงเทพ) (รายการคำนวณดูที่ภาคผนวก ข-2)



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟ NPV สะสมในแต่ละทางเลือก

ตารางที่ 4.3 แสดงระยะเวลาคืนทุนของแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	ค่าก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	NPV สะสม 30 ปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	271,864,496	
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	268,336,177	7.33
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	267,241,036	6.15
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	264,513,414	7.49
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	263,418,273	6.85
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,473	265,294,533	6.4

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

การวิเคราะห์ต้นทุนโครงการด้วยหลักการ LIFE CYCLE เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานเพื่อให้เกิดการตัดสินใจในการลงทุนเพื่อปรับลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานอาคาร โดยการวิจัยนี้ได้เสนอทางเลือก 5 ทางเลือกเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานของอาคารกรณีศึกษา โดยสรุปได้ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 ทำการเสริมฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว + กระจกสีชาดำ มีต้นทุนก่อสร้าง 203,544,085 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 488,455 บาทต่อปี คิดเป็น 8.86% เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีมูลค่าสะสม 30 ปี อยู่ที่ 268,336,177 บาท ระยะเวลาคืนทุน 7.33 ปี

ทางเลือกที่ 2 ทำการเสริมฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว + กระจกสีชาดำ มีต้นทุนก่อสร้าง 203,635,114 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 580,469 บาทต่อปี คิดเป็น 10.53% เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีมูลค่าสะสม 30 ปี อยู่ที่ 267,241,036 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.15 ปี

ทางเลือกที่ 3 ทำการเสริมฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง มีต้นทุนก่อสร้าง 206,711,701 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 1,030,715 บาทต่อปี คิดเป็น 18.69% เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีมูลค่าสะสม 30 ปี อยู่ที่ 264,513,414 บาท ระยะเวลาคืนทุน 7.49 ปี

ทางเลือกที่ 4 ทำการเสริมฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง มีต้นทุนก่อสร้าง 206,802,731บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 1,122,729 บาทต่อปี คิดเป็น 20.36% เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีมูลค่าสะสม 30 ปี อยู่ที่ 263,418,273 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.85 ปี

ทางเลือกที่ 5 ผนังอิฐมวลเบา + กระจกสีชาดำ มีต้นทุนก่อสร้าง 205,057,307บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 842,055 บาทต่อปี คิดเป็น 15.27% เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา มีมูลค่าสะสม 30 ปี อยู่ที่ 265,294,533 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.4 ปี

สรุป ทางเลือกที่คืนทุนเร็วที่สุด คือ ทางเลือกที่ 2 มีระยะเวลาการคืนทุน 6.15 ปี แต่เมื่อดูมูลค่าสะสม 30 ปีพบว่าทางเลือกที่ 4 มีมูลค่าสะสมน้อยที่สุด คือ 263,418,273 บาท ทางเลือกที่น่าลงทุนที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 เพราะมีมูลค่าสะสม 30 ปีน้อยที่สุดและมีระยะเวลาการคืนทุน 6.85 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับทางเลือกที่ 2 ซึ่งมีระยะเวลาการคืนทุนน้อยที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลงานวิจัยที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร และการปรับปรุงอาคารเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน แต่ผลวิจัยนี้ยังมีขอบเขตที่ไม่กว้างนัก เพราะขาดข้อมูลหลายอย่างในทำการวิจัยและเวลาการทำวิจัยไม่เอื้ออำนวยให้สามารถทำได้มากกว่านี้ ถ้าจะนำข้อมูลนี้ไปใช้ควรศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมนอกเหนือจากหนังสือเล่มนี้

เอกสารอ้างอิง

วิสูตร จิระดำเกิง. (2548). **การจัดการงานก่อสร้าง. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต**

เพียงจันทร์ จริงจิตร (2539). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต

สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา. (2543). กลยุทธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสถานศึกษา. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ **คณะสถาปัตยกรรม** ศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

นินนาท ราชประดิษฐ์. ภาระการทำความเย็น. เอกสารประกอบการสอน ภาควิ**ชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิ**ศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

สมหญิง งามพรประเสริฐ.กรอบการวิเคราะห์เสนอแนะสำหรับการวิเคราะห์**ต้นทุนวัฏจักชีวิตของ อาคารที่พักอาศัย.** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ : **มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตย์.** กรุงเทพฯ

กองอาคารและสถานที่.ข้อมูลต้นทุนก่อสร้างและค่าไฟฟ้าอาคารเรียนรวมมหา**วิทยาลัยนเรศวร.กอง** อาคารและสถานที่ : มหาวิยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) เดือน มกราคมปี 2548 อ้างอิงจาก

http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE_PRESENT/tablecsi_month_region.asp?DDMonth=01&DDYear=2548&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7

ภาคผนวก ก

ห้อง 2206

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.585	514.5192	8	-6	0.65	3.95			1188.9252
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1950.9104
SW	E 4-in concrete	นอก	0.585	592.5582	9	4	0.65	11.1			3847.7767
	กระจกใส	นอก	1.030	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	8423.3424
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	18662.537

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	514.5192	8	-6	0.65	3.95			704.4128
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	นอก	0.347	592.5582	9	4	0.65	11.1			2279.7255
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	14107.378

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	514.5192	8	-6	0.65	3.95			352.2064
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	นอก	0.173	592.5582	9	4	0.65	11.1			1139.8627
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	12615.309

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	514.5192	8	-6	0.65	3.95			704.4128
	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1066.7774
SW	E 4-in concrete	นอก	0.347	592.5582	9	4	0.65	11.1			2279.7255
	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	2974.4103
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	10276.908

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	514.5192	8	-6	0.65	3.95			352.2064
	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1066.7774
SW	E 4-in concrete	นอก	0.173	592.5582	9	4	0.65	11.1			1139.8627
	กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	2974.4103
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	8784.8392

ผนังก่ออิฐบล็อก (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.304	514.5192	8	-6	0.65	3.95			617.02172
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	นอก	0.304	592.5582	9	4	0.65	11.1			1996.8974
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	25	-7	0.65	14.35			955.87549
SE	E 4-in concrete	ใน	0.304	481.9581	31	8	0.65	28			731.6124
										SUM(Q)	12173.064

ห้อง 2202

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.585	261.5652	8	-6	0.65	3.95			604.41179
	กระจกใส	นอก	1.030	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3950.5936
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	9513.8456

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	8	-6	0.65	3.95			358.10107
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	8770.997

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	8	-6	0.65	3.95			179.05053
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304

SUM(Q) **8591.9464**

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	8	-6	0.65	3.95			358.10107
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	2160.2243
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304

SUM(Q) **7477.1656**

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	8	-6	0.65	3.95			179.05053
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	2160.2243
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	7298.115

ผนังก่อบล็อก (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.304	261.5652	8	-6	0.65	3.95			313.67422
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	9	4	0.65	11.1			955.87549
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	25	-7	0.65	14.35			955.87549
SE	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	31	8	0.65	28			661.75996
										SUM(Q)	6341.2408

ห้อง 2105

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.585	432.1746	8	-6	0.65	3.95			998.64746
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1950.9104
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	395.8461	9	4	0.65	-84.55			1157.8498
NE	E 4-in concrete	นอก	0.585	395.8461	25	-7	0.65	14.35			3323.029
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	4149.8664
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	12990.031

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	8	-6	0.65	3.95			591.67728
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	395.8461	9	4	0.65	-84.55			1157.8498
NE	E 4-in concrete	นอก	0.347	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1968.8237
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	9982.5562

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	8	-6	0.65	3.95			295.83864
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	395.8461	9	4	0.65	-84.55			1157.8498
NE	E 4-in concrete	นอก	0.173	395.8461	25	-7	0.65	14.35			984.41185
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	8702.3057

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	8	-6	0.65	3.95			591.67728
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1066.7774
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	395.8461	9	4	0.65	-84.55			1157.8498
NE	E 4-in concrete	นอก	0.347	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1968.8237
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	1616.5164
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	7811.3721

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.24

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	8	-6	0.65	3.95			295.83864
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1066.7774
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	395.8461	9	4	0.65	-84.55			1157.8498
NE	E 4-in concrete	นอก	0.173	395.8461	25	-7	0.65	14.35			984.41185
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	1616.5164
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	31	8	0.65	28			1409.7274
										SUM(Q)	6531.1216

ผนังก่ออิฐ (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.304	432.1746	8	-6	0.65	3.95			518.27242
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	30	0.37	1705.7065
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	395.8461	9	4	0.65	-84.55			600.89438
NE	E 4-in concrete	นอก	0.304	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1724.5669
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	ใน	0.304	481.9581	31	8	0.65	28			731.6124
										SUM(Q)	8429.824

ห้อง 2103

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.585	261.5652	8	-6	0.65	3.95			604.41179
	กระจกใส	นอก	1.030	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3950.5936
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	8380.3964

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	8	-6	0.65	3.95			358.10107
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	7637.5478

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	8	-6	0.65	3.95			179.05053
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304

SUM(Q) 7458.4972

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	8	-6	0.65	3.95			358.10107
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	2160.2243
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304

SUM(Q) 6343.7164

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	8	-6	0.65	3.95			179.05053
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	2160.2243
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	31	8	0.65	28			1275.1304
										SUM(Q)	6164.6658

ผนังกอยล็อก (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกสีชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	นอก	0.304	261.5652	8	-6	0.65	3.95			313.67422
	กระจกสีชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	30	0.37	3454.0557
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	9	4	0.65	11.1			661.75996
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	25	-7	0.65	14.35			661.75996
SE	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	31	8	0.65	28			661.75996
										SUM(Q)	5753.0097

ห้อง 2211

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	8	-6	0.65	3.95			1409.7274
SW	E 4-in concrete	นอก	0.585	546.5421	9	4	0.65	11.1			3548.9711
	กระจกใส	นอก	1.030	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	8423.3424
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.585	432.1746	31	8	0.65	28			7079.0199
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	13945.968
										SUM(Q)	36248.883

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	8	-6	0.65	3.95			1409.7274
SW	E 4-in concrete	นอก	0.347	546.5421	9	4	0.65	11.1			2102.6896
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	31	8	0.65	28			4194.1681
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	25291.853

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	8	-6	0.65	3.95			1409.7274
SW	E 4-in concrete	นอก	0.173	546.5421	9	4	0.65	11.1			1051.3448
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	31	8	0.65	28			2097.084
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	22143.425

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	8	-6	0.65	3.95			1409.7274
SW	E 4-in concrete	นอก	0.347	546.5421	9	4	0.65	11.1			2102.6896
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	2974.4103
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	31	8	0.65	28			4194.1681
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	4065.5417
										SUM(Q)	16588.392

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_C(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	481.9581	8	-6	0.65	3.95			1409.7274
SW	E 4-in concrete	นอก	0.173	546.5421	9	4	0.65	11.1			1051.3448
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	2974.4103
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	31	8	0.65	28			2097.084
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	4065.5417
										SUM(Q)	13439.963

ผนังกอบล็อก (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_C(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.304	481.9581	8	-6	0.65	3.95			731.6124
SW	E 4-in concrete	นอก	0.304	546.5421	9	4	0.65	11.1			1841.825
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	129.168	9	0	1	11.65	241	0.23	6165.9507
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	25	-7	0.65	14.35			955.87549
SE	E 4-in concrete	นอก	0.304	432.1746	31	8	0.65	28			3673.8298
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	22946.556

ห้อง 2209

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.585	261.5652	31	8	0.65	28			4284.438
	กระจกใส	นอก	1.030	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	28240.584
										SUM(Q)	[illegible]

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	31	8	0.65	28			2538.438
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19394.362
										SUM(Q)	26891.64

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	31	8	0.65	28			1269.219
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19394.362
										SUM(Q)	25622.421

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เดิม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	31	8	0.65	28			2538.438
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	8232.7219
										SUM(Q)	15730

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	9	4	0.65	11.1			1841.855
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	629.694	25	-7	0.65	14.35			1841.855
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	31	8	0.65	28			1269.219
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	8232.7219
										SUM(Q)	14460.781

ผนังกอบล็อก (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	8	-6	0.65	3.95			661.75996
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	9	4	0.65	11.1			955.87549
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	629.694	25	-7	0.65	14.35			955.87549
SE	E 4-in concrete	นอก	0.304	261.5652	31	8	0.65	28			2223.5135
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19394.362
										SUM(Q)	24191.386

ห้อง 2110

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	นอก	0.585	261.5652	31	8	0.65	28			4284.438
	กระจกใส	นอก	1.030	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	28240.584
										SUM(Q)	36350.413

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	31	8	0.65	28			2538.438
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19394.362
										SUM(Q)	25758.191

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	31	8	0.65	28			1269.219
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19391.362
										SUM(Q)	24486.972

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	261.5652	31	8	0.65	28			2538.438
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	8232.7219
										SUM(Q)	14596.551

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	25	-7	0.65	14.35			1275.1304
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	261.5652	31	8	0.65	28			1269.219
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	8232.7219
										SUM(Q)	13327.332

ผนังกลวงอิฐ (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่านเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่านเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	8	-6	0.65	3.95			661.75996
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	9	4	0.65	11.1			661.75996
NE	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	25	-7	0.65	14.35			661.75996
SE	E 4-in concrete	นอก	0.304	261.5652	31	8	0.65	28			2223.5135
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	174.3768	9	0	1	11.65	220	0.71	19394.362
										SUM(Q)	23603.155

ห้อง 2112

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกใส)= 0.96

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	นอก	0.585	395.8461	25	-7	0.65	14.35			3323.029
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	4149.8664
SE	E 4-in concrete	นอก	0.585	432.1746	31	8	0.65	28			7079.0199
	กระจกใส	นอก	1.030	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	13945.968
										SUM(Q)	31648.144

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	นอก	0.347	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1968.8237
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	31	8	0.65	28			4194.1681
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	21439.487

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	นอก	0.173	395.8461	25	-7	0.65	14.35			984.41185
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	31	8	0.65	28			2097.084
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	18357.991

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 1-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$(°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	นอก	0.347	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1968.8237
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	1616.5164
SE	E 4-in concrete	นอก	0.347	432.1746	31	8	0.65	28			4194.1681
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	4065.5417
										SUM(Q)	14395.311

ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก/ลบ.ม. หนา 2-in + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(สะท้อนแสงสีเหลือง)= 0.24

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	8	-6	0.65	3.95			1275.1304
SW	E 4-in concrete	ใน	0.585	435.942	9	4	0.65	11.1			1275.1304
NE	E 4-in concrete	นอก	0.173	395.8461	25	-7	0.65	14.35			984.41165
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	1616.5164
SE	E 4-in concrete	นอก	0.173	432.1746	31	8	0.65	28			2097.084
	สะท้อนแสงสีเหลือง	นอก	0.835	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	4065.5417
										SUM(Q)	11313.815

ผนังก่ออิฐมอญ (คอนกรีตมวลเบา) 20 ซม. x 60 ซม. หนา 7.5 ซม. U = 0.3036 + กระจกสีชาดำ

ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านนอก); Q=U*A*CLTDC T_R(°F)= 77 ,SC(กระจกชาดำ)= 0.63

ความร้อนถ่ายเทจากกระจก ; Q=(U*A*CLTDC)+(A*SC*SHGF*CLF) T_O(°F)= 95 ,ΔT(°F)= 5

เติม ความร้อนถ่ายเทจากผนัง(ด้านใน) ; Q=U*A*ΔT T_A(°F)= 86.7 ,DR= 16.7

ทิศ	wall construction group	ด้าน	U (BTU/h-ft2-°F)	A (ft²)	CLTD (°F)	LM (°F)	K	$CLTD_C$ (°F)	SHGF	CLF	Q (BTU/h)
NW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	8	-6	0.65	3.95			661.75996
SW	E 4-in concrete	ใน	0.304	435.942	9	4	0.65	11.1			661.75996
NE	E 4-in concrete	นอก	0.304	395.8461	25	-7	0.65	14.35			1724.5669
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	145	0.26	3148.7714
SE	E 4-in concrete	นอก	0.304	432.1746	31	8	0.65	28			3673.8298
	กระจกชาดำ	นอก	1.100	86.112	9	0	1	11.65	220	0.71	9577.4628
										SUM(Q)	19448.151

ภาคผนวก ข – 1

ภาคผนวก ข-1 แสดงหน่วยไฟฟ้าและราคาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปของห้องตัวอย่าง

รายการปรับปรุง

ฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว + กระจกสีชาดำ

กลุ่ม	จำนวนห้อง	Qเดิม	Qใหม่	เปอร์เซ็นต์ (%)	หน่วยไฟฟ้าเดิม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าเดิมรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่รวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กลุ่มที่ 1	15	8,380.40	7,637.55	91.14	7,175.52	6,539.47	107,632.80	98,092.08
กลุ่มที่ 2	3	12,990.03	9,982.55	76.85	7,175.52	5,514.23	21,526.56	16,542.68
กลุ่มที่ 3	15	36,350.41	25,758.19	70.86	7,175.52	5,084.63	107,632.80	76,269.46
กลุ่มที่ 4	3	31,048.14	21,439.49	69.05	7,175.52	4,954.87	21,526.56	14,864.61
กลุ่มที่ 5	15	9,513.85	8,771.00	92.19	11,172.48	10,300.12	167,587.20	154,501.84
กลุ่มที่ 6	3	18,662.54	14,107.38	75.59	11,172.48	8,445.50	33,517.44	25,336.49
กลุ่มที่ 7	15	37,483.86	26,891.64	71.74	11,172.48	8,015.35	167,587.20	120,230.27
กลุ่มที่ 8	3	36,248.88	25,291.85	69.77	11,172.48	7,795.35	33,517.44	23,386.05
						รวม	660,528.00	529,223.49
							ลดลง	131,304.51

พลังงานไฟฟ้ารายปี = 1,482,400.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 131,304.51 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าคงเหลือ = 1,351,095.49 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท

ค่าไฟฟ้ารายปี = 5,514,528.00 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 488,452.79 บาท

ค่าไฟฟ้าคงเหลือ = 5,026,075.21 บาท

รายการปรับปรุง

ฉนวนใยแก้ 2 นิ้ว + กระจกสีชาดำ

กลุ่ม	จำนวนห้อง	Qเดิม	Qใหม่	เปอร์เซ็นต์ (%)	หน่วยไฟฟ้าเดิม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าเดิมรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่รวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กลุ่มที่ 1	15	8,380.40	7,458.50	89.00	7,175.52	6,386.16	107,632.80	95,792.47
กลุ่มที่ 2	3	12,990.03	8,702.31	66.99	7,175.52	4,807.04	21,526.56	14,421.12
กลุ่มที่ 3	15	36,350.41	24,488.97	67.37	7,175.52	4,834.09	107,632.80	72,511.33
กลุ่มที่ 4	3	31,048.14	18,357.99	59.13	7,175.52	4,242.71	21,526.56	12,728.12
กลุ่มที่ 5	15	9,513.85	8,591.95	90.31	11,172.48	10,089.86	167,587.20	151,347.86
กลุ่มที่ 6	3	18,662.54	12,615.31	67.60	11,172.48	7,552.26	33,517.44	22,656.77
กลุ่มที่ 7	15	37,483.86	25,622.42	68.36	11,172.48	7,637.05	167,587.20	114,555.69
กลุ่มที่ 8	3	36,248.88	22,143.42	61.09	11,172.48	6,824.95	33,517.44	20,474.86
						รวม	660,528.00	504,488.22
						ลดลง		156,039.78

พลังงานไฟฟ้ารายปี = 1,482,400.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 156,039.78 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าคงเหลือ = 1,326,360.22 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท

ค่าไฟฟ้ารายปี = 5,514,528.00 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 580,467.97 บาท

ค่าไฟฟ้าคงเหลือ = 4,934,060.03 บาท

รายการปรับปรุง

ฉนวนใยแก้ว 1 นิ้ว + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

กลุ่ม	จำนวนห้อง	Qเดิม	Qใหม่	เปอร์เซ็นต์ (%)	หน่วยไฟฟ้าเดิม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าเดิมรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่รวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กลุ่มที่ 1	15	8,380.40	6,343.72	75.70	7,175.52	5,431.66	107,632.80	81,474.91
กลุ่มที่ 2	3	12,990.03	7,811.37	60.13	7,175.52	4,314.90	21,526.56	12,944.69
กลุ่มที่ 3	15	36,350.41	14,596.55	40.16	7,175.52	2,881.34	107,632.80	43,220.08
กลุ่มที่ 4	3	31,048.14	14,395.31	46.36	7,175.52	3,326.89	21,526.56	9,980.68
กลุ่มที่ 5	15	9,513.85	7,477.17	78.59	11,172.48	8,780.73	167,587.20	131,710.93
กลุ่มที่ 6	3	18,662.54	10,276.91	55.07	11,172.48	6,152.36	33,517.44	18,457.07
กลุ่มที่ 7	15	37,483.86	15,730.00	41.96	11,172.48	4,688.50	167,587.20	70,327.51
กลุ่มที่ 8	3	36,248.88	16,588.39	45.76	11,172.48	5,112.81	33,517.44	15,338.42
						รวม	660,528.00	383,454.28
							ลดลง	277,073.72

พลังงานไฟฟ้ารายปี = 1,482,400.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 277,073.72 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าคงเหลือ = 1,205,326.28 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท

ค่าไฟฟ้ารายปี = 5,514,528.00 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 1,030,714.25 บาท

ค่าไฟฟ้าคงเหลือ = 4,483,813.75 บาท

รายการปรับปรุง

ฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว + กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง

กลุ่ม	จำนวนห้อง	Qเดิม	Qใหม่	เปอร์เซ็นต์ (%)	หน่วยไฟฟ้าเดิม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าเดิมรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่รวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กลุ่มที่ 1	15	8,380.40	6,164.67	73.56	7,175.52	5,278.35	107,632.80	79,175.30
กลุ่มที่ 2	3	12,990.03	6,531.12	50.28	7,175.52	3,607.70	21,526.56	10,823.11
กลุ่มที่ 3	15	36,350.41	13,327.33	36.66	7,175.52	2,630.80	107,632.80	39,461.94
กลุ่มที่ 4	3	31,048.14	11,313.81	36.44	7,175.52	2,614.73	21,526.56	7,844.19
กลุ่มที่ 5	15	9,513.85	7,298.12	76.71	11,172.48	8,570.46	167,587.20	128,556.95
กลุ่มที่ 6	3	18,662.54	8,784.84	47.07	11,172.48	5,259.12	33,517.44	15,777.35
กลุ่มที่ 7	15	37,483.86	14,460.78	38.58	11,172.48	4,310.20	167,587.20	64,652.94
กลุ่มที่ 8	3	36,248.88	13,439.96	37.08	11,172.48	4,142.41	33,517.44	12,427.23
						รวม	660,528.00	358,719.00
						ลดลง		301,809.00

พลังงานไฟฟ้ารายปี = 1,482,400.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 301,809.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าคงเหลือ = 1,180,591.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท

ค่าไฟฟ้ารายปี = 5,514,528.00 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 1,122,729.49 บาท

ค่าไฟฟ้าคงเหลือ = 4,391,798.51 บาท

รายการปรับปรุง

อิฐมวลเบา + กระจกสีชาดำ

กลุ่ม	จำนวนห้อง	Qเดิม	Qใหม่	เปอร์เซ็นต์ (%)	หน่วยไฟฟ้าเดิม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าเดิมรวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าใหม่รวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กลุ่มที่ 1	15	8,380.40	5,753.01	68.65	7,175.52	4,925.88	107,632.80	73,888.19
กลุ่มที่ 2	3	12,990.03	8,429.82	64.89	7,175.52	4,656.52	21,526.56	13,969.56
กลุ่มที่ 3	15	36,350.41	23,603.16	64.93	7,175.52	4,659.23	107,632.80	69,888.46
กลุ่มที่ 4	3	31,048.14	19,448.15	62.64	7,175.52	4,494.65	21,526.56	13,483.96
กลุ่มที่ 5	15	9,513.85	6,341.24	66.65	11,172.48	7,446.76	167,587.20	111,701.43
กลุ่มที่ 6	3	18,662.54	12,173.06	65.23	11,172.48	7,287.50	33,517.44	21,862.50
กลุ่มที่ 7	15	37,483.86	24,191.39	64.54	11,172.48	7,210.51	167,587.20	108,157.68
กลุ่มที่ 8	3	36,248.88	22,946.56	63.30	11,172.48	7,072.49	33,517.44	21,217.48
						รวม	660,528.00	434,169.26
						ลดลง		226,358.74

พลังงานไฟฟ้ารายปี = 1,482,400.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 226,358.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าคงเหลือ = 1,256,041.26 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท

ค่าไฟฟ้ารายปี = 5,514,528.00 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 842,054.51 บาท

ค่าไฟฟ้าคงเหลือ = 4,672,473.49 บาท

ภาคผนวก ข – 2

ภาคผนวก ข-2 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 5 ปี

ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 5

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 5 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	4.14169752	223,615,141
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	4.14169752	224,360,559
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	4.14169752	224,070,494
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	4.14169752	225,282,298
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	4.14169752	224,992,234
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	4.14169752	224,410,395

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 10 ปี

ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 10

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 10 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	7.14696518	240,187,774
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	7.14696518	239,465,253
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	7.14696518	238,898,662
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	7.14696518	238,757,356
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	7.14696518	238,190,766
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	7.14696518	238,453,238

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

ภาคผนวก ข-2 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 15 ปี
ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 15

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 15 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	9.32762507	252,213,084
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	9.32762507	250,425,409
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	9.32762507	249,658,166
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	9.32762507	248,535,028
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	9.32762507	247,767,785
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	9.32762507	248,642,902

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 20 ปี
ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 20

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 20 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	10.9099392	260,938,799
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	10.9099392	258,378,236
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	10.9099392	257,465,398
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	10.9099392	255,629,828
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	10.9099392	254,716,991
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	10.9099392	256,036,649

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

ภาคผนวก ข-2 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 25 ปี

ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 25

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 25 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	12.0580862	267,270,288
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	12.0580862	264,148,906
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	12.0580862	263,130,423
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	12.0580862	260,777,905
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	12.0580862	259,759,422
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	12.0580862	261,401,645

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 30 ปี

ดอกเบี้ย i = 6.625 จำนวนปี n = 30

ทางเลือก	เงินลงทุนก่อสร้าง (บาท)	ค่าไฟฟ้ารายปี (บาท)	(P/A,i,n)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 30 ปี (บาท)
อาคารกรณีศึกษา	200,775,634	5,514,528	12.8911961	271,864,496
ทางเลือกที่ 1	203,544,085	5,026,073	12.8911961	268,336,177
ทางเลือกที่ 2	203,635,114	4,934,059	12.8911961	267,241,036
ทางเลือกที่ 3	206,711,701	4,483,813	12.8911961	264,513,414
ทางเลือกที่ 4	206,802,731	4,391,799	12.8911961	263,418,273
ทางเลือกที่ 5	205,057,307	4,672,743	12.8911961	265,294,553

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = I + U (P/A,j,n)

I = เงินลงทุนก่อสร้าง
U = ค่าไฟฟ้ารายปี
I = ดอกเบี้ย
n = จำนวนปี

ภาคผนวก ค

อัตราค่าไฟฟ้าปี 2553

เดือน	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
มกราคม	96,000	357,120
กุมภาพันธ์	148,000	550,560
มีนาคม	109,600	407,712
เมษายน	82,800	308,016
พฤษภาคม	56,500	210,180
มิถุนายน	206,700	768,924
กรกฎาคม	162,800	605,616
สิงหาคม	150,000	558,000
กันยายน	155,200	577,344
ตุลาคม	65,200	242,544
พฤศจิกายน	154,400	574,368
ธันวาคม	95,200	354,144
รวม	1,482,400	5,514,528

อัตาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.72 บาท (ที่มา กองอาคารมหาวิทยาลัยนเรศวร)

ภาคผนวก จ

U and Type Wall

เพื่อหา CLTD

TABLE 1 Wall Construction Group Description

Group no.	Description of construction	Weight, lb/ft²	*U* value, Btu/(h · ft² · °F)	Code numbers of layers (see Table 8)
4-in Face brick + (*brick*)				
C	Airspace + 4-in face brick	83	0.358	A0, A2, B1, A2, E0
D	4-in Common brick	90	0.415	A0, A2, C4, E1, E0
C	1-in Insulation or airspace +4-in common brick	90	0.174–0.301	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B	2-in Insulation + 4-in common brick	88	0.111	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8-in Common brick	130	0.302	A0, A2, C9, E1, E0
A	Insulation or airspace + 8-in common brick	130	0.154–0.243	A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0
4-in Face brick + (heavyweight concrete)				
C	Airspace + 2-in concrete	94	0.350	A0, A2, B1, C5, E1, E0
B	2-in Insulation + 4-in concrete	97	0.116	A0, A2, B3, C6, E1, E0
A	Airspace or insulation + 8-in or more concrete	143–190	0.110–0.112	A0, A2, B1, C10/11, E1, E0
4-in Face brick + (lightweight or heavyweight concrete block)				
E	4-in Block	62	0.319	A0, A2, C2, E1, E0
D	Airspace or insulation + 4-in block	62	0.153–0.246	A0, A2, C2, B1/B2, E1, E0
D	8-in Block	70	0.274	A0, A2, C7, A6, E0
C	Airspace or 1-in insulation + 6-in or 8-in block	73–89	0.221–0.275	A0, A2, B1, C7/C8, E1, E0
B	2-in Insulation + 8-in block	89	0.096–0.107	A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
4-in Face brick + (clay tile)				
D	4-in tile	71	0.381	A0, A2, C1, E1, E0
D	Airspace + 4-in tile	71	0.281	A0, A2, C1, B1, E1, E0
C	Insulation + 4-in tile	71	0.169	A0, A2, C1, B2, E1, E0
C	8-in Tile	96	0.275	A0, A2, C6, E1, E0
B	Airspace or 1-in insulation + 8-in tile	96	0.142–0.221	A0, A2, C6, B1/B2, E1, E0
A	2-in Insulation + 8-in tile	97	0.097	A0, A2, B3, C6, E1, E0
Heavyweight concrete wall + (finish)				
E	4-in Concrete	63	0.585	A0, A1, C5, E1, E0
D	4-in Concrete + 1-in or 2-in insulation	63	0.119–0.200	A0, A1, C5, B2/B3, E1, E0
C	2-in Insulation + 4-in concrete	63	0.119	A0, A1, B6, C5, E1, E0
C	8-in Concrete	109	0.490	A0, A1, C10, E1, E0
B	8-in Concrete + 1-in or 2-in insulation	110	0.116–0.187	A0, A1, C10, B5/B6, E1, E0
A	2-in Insulation + 8-in concrete	110	0.115	A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12-in Concrete	156	0.421	A0, A1, C11, E1, E0
A	12-in Concrete + insulation	156	0.113	A0, C11, B6, A6, E0
Lightweight and heavyweight concrete block + (finish)				
F	4-in Block + airspace/insulation	29	0.161–0.263	A0, A1, C2, B1/B2, E1, E0
E	2-in Insulation + 4-in block	29–37	0.105–0.114	A0, A1, B3, C2/C3, E1, E0
E	8-in Block	47–51	0.294–0.402	A0, A1, C7/C8, E1, E0
D	8-in Block + airspace/insulation	41–57	0.149–0.173	A0, A1, C7/C8, B1/B2, E1, E0
Clay tile + (finish)				
F	4-in Tile	39	0.419	A0, A1, C1, E1, E0
F	4-in Tile + airspace	39	0.303	A0, A1, C1, B1, E1, E0
E	4-in Tile + 1-in insulation	39	0.175	A0, A1, C1, B2, E1, E0
D	2-in Insulation + 4-in tile	40	0.110	A0, A1, B3, C1, E1, E0
D	8-in Tile	63	0.296	A0, A1, C6, B1/B2, E1, E0
C	8-in Tile + airspace/1-in insulation	63	0.151–0.231	A0, A1, C6, B1/B2, E1, E0
B	2-in Insulation + 8-in tile	63	0.099	A0, A1, B3, C6, E1, E0
Metal curtain wall				
G	With/without airspace + 1-in/2-in/3-in insulation	5–6	0.091–0.230	A0, A3, B5/B6/B12, A3, E0
Frame wall				
G	1- to 3-in insulation	16	0.081–0.178	A0, A1, B1, B2/B3/B4, E1, E0

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 30. (Subsequent editions provide more extensive data.)

TABLE 2 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North latitude wall facing	Solar time, h →																								Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Group B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9
Group C Walls																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	28	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25

CLTD

TABLE 2 (Continued)

North latitude wall facing	Solar time, h																								Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group E Walls																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	6	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	35	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Group F Walls																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	23	22
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	46	37	28	23	18	18	2	53	48
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Group G Walls																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	16	0	55	55

1. *Direct application of the table without adjustments:* Values in the table were calculated using the same conditions for walls as outlined for the roof CLTD table, Table 1 These values may be used for all normal air-conditioning estimates, usually without correction (except as noted below) when the load is calculated for the hottest weather. For totally shaded walls, use the north orientation values.

2. *Adjustments to table values:* The following equation makes adjustments for conditions other than those listed in note 1.

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = (\text{CLTD} + \text{LM})K + (78 - T_R) + (T_o - 85)$$

where CLTD is from Table 1 at the wall orientation.
LM is the latitude-month correction from Table 4
K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustment
K = 1.0 if dark colored or light in an industrial area
K = 0.83 if permanently medium-colored (rural area)
K = 0.65 if permanently light-colored (rural area)
Credit should not be taken for wall color other than dark except where permanence of color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals,* Chap. 26, Table 31. (Subsequent editions provide more extensive data.)

TABLE 3 CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
8	Dec	−4	−6	−6	−6	−3	0	4	8	12	−5
	Jan/Nov	−3	−5	−6	−5	−2	0	3	6	10	−4
	Feb/Oct	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	4	−1
	Mar/Sept	−3	−2	−1	−1	−1	−2	−2	−3	−4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	−1	−4	−5	−7	−7	−1
	May/Jul	7	5	4	0	−2	−5	−7	−9	−7	−2
	Jun	9	6	4	0	−2	−6	−8	−9	−7	−2
16	Dec	−4	−6	−8	−8	−4	−1	4	9	13	−9
	Jan/Nov	−4	−6	−7	−7	−4	−1	4	8	12	−7
	Feb/Oct	−3	−5	−5	−4	−2	0	2	5	7	−4
	Mar/Sept	−3	−3	−2	−2	−1	−1	0	0	0	−1
	Apr/Aug	−1	0	−1	−1	−1	−3	−3	−5	−6	0
	May/Jul	4	3	3	0	−1	−4	−5	−7	−7	0
	Jun	6	4	4	1	−1	−4	−6	−8	−7	0
24	Dec	−5	−7	−9	−10	−7	−3	3	9	13	−13
	Jan/Nov	−4	−6	−8	−9	−6	−3	3	9	13	−11
	Feb/Oct	−4	−5	−6	−6	−3	−1	3	7	10	−7
	Mar/Sept	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	4	−3
	Apr/Aug	−2	−1	0	−1	−1	−2	−1	−2	−3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	−3	−3	−5	−6	1
	Jun	3	3	3	1	0	−3	−4	−6	−6	1
32	Dec	−5	−7	−10	−11	−8	−5	2	9	12	−17
	Jan/Nov	−5	−7	−9	−11	−8	−4	2	9	12	−15
	Feb/Oct	−4	−6	−7	−8	−4	−2	4	8	11	−10
	Mar/Sept	−3	−4	−4	−4	−2	−1	3	5	7	−5
	Apr/Aug	−2	−2	−1	−2	0	−1	0	1	1	−1
	May/Jul	1	1	1	0	0	−1	−1	−3	−3	1
	Jun	1	2	2	1	0	−2	−2	−4	−4	2
40	Dec	−6	−8	−10	−13	−10	−7	0	7	10	−21
	Jan/Nov	−5	−7	−10	−12	−9	−6	1	8	11	−19
	Feb/Oct	−5	−7	−8	−9	−6	−3	3	8	12	−14
	Mar/Sept	−4	−5	−5	−6	−3	−1	4	7	10	−8
	Apr/Aug	−2	−3	−2	−2	0	0	2	3	4	−3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	−1	−1	2
48	Dec	−6	−8	−11	−14	−13	−10	−3	2	6	−25
	Jan/Nov	−6	−8	−11	−13	−11	−8	−1	5	8	−24
	Feb/Oct	−5	−7	−10	−11	−8	−5	1	8	11	−18
	Mar/Sept	−4	−6	−6	−7	−4	−1	4	8	11	−11
	Apr/Aug	−3	−3	−3	−3	−1	0	4	6	7	−5
	May/Jul	0	−1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dec	−7	−9	−12	−16	−16	−14	−9	−5	−3	−28
	Jan/Nov	−6	−8	−11	−15	−14	−12	−6	−1	2	−27
	Feb/Oct	−6	−8	−10	−12	−10	−7	0	6	9	−22
	Mar/Sept	−5	−6	−7	−8	−5	−2	4	8	12	−15
	Apr/Aug	−3	−4	−4	−4	−1	1	5	7	9	−8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	−2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

(1) Corrections in this table are in °F. The correction is applied directly to the CLTD for a wall or roof as given in Tables 1 and 3

(2) The CLTD correction given in this table is not applicable to Table 6 , Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.

(3) For south latitudes, replace Jan. through Dec. by July through June.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 32.

DR → Dry Bulb Range

Table 4 Cooling and Dehumidification Design Conditions—World Locations

Station	Cooling DB/MWB						Evaporation WB/MDB						Dehumidification DP/MDB and HR									Range of DB
	0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		0.4%			1%			2%			
	DB	MWB	DB	MWB	DB	MWB	WB	MDB	WB	MDB	WB	MDB	DP	HR	MDB	DP	HR	MDB	DP	HR	MDB	
1	2a	2b	2c	2d	2e	2f	3a	3b	3c	3d	3e	3f	4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g	4h	4i	5
Lugano	85	71	83	69	81	68	73	82	71	80	70	79	69	132	79	68	106	77	66	100	76	17.6
Payerne	84	67	81	66	78	64	69	81	67	78	65	76	64	95	74	63	91	73	61	86	70	19.8
Saentis (Aut)	57	47	55	46	53	44	50	54	48	52	47	51	48	67	51	46	63	49	45	60	48	7.7
San Bernardino	69	55	67	54	64	53	58	65	57	64	55	62	56	81	62	54	76	60	52	71	58	14.9
Zurich	83	66	80	65	77	63	67	80	66	77	65	74	64	94	71	62	90	70	61	86	69	16.0
SYRIA																						
Damascus	101	64	98	64	96	64	69	85	68	85	67	84	66	103	72	64	97	72	62	91	71	33.8
TAIWAN																						
Hsinchu	93	81	92	81	91	81	83	91	82	90	81	90	80	158	89	80	154	88	79	150	87	12.4
Hualien	90	80	89	80	88	80	82	88	81	87	81	87	80	156	87	79	153	86	79	149	86	9.7
Kaohsiung	92	79	90	79	90	79	82	88	81	87	80	87	80	158	85	79	151	84	79	150	84	11.5
Taichung	94	82	93	82	91	81	84	92	83	91	82	90	82	169	90	81	162	89	80	159	89	15.4
Tainan (593580)	92	81	91	81	90	80	83	89	82	88	81	88	81	162	86	80	158	85	80	155	85	9.9
Taipei	94	80	93	80	92	80	82	91	81	90	81	90	80	153	86	79	150	86	79	148	86	13.3
Taipei Intl Airport	93	80	92	80	91	80	82	90	82	90	81	89	80	159	85	79	152	86	79	149	86	13.1
TAJIKISTAN																						
Dushanbe	99	67	97	67	95	66	71	93	69	91	68	90	64	98	83	62	91	81	60	85	80	25.6
Khujand (Leninabad)	99	67	96	66	94	66	70	92	69	91	67	90	63	90	79	61	84	79	59	79	78	23.0
THAILAND																						
Bangkok	99	80	97	79	95	78	84	94	83	91	82	89	82	164	88	81	160	87	80	156	87	16.1
Chiang Mai	100	72	98	72	96	73	79	89	78	88	78	87	77	146	83	76	139	82	75	138	81	24.5
Chiang Rai	98	72	96	72	94	73	79	89	79	88	78	87	77	147	84	76	144	83	76	141	82	25.0
Chumphon	95	79	94	79	92	79	82	92	81	91	80	90	79	150	87	78	147	87	78	145	86	16.7
Hat Yai	95	77	94	77	93	77	80	89	80	89	79	88	79	149	83	78	144	82	77	143	82	18.0
Phetchabun	101	78	99	78	97	78	82	92	81	91	81	90	79	153	87	79	150	87	78	148	86	20.9
Phrae	101	76	99	77	97	76	81	92	81	90	80	90	79	153	86	78	149	85	78	146	85	22.1
Tak	102	74	101	74	99	74	80	90	79	89	79	88	78	146	83	77	144	83	76	140	83	18.7
TRINIDAD & TOBAGO																						
Port of Spain	91	77	90	77	90	77	80	87	79	87	79	86	78	147	83	77	143	82	77	141	82	14.2
TUNISIA																						
Bizerte	97	72	92	72	89	72	77	86	76	84	75	83	74	129	81	73	123	81	72	118	80	18.2
Gabes	96	73	92	73	89	73	80	87	78	86	77	85	77	142	85	76	136	85	75	130	84	11.7
Gafsa	105	68	101	69	98	68	73	92	72	90	71	89	69	110	79	67	104	78	66	99	78	23.8
Kelibia	89	73	86	73	85	73	78	83	77	82	76	81	76	138	81	75	133	81	74	127	80	13.1
Qairouan (Kairouan)	105	71	100	71	97	71	76	90	75	88	74	88	73	125	81	72	118	80	70	112	80	25.4
Tunis	98	73	94	73	91	73	78	88	77	86	76	85	76	134	82	74	128	82	73	123	81	21.8
TURKEY																						
Adana	97	71	94	71	92	72	79	89	78	87	77	86	76	137	82	75	133	82	74	128	82	19.8
Ankara	90	63	86	63	84	62	65	84	64	83	63	81	59	83	73	57	78	72	55	74	70	28.4
Erzurum	84	61	82	60	79	59	64	80	62	78	61	76	58	88	74	56	82	72	54	76	70	29.9
Eskischir	90	68	87	67	85	66	71	85	69	83	67	83	66	105	80	64	97	78	62	92	75	25.9
Istanbul	86	70	84	69	83	69	74	82	72	80	71	78	72	117	78	70	111	76	68	105	76	15.3
Izmir/Cigli(Cv/AFB)	96	72	93	71	91	70	74	92	73	90	72	89	68	104	83	67	98	82	66	95	81	23.0
Malatya	97	68	95	67	93	66	70	94	68	93	67	91	61	88	87	59	82	85	57	77	83	27.4
Van	84	66	82	66	80	65	70	81	68	80	66	78	66	116	80	64	108	78	62	101	77	19.4
TURKMENISTAN																						
Ashgabat (Ashkhabad)	104	67	102	67	99	67	73	94	72	92	70	91	66	99	85	64	92	85	63	87	84	24.1
Dashhowuz (Tashauz)	103	74	99	73	96	71	77	98	75	95	74	93	70	112	92	68	105	90	66	98	88	24.3
UNITED KINGDOM & NORTHERN IRELAND																						
Aberdeen/Dyce	71	62	68	60	65	58	64	70	61	67	60	64	60	79	67	59	75	64	57	70	62	13.0
Aberporth	72	62	68	61	65	60	64	69	62	66	61	64	62	84	65	61	80	64	59	77	62	9.4
Aughton	75	64	72	62	69	60	65	73	63	69	62	67	62	84	68	61	80	66	59	76	64	10.8
Avienore	75	61	71	60	67	58	63	72	61	69	59	65	59	76	65	57	71	65	56	67	62	15.5
Belfast	72	62	69	61	67	60	64	70	62	67	61	65	61	82	66	60	78	65	58	74	64	12.8
Birmingham	78	64	75	62	72	61	65	75	64	72	62	70	62	84	68	61	80	67	59	76	65	16.9
Bournemouth	78	65	75	63	72	62	66	76	65	72	63	69	63	86	69	62	83	67	61	80	66	18.0
Bristol	79	65	76	63	73	62	67	76	65	73	63	70	63	85	71	62	82	68	60	78	66	12.8
Camborne	71	62	68	61	66	60	64	67	63	66	62	65	63	86	65	62	83	64	60	79	63	8.8
Cardiff	77	64	74	63	71	62	66	74	64	71	63	68	63	87	69	62	83	66	60	79	65	14.8
Edinburgh	72	61	69	60	66	59	63	69	61	67	60	65	60	78	66	59	74	64	57	71	63	14.6
Exeter	78	65	75	64	72	62	67	76	65	73	64	70	64	88	70	62	84	68	61	81	67	15.8
Finningley	78	64	75	63	72	61	65	75	64	72	62	70	62	83	69	60	78	67	59	75	65	17.3
Glasgow	75	63	71	61	67	59	64	72	62	69	60	66	61	79	67	59	75	65	58	71	63	14.6
Hemsby	74	65	71	63	69	62	66	72	64	70	63	67	63	87	69	62	83	67	61	79	65	13.9
Herstmonceux	76	65	74	63	71	62	66	75	65	72	63	69	63	88	70	62	83	67	61	80	66	15.3
Jersey/Channel Islands	76	65	73	63	70	62	66	74	64	71	63	68	63	87	67	62	83	65	61	81	65	11.0
Kirkwall	64	59	62	57	60	56	60	63	58	61	57	59	58	73	62	57	69	59	56	66	58	9.2

MDB = mean coincident dry-bulb temp., °F
MWB = mean coincident wet-bulb temp., °F
MWS = mean coincident wind speed, mph
StdD = standard deviation, °F
HR = humidity ratio, grains of moisture per lb of dry air
A = airport
DP = dew-point temperature, °F

DB → Dry Bulb

Table 5 CLTDs for flat roofs. (From ASHRAE, 1989, with permission.)

Roof No.	Description of construction	Weight lb / ft²	U value Btu / (h ft² F)	Solar time, h 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Without suspended ceiling																										
1	Steel sheet with 1-in	7	0.213	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
	(or 2-in insulation)	8	0.124	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2	1-in wood with 1-in insulation	8	0.17	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3	4-in lightweight concerte	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4	2-in heavyweight concrete with 1-in	29	0.206	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
	(or 2-in) insulation	29	0.122	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5	1-in wood with 2-in insulation	9	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6	6-in lightweight concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7	2.5-in wood with 1-in insulation	13	0.13	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8	8-in lightweight oncrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9	4-in heavyweight concrete with 1-in	52	0.2	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
	(or 2-in) insulation	52	0.12	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10	2.5-in wood with 2-in insulation	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12	6-in heavyweight concrete with 1-in	75	0.192	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
	(or 2-in) insulation	75	0.117	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13	4-in wood with 1-in	17	0.105	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
	(or 2-in) insulation	18	0.078	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
	With suspended ceiling																										
1	Steel sheet with 1-in	9	0.134	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
	(or 2-in insulation)	10	0.092	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2	1-in wood with 1-in insulation	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25
3	4-in lightweight concerte	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4	2-in heavyweight concrete with 1-in insulation	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5	1-in wood with 2-in insulation	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6	6-in lightweight concrete	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7	2.5-in wood with 1-in insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8	8-in lightweight oncrete	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9	4-in heavyweight concrete with 1-in	53	0.128	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	36	38	38	37	36	34	33
	(or 2-in) insulation	54	0.09	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	36	38	38	37	36	34	33
10	2.5-in wood with 2-in insulation	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12	6-in heavyweight concrete with 1-in	77	0.125	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
	(or 2-in) insulation	77	0.088	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13	4-in wood with 1-in	19	0.082	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36
	(or 2-in) insulation	20	0.064	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

CLTD

TABLE 6 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT *U* FOR GLASS (BTU/HR-FT^2-F) (For glass installed vertically)

Type of Glazing	Type of Frame (Sash)			
	Aluminum (with thermal break)		Wood or Vinyl	
	Winter	Summer	Winter	Summer
Single glass	1.10	1.01	0.98	0.90
Double glass				
⅜ in. air space	0.60	0.56	0.51	0.47
⅜ in. air space E-film	0.48	0.45	0.39	0.37
Triple Glass				
⅜ in. air space	0.46	0.43	0.38	0.36
⅜ in. argon space	0.34	0.33	0.25	0.24

Note: E-film is a reflective coating (E = 0.15).
Abridged with permission from the *1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.*

TABLE 7 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Conduction Through Glass

Solar time, h	CLTD °F	Solar time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	−1	1500	14
0400	−2	1600	14
0500	−2	1700	13
0600	−2	1800	12
0700	−2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 78°F, a maximum outdoor temperature of 95°F, and with an outdoor daily range of 21°F. The table remains approximately correct for other outdoor maximums of 93 to 102°F and other outdoor daily ranges of 16 to 34°F, provided the outdoor daily average temperature remains approximately 85°F. If the room air temperature is different from 78°F, and/or the outdoor daily average temperature is different from 85°F, the following rules apply: (a) For room air temperature less than 78°F, add the difference between 78°F and room temperature; if greater than 78°F, subtract the difference. (b) For outdoor daily average temperature less than 85°F, subtract the difference between 85°F and the daily average temperature; if greater than 85°F, add the difference.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals,* Chap. 26, Table 33.

SHGF

TABLE 8 Maximum Solar Heat Gain Factors, Btu/(h · ft²), for Sunlit Glass, North Latitudes

12°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262
Feb.	34	34	105	186	235	248	226	177	133	286
Mar.	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297
Apr.	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290
May	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280
June	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274
July	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275
Aug.	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282
Sept.	37	57	142	201	229	222	182	121	73	267
Oct.	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280
Nov.	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260
Dec.	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250

16°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Apr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	60	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

20°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	68	287
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280
Sept.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217

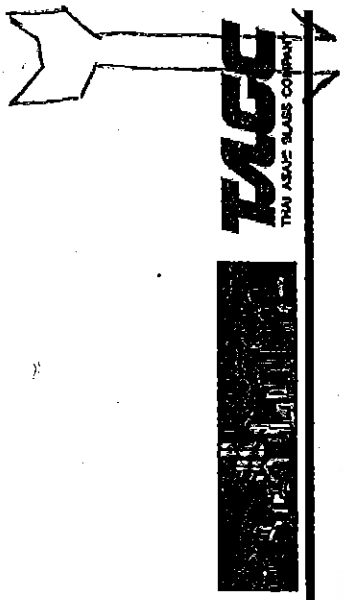
24°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
June	56	127	184	214	212	179	117	55	43	279
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199

TABLE 9 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR SHADING DEVICES

Type of Glazing	Nominal Thickness, in. (Each light)	Without Shading	With Interior Shading: Venetian Blinds		With Interior Shading: Roller Shades		
					Opaque		Translucent
			Medium	Light	Dark	Light	Light
Single glass							
Clear	¼	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44
Heat absorbing	¼	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Double glass							
Clear	¼	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40
Heat absorbing	¼	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30

Note: Venetian blinds are assumed set at a 45° position. Adapted with permission from the *1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.*



Performance Data: Clear & Tinted Float Glass

Glass type	Thickness (mm)	Visible rays		Solar energy			Ultra-violet Rays Transmittance (%)	Relative heat gain	U-value: Winter nighttime		U-value: Summer daytime		Shading Coefficient
		Reflectance	Transmittance	Reflectance	Transmittance	Absorption		(W/sq.m)	(Btu/sq.ft-hr)	(W/sq.m²K)	(Btu/sq.ft-hr-°F)	(W/sq.m²K)	(Btu/sq.ft-hr-°F)	
กระจกใสธรรมดา (Clear float glass)	2	7	91	8	86	4	71.8	691	219	6.60	1.16	5.84	1.03	1.02
	3	7	90	8	85	6	66.2	680	216	6.65	1.15	5.84	1.03	1.00
	4	7	89	8	84	8	61.0	670	212	6.50	1.14	5.83	1.03	0.99
	5	7	89	7	82	11	58.6	660	209	6.44	1.13	5.83	1.03	0.97
	6	7	88	7	80	13	55.5	650	206	6.40	1.13	5.83	1.03	0.95
	8	7	87	7	76	17	52.4	628	199	6.29	1.11	5.80	1.02	0.92
	10	7	85	7	73	20	48.6	610	194	6.19	1.09	5.76	1.01	0.90
	12	7	84	7	70	23	45.7	594	188	6.09	1.07	5.72	1.01	0.87
	15	7	81	7	61	32	42.5	574	182	5.95	1.05	5.67	1.00	0.84
	19	7	78	7	55	38	38.2	542	172	5.78	1.02	5.58	0.98	0.79
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	6	5	38	6	43	51	15.6	451	143	6.40	1.13	6.27	1.10	0.84
	8	5	28	5	33	62	11.1	421	130	6.29	1.10	6.26	1.10	0.57
	10	5	20	5	25	70	7.6	377	119	6.19	1.09	6.22	1.09	0.52
	12	5	15	5	19	76	5.2	313	99	6.09	1.07	6.19	1.09	0.47
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	6	4	15	5	34	61	5.5	449	142	6.40	1.13	6.28	1.10	0.53
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	8	6	50	6	36	58	20.0	430	135	6.09	1.07	6.21	1.09	0.61
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	6	7	72	7	42	51	21.8	460	146	6.18	1.09	6.23	1.10	0.65
	8	7	67	7	35	58	17.5	423	134	6.09	1.07	6.21	1.09	0.59
	10	9	62	7	32	61	9.7	405	128	6.00	1.06	6.14	1.08	0.57
	12	9	60	7	30	63	6.8	390	124	5.92	1.04	6.08	1.07	0.54

Remarks :

1. The values and performance data shown in the table are measured or calculated result and not performance guarantee of each product.
2. Relative heat gain, U-Value, Shading coefficient, Ultra-violet Rays Transmittance: Values conforming to ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.)
3. Shading Coefficient is a ratio between Solar Heat Gain of the Colluated Glass and Solar Heat Gain of Clear Float Glass 3 mm in the same situation.

หมายเหตุ :

1. ตัวเลขที่ปรากฏในตารางข้างบนนี้ มีความคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานโรงงาน ดังนั้นก่อนการวางรายละเอียดข้อกำหนดสินค้า ควรจะได้ตรวจสอบจากค่าอย่างจริงเสียก่อน
2. ตัวเลขในหัวข้อเรื่อง Relative Heat Gain, U-Value, Shading Coefficient, Ultra-Violet Rays Transmittance ได้จากการคำนวณได้ตามมาตรฐานที่กำหนดโดย ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers.)
3. Shading Coefficient คือผลิตส่วนระหว่าง Solar Heat Gain ของกระจกที่ต้องการคำนวณ กับ Solar Heat Gain ของกระจกใส 3 มม. ภายใต้สภาวการณ์อย่างเดียวกัน

TABLE 10 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.25	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.65	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14

TABLE 10 (*Continued*)

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
NNW	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
HOR	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = Light construction: frame exterior wall, 2-in concrete floor slab, approximately 30 lb of material/ft² of floor area.
M = Medium construction: 4-in concrete exterior wall, 4-in concrete floor slab, approximately 70 lb of building material/ft² of floor area.
H = Heavy construction: 6-in concrete exterior wall, 6-in concrete floor slab, approximately 130 lb of building materials/ft² of floor area.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 36.

Cooling Load Factors for Glass with Interior Shading, North Latitudes

Fenestration facing	Solar time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 39.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ไฟล์
รูปขนาด 1 นิ้ว
ชุดนิสิต

ชื่อ นายชัยภัทร ญาติกร

ภูมิลำเนา 91/1 หมู่ 2 ต. ไผ่ท่าโพ อ. โพธิ์ประทับช้าง จ. พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสรรเพชญอัฏฐมาพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: ddt2604@live.com

ไฟล์
รูปขนาด 1 นิ้ว
ชุดนิสิต

ชื่อ นายอดิสรณ์ ห่วงเงิน

ภูมิลำเนา 113/1 หมู่ 7 ต. วังหามแห อ. ขาณุวรลักษบุรี จ. กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโค้งไผ่วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: sam_thecop@hotmail.com

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน (ต่อ)

ไฟล์ รูปขนาด 1 นิ้ว ชุดนิสิต

ชื่อ นายเสกสรร คำวังชัย

ภูมิลำเนา 34 หมู่ 4 ต. ทุ่งเสลี่ยม อ. ทุ่งเสลี่ยม จ. สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนทุ่งเสลี่ยมชนูปถัมภ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: seksan_civil@hotmail.com