

**การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของอาคารหอสมุด
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต**

ชาลิสา จันทร์แก้ว

**การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี
และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต**

ปีการศึกษา 2564

**IMPROVEMENTS OF BUILDING ENVELOPE FOR ENERGY-
SAVINGS IN A LIBRARY BUILDING DHURAKIJ PUNDIT
UNIVERSITY**

CHALISA JANKEAW

**An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
College of Innovative Technology and Engineering
Dhurakij Pundit University
Academic Year 2021**



ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของอาคารหอสมุด
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

เสนอโดย ชาลิสา จันทร์แก้ว

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบ โดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

จตุมาล C.
.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุมาล ชุมลักษ์ณ์)

ธีรพงศ์ นวรัตน์
.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล
(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

ศ. สุภรัชชัช วรรัตน์
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภรัชชัช วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

ดร.ชัยพร เชมะภาตะพันธ์
.....

(ดร.ชัยพร เชมะภาตะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ... 21 เดือน ... สิงหาคม ... พ.ศ. 2565 ...

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของอาคาร
ชื่อผู้เขียน	หอสุมุด มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ชาลิตา จันทรแก้ว
สาขาวิชา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
ปีการศึกษา	การจัดการทางวิศวกรรม
	2564

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานของอาคารหอสุมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาในการประหยัดพลังงานภายในอาคารและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญของการเลือกวัสดุที่นำไปใช้กับอาคารซึ่งมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีผลต่อการใช้พลังงานของงานระบบปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร อาทิเช่น พื้นที่ใช้สอยของอาคาร สัดส่วนภาระความร้อนภายในพื้นที่ของอาคาร, สภาพอากาศภายนอกของอาคารและวัสดุกรอบอาคาร งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่ออาคาร จากเหตุผลข้างต้นจึงได้มุ่งเน้นไปในเรื่องกรอบวัสดุอาคารเป็นส่วนสำคัญ จึงทำการศึกษานี้โดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ eQUEST v.3-65 เป็นเครื่องมือจำลองอาคารสำหรับวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนและปริมาณการใช้พลังงานภายในอาคารซึ่งเกิดการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร โดยกรอบอาคารที่ดีควรสามารถป้องกันไม่ให้ความร้อนผ่านเข้ามาภายในตัวอาคารมากเกินไป เพื่อลดภาระของระบบปรับอากาศและนำไปสู่การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายพลังงาน จึงควรมีแนวทางการออกแบบปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อให้มีความเหมาะสมกับตัวอาคารเพื่อช่วยเพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร จากการศึกษาพบว่าผลการจำลองโปรแกรม มาตรการที่ช่วยลดพลังงานคือการติดตั้งแผ่นยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อน เนื่องจากมีความคุ้มค่าทางการลงทุนและสามารถประหยัดพลังงานได้ 1188.50 kWh คิดเป็นค่าความประหยัด 5017.61 บาท ประหยัดได้ร้อยละ 1.77 ของทั้งปีโดยที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด เมื่อเทียบกับการลงทุนในมาตรการอื่นๆ

คำสำคัญ : การใช้พลังงาน/สัดส่วนภาระความร้อน/กรอบอาคาร

Individual Study Title	IMPROVEMENTS OF BUILDING ENVELOPE FOR ENERGY-SAVINGS IN A LIBRARY BUILDING DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY
Author	Chalisa Jankeaw
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2021

ABSTRACT

This study examines the energy consumption and energy saving and energy efficiency of the Dhurakij Pundit University library building also places importance on the choice of materials applied to the building, which is of great importance as it affects the energy consumption of the building's air conditioning system. The variables that affect the energy use in the building, such as the usable area of the building, the proportion of the internal heat load of the building are the outdoor climate of the building and the building frame material. For the above reasons, the focus is on the building material frame as an important part. Therefore, this study was conducted by using computer simulation program eQUEST v. 3-65 which is a building simulation tool for analyzing the heat transfer value and the amount of energy used within the building due to the modification of the building frame material. A good building frame should be able to prevent excessive heat from entering the building to reduce the load on the air conditioning system and lead to a reduction in electricity consumption and energy costs. Therefore, there should be a design guideline to improve the frame of the building to be suitable for the building to improve energy efficiency. The study found that the results of the simulation program and suggest as a measure to reduce energy consumption is to install gypsum board as insulation. This investment and can save 1188.50 kwh of energy, representing a cost savings of 5017.61 baht, saving 1.77% per year and has the fastest payback period compared to investments in other measures, so its worth the investment.

Keyword: Building energy use /Heat load ratio/ Building envelop

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในการศึกษาครั้งนี้ ความรู้ ข้อคิดและข้อเสนอแนะรวมไปถึงการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เพื่อนๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตทุกท่าน และผู้ที่ให้ความช่วยเหลือที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ในที่นี้ ที่ให้ความสะดวกและความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือเป็นกำลังใจตลอดเพื่อเป็นการสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

ชาลิสา จันทร์แก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญภาพ.....	๘
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษารายบุคคล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การอนุรักษ์พลังงาน.....	5
2.2 สมบัติด้านความร้อนของวัสดุ.....	7
2.3 คุณสมบัติกระจก.....	26
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	41
3.1 ขั้นตอนการศึกษา.....	41
3.2 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร.....	43
3.3 ปัจจัยที่มีส่งผลกระทบต่อการออกแบบอาคาร.....	48
3.4 เครื่องมือที่ใช้วิจัยในการศึกษา.....	48
3.5 รายละเอียดที่ระบุลงในโปรแกรมสำหรับการศึกษา.....	49
3.6 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย.....	50
3.7 การกำหนดมาตรการของกรอบอาคารเพื่อผลการประหยัดพลังงาน.....	53
4. ผลการศึกษา.....	55
4.1 ผลการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร 6 (อาคารหอสมุด)	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 สร้างแบบจำลองอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) ด้วยโปรแกรม E-Quest เพื่อศึกษาการใช้ไฟฟ้าของอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 2-5 ประจำปี 2562.....	56
4.3 ตรวจสอบแบบจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม E-Quest เทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่วัดค่าได้.....	58
4.4 วิเคราะห์วัสดุกรอบอาคารที่มีผลต่อมาตรการประหยัดพลังงาน.....	60
4.5 วิเคราะห์จุดคุ้มทุน.....	65
4.6 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน.....	65
5. สรุปผลการศึกษา.....	67
5.1 ข้อเสนอแนะในการศึกษา.....	67
บรรณานุกรม.....	68
ภาคผนวก.....	71
ก. รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด และแบบแปลนอาคารของอาคารห้องสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.....	72
ข. ข้อมูลการสร้างแบบจำลองอาคาร โดยใช้โปรแกรม eQUEST V.3-65.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน.....	5
2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร.....	13
2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร.....	14
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น และความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างๆ.....	16
2.5 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวด้านนอกของผนังทึบ.....	19
2.6 ส่วนหนึ่งของตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทสำนักงานและสถานศึกษา.....	21
2.7 ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าหรือซูเปอร์มาร์เก็ต.....	23
2.8 ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทโรงแรมและโรงพยาบาล.....	25
2.9 สรุปการทบทวนวรรณกรรมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม eQuest 3-65 และงานวิจัยเกี่ยวกับกรอบอาคาร.....	34
3.1 ขนาดพื้นที่และลักษณะการใช้งานของชั้น 2 ถึง ชั้น 5 อาคารหอสมุด.....	43
3.2 ประเภทวัสดุและส่วนประกอบของวัสดุผนังทึบแสง(Opaque Component).....	51
3.3 ส่วนประกอบวัสดุอาคารประเภทกรอบอาคาร โปร่งแสง(Transparent Component).....	51
3.4 ข้อมูลทั่วไปอาคาร 6 (อาคารหอสมุด)	52
4.1 ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 กับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารชั้น 2 ถึงชั้น 5 (อาคารหอสมุด)อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ อนุสรณ์ ในปี 2563 จากการเก็บฐานข้อมูล Base line ดังตาราง 4.1.....	55
4.2 ตารางแสดงภาระความร้อนในแต่ละชั้น.....	57
4.3 ผลการเปรียบเทียบการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม E-Quest กับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่วัดค่าได้ภายในอาคารห้องสมุด อาคาร 6 อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ อนุสรณ์ ชั้น 2 ถึงชั้น 5.....	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบติด Shading.....	61
4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบ Adv EverGrn 6.....	61
4.6 ติดผนังยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อน No Gypsum Board.....	62
4.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบแบบติด Gypsum Board.....	62
4.8 วิเคราะห์เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue.....	63
4.9 วิเคราะห์เปรียบเทียบ กระจก Adv EverGrn 6.....	63
4.10 วิเคราะห์เปลี่ยนกระจกเป็นติดฟิล์ม Low-E.....	64
4.11 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบ Adv EverGrn 6 เทียบกับกระจก Low-E.....	64
4.12 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์เงินลงทุนตามมาตรการต่างของห้องสมุด อาคาร 6.....	65

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะภายนอกอาคารของอาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต).....	3
2.1 แสดงความร้อนเข้าสู่อาคาร.....	9
2.2 แผนภูมิแสดงคลื่นแม่เหล็กของรังสีดวงอาทิตย์.....	9
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุ แตกต่างกัน n ชนิด.....	12
2.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุ แตกต่างกัน n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน.....	13
2.5 แหล่งความร้อนต่างๆ ของการะการปรับอากาศ.....	15
2.6 แผนภาพประเภทของกระจกแต่ละชนิด.....	27
2.7 ตัวอย่างกระจกใส.....	28
2.8 ตัวอย่างกระจกสี.....	29
2.9 กระจกกันความร้อน.....	31
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัย.....	42
3.2 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 2.....	44
3.3 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 3.....	45
3.4 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 4.....	46
3.5 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 5.....	47
3.6 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยโปรแกรม eQuest 3.65.....	49
3.7 ทิศทางการวางแกนตามยาวของอาคาร.....	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษารายบุคคล

อาคารสถานศึกษาถือว่าเป็นสถาปัตยกรรมสิ่งก่อสร้างประเภทหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานออกแบบและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการอนุรักษ์พลังงานจากกระบวนการก่อสร้างด้านสถาปัตยกรรมเพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับพื้นที่ของอาคารที่แตกต่างกันของกิจกรรม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พื้นที่ อีกทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้า และวัสดุที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างปริมาณมากยังส่งผลเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรม เนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของสิ่งปลูกสร้างในปัจจุบันส่งผลเสียด้านสิ่งแวดล้อม พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประกอบในการดำเนินในอาคารต่างๆ ในประเทศไทยแบ่งออกเป็นสามหมวดหมู่หลักๆ คือ พลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ พลังงานแสงสว่าง และพลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ภายในอาคาร และจะเห็นได้ว่าพลังงานส่วนใหญ่ใช้ไปกับระบบทำความเย็นปรับอากาศ

เมื่อกล่าวถึงการใช้ไฟฟ้าในอาคาร คนส่วนใหญ่มักจะมีใจเฉพาะการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและเห็นเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน แต่ยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถช่วยให้เกิดมีการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงได้ ซึ่งหนึ่งในวิธีนั้นก็คือ “การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร” สาเหตุเนื่องจากวัสดุกรอบอาคาร โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ภายนอก เปรียบเสมือนเป็นเปลือกหุ้มอาคารเหล่านั้นไว้ถ้าเลือกวัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้ที่อยู่อาศัยภายในบ้านก็จะไม่รู้สึกร้อนและภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ตลอด ถ้า ในปัจจุบันเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยโดยกรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงานสำหรับการออกแบบการก่อสร้างที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร การบริหารงานก่อสร้าง และแนวทางการปรับปรุงภายในอาคาร

ดังนั้นในการประหยัดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับอาคาร และความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุที่จะนำไปใช้กับอาคาร มีความสำคัญอย่างมาก

เนื่องจากมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร จะเป็นการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ในการเลือกใช้วัสดุที่จะใช้ภายในอาคารควรมีความเหมาะสมกับลักษณะของอาคารไม่ว่าจะเป็นขนาดพื้นที่การใช้งาน ความสูงของอาคาร ลักษณะการใช้งานของอาคาร ที่ตั้งของอาคาร เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออาคาร อย่างไรก็ตามการศึกษาแนวทางการปรับปรุง ในครั้งนี้ได้นำโปรแกรม eQuest v.3-65 เข้ามาเป็นเครื่องมือเพื่อกำหนดเป็นผลวิเคราะห์

พลังงานและเปรียบเทียบผลการศึกษาของอาคารและแสดงผลของการใช้พลังงานในอาคาร ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยมีการศึกษาจาก ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม อาทิเช่น พื้นที่ใช้สอยของอาคาร ค่าการใช้พลังงาน(kWh) และสัดส่วนของประเภทการใช้งานพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร นอกจากนั้นแล้วยังนำไปขยายผลในการตัดสินใจเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางพลังงานมากที่สุด โดยอาคารที่จะทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์พลังงานนั้น อาคารที่สนใจคือ อาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต) เนื่องจากพื้นที่แห่งนี้อยู่ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตและมีข้อมูลทางด้านกายภาพของอาคาร ทำให้เกิดความสะดวกที่จะทำการศึกษาจำลองการใช้พลังงาน โดยการใช้โปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ eQuest v.3-65 ควบคุมค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารโดยกำหนดมาตรฐาน ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ให้อำนาจรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานออกกฎกระทรวงเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานอนุรักษ์พลังงานในอาคารขึ้น ได้แก่ กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งได้กำหนดให้อาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลงที่มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตร.ม. ขึ้นไป โดยแบ่งประเภทอาคารออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน อาคาร โรงแรม รีสอร์ท สถานบริการ และอาคารห้างสรรพสินค้า ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกฎกระทรวงดังกล่าวมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน 2552 เป็นต้นไป อาคารสำนักงานของภาครัฐที่มีการก่อสร้างและใช้งานในระยะเวลา 10 - 15 ปีที่ผ่านมาจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายและตามมาตรการลดการใช้พลังงานร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาลักษณะของอาคาร โดยเฉพาะอาคารสำนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในส่วนภูมิภาค ซึ่งไม่ได้ออกแบบสำหรับรองรับการใช้งานเครื่องปรับอากาศตั้งแต่แรก พบว่ามีปัญหาด้านการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่มีค่าการต้านทานความร้อนต่ำ เนื่องจากถูกกำหนดด้วยกรอบงบประมาณ จึงเลือกใช้วัสดุที่มีราคาถูกและก่อสร้างได้ง่าย ในสมัยนั้น (กระทรวงพลังงาน, ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,ม.ป.ป.) ประกอบกับการออกแบบให้มีช่องเปิดจำนวนมากเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ในภายหลังเมื่อมี

การนำเครื่องปรับอากาศมาใช้ในอาคาร จึงอาจส่งผลให้การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีความสิ้นเปลือง

อาคารหอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต มีลักษณะปัญหาของอาคารด้านพลังงานตามที่กล่าวข้างต้น การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต) ภาพที่ 1 เป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากผู้ใช้อาคารมีความพร้อมในการให้ข้อมูล และมีความสะดวกในการเข้าไปสำรวจอาคาร



ภาพที่ 1.1 ลักษณะภายนอกอาคารของอาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารหอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตพร้อมเสนอแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการใช้วัสดุของกรอบอาคารและรวบรวมเก็บข้อมูลในเบื้องต้นของอาคารหอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตที่นำมาศึกษา
2. ใช้โปรแกรม eQuest v.3-65 ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานและกรอบของอาคารและความต้องการทางไฟฟ้า

3. ศึกษาอิทธิพลของการปรับปรุงอาคาร โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบจำลองพลังงานอาคารจริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) ด้วยโปรแกรม eQuest v.3-65 สำหรับการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในรูปแบบต่างๆ
2. สามารถทราบความเหมาะสมและความคุ้มค่าของการเลือกใช้วัสดุและในระบบกิจกรรมอื่นของอาคารที่แตกต่างกัน
3. เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงหรือออกแบบกรอบอาคารให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารที่ถูกต้องตามกระทรวงฯ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และ วิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ในการส่งเสริมและสนับสนุนการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ให้กับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคารในเรื่องของการป้องกันความร้อนจากแสงแดดเข้าสู่อาคาร และรวมถึงการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง เช่น การใช้กระจกเขียวตัดแสง หรือเครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 เป็นต้น ในปัจจุบัน การออกแบบอาคารนอกจากความมั่นคงแข็งแรงความปลอดภัยการจัดการพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ยังต้องคำนึงถึงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วย เนื่องจากในการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในอาคารจำเป็นต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อน หากมีการออกแบบให้อุณหภูมิพลังงานตั้งแต่ต้นตาม มาตรฐาน BEC แล้ว จะทำให้อาคารใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารทั่วไป และเกิดผลประโยชน์ในระยะยาว

สัดส่วนการใช้พลังงานภายในอาคารของแต่ละระบบในอาคารของภาครัฐ ได้มีการสำรวจ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) สำหรับเพื่อเป็นแนวทางตรวจสอบเบื้องต้นพบว่ามีส่วนการใช้พลังงาน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน

อาคาร	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	ระบบอื่นๆ
สำนักงาน	50-55%	20-25%	15-30%

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(ม.ป.ท.) การสำรวจการใช้พลังงานในอาคารของภาครัฐ, เข้าถึงได้จาก <http://cste.sut.ac.th/2014/wp-content/uploads/2014/08/general.pptx>

2.1.2 ปัจจัยภายในต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอาคารหรือรูปทรงของอาคาร กล่าวคือ อาคารที่มีความเหมาะสมควรมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำสุด หรือการออกแบบให้กรอบอาคารมีเส้นรอบรูปน้อย ควรมีการรั่วซึมของอากาศต่ำ แต่ยอมให้มีการไหลเวียนของอากาศผ่านผิวอาคารในกรณีที่อาคารรูปทรงเรียวยาว ควรวางอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก

ผนัง ถือเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากในการช่วยให้อาคาร บ้านอยู่อาศัยมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย โดยส่วนใหญ่ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้อยู่อาศัย หรือผู้ที่กำลังปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคารดังกล่าว โดยเฉพาะเมืองไทยเป็นเมืองร้อน การเลือกใช้ผนังอาคารที่เหมาะสม จึงเป็นส่วนสำคัญเพื่อลดภาระการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นให้อาคาร

หลังคาของอาคาร หลังคาเป็นองค์ประกอบสำคัญส่งเสริมให้อาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น เช่นการเพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับหลังคา (ค่า R สูง) โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาหรือระหว่างชั้นฝ้าเพดานกับหลังคา โดยอาจมีช่องระบายอากาศเพื่อระบายอากาศร้อนจากใต้หลังคาออกสู่ภายนอกอาคาร

ฉนวน ถือว่าอุปกรณ์เสริมที่สำคัญสำหรับอาคาร การเลือกชนิดฉนวนที่เหมาะสม ทั้งที่ติดตั้งบริเวณผนังหรือหลังคาเพื่อทำให้ ตัวอาคารมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานได้สูงสุดเช่น โย แก้วหรือไฟเบอร์กลาส ร็อควอล หรือโฟมชนิดต่างๆ เป็นต้น

ระบบแสงสว่าง การออกแบบแสงสว่างเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น การออกแบบให้มีหน้าต่างโดยรอบอาคารและเลือกใช้กระจกใส จะช่วยให้ภายในอาคารสว่างกว่าการเลือกใช้กระจกสีทึบส่งผลให้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างลงได้ เป็นต้น

ระบบปรับอากาศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อน อาคารที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ จึงต้องใช้ระบบปรับอากาศหรือเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ของบุคลากรในอาคาร การใช้เครื่องปรับอากาศ หรือระบบปรับอากาศจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ควรใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนและรุ่นประหยัดไฟฟ้า เบอร์ 5 และให้มี เบรกเกอร์ เปิด - ปิดแยกสำหรับแต่ละเครื่อง เป็นต้น

กระจก กระจกเป็นส่วนประกอบของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและส่งผ่านความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้ ดังนั้นเลือกชนิดกระจก และเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

ระบบเปลือกอาคาร จะเลือกพิจารณาองค์ประกอบของอาคารส่วนที่เป็นวัสดุผนัง และ หลังคาเพื่อคำนวณเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall thermal transfer value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof thermal transfer value, RTTV) ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร จะมีผลจากปัจจัยต่างๆดังนี้

2.2 สมบัติด้านความร้อนของวัสดุ

คุณสมบัติทางความร้อนเหล่านี้ได้แก่ข้อจำกัดของอุณหภูมิสภาพต้านทานการช็อคทางความร้อน สภาพการแพร่กระจายความร้อน ความร้อนจำเพาะสภาพแผ่รังสีความร้อน และสภาพการนำความร้อน ในการใช้วัสดุให้มีช่วงเวลาใช้งานที่ยาวนานตามคาดหวังไว้ ไม่ควรใช้งานวัสดุให้เกินกว่าข้อจำกัดของอุณหภูมิของวัสดุนั้น ฉนวนแต่ละอันเหมาะสมเฉพาะเมื่อใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดให้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าฉนวนบางชนิดอาจมีอุณหภูมิสูงสุดจำไว้ 2 ค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้งาน การใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่เกินกว่าอุณหภูมิสูงสุดของฉนวนอย่างต่อเนื่องควรหลีกเลี่ยง ขณะเดียวกันการใช้งานกับอุณหภูมิบางอุณหภูมิ แม้ในช่วงเวลาสั้น ๆ สามารถที่จะเป็นสาเหตุให้ฉนวนเสื่อมสภาพลงที่ละน้อยได้จากความจริงลักษณะนี้ในการใช้งานจึงต้องกำหนดไว้เสมอว่าอุณหภูมิจำกัดสูงสุดของฉนวนต้องมีค่ามากกว่าอุณหภูมิใช้งานสูงสุด สมบัติทางความร้อนเป็นการตอบสนองของวัสดุต่อปฏิบัติการณ์ทางความร้อน เช่น การดูดซับพลังงานของของแข็งในรูปของความร้อนด้วยการเพิ่มอุณหภูมิและขนาดพลังงานจะถ่ายเทไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าวัสดุมีสองบริเวณที่มีอุณหภูมิต่างกันโดยวัสดุอาจเกิดจากการหลอมเหลวในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ความจุความร้อน การขยายตัวจากความร้อนและการนำความร้อนเป็นสมบัติทางความร้อนที่สำคัญของวัสดุของแข็งในการนำไปใช้

2.2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

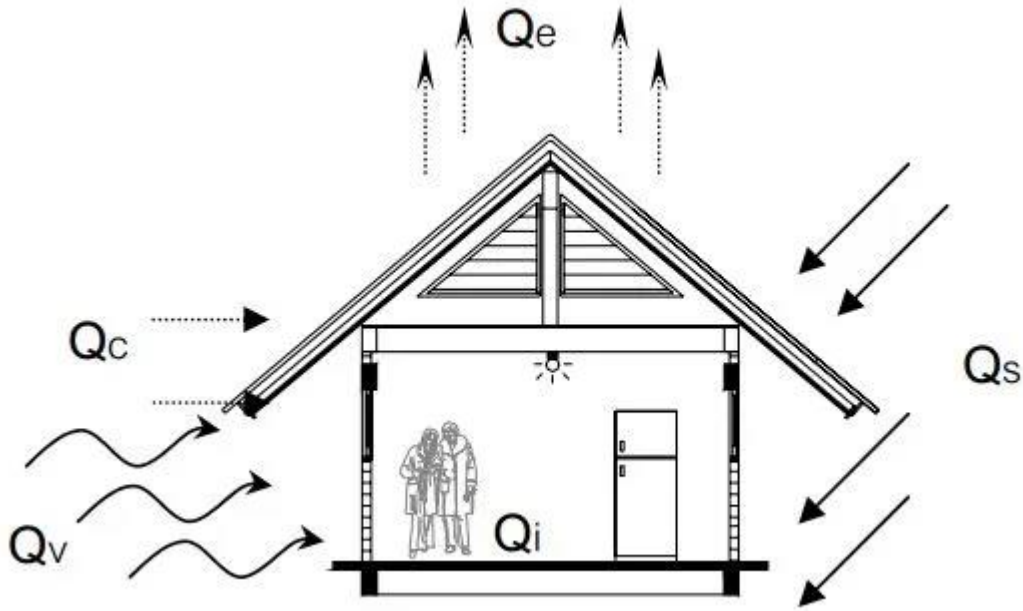
การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) การนำความร้อน คือ ปฏิกิริยาการที่พลังงานความร้อน

ถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆหรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกันโดยที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

การพาความร้อน(Convection) การพาความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของของไหล เช่น อากาศ เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใดๆที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อน โมเลกุลที่เย็นกว่าและหนักจะตกลงข้างล่าง ส่วนที่ร้อนกว่าจะเบาและลอยขึ้นด้านบนการพาความร้อนเกิดได้ 2 ลักษณะคือ การพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการพาความร้อนโดยการบังคับ

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องว่างใดๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทุกทาง แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกเมื่อได้รับรังสีอาทิตย์ รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผนังทึบ ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไป อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและสะสมไว้ และทำให้ผิวผนังด้านนอกมีอุณหภูมิสูงขึ้นในกรณีของผนังก่ออิฐฉาบปูน อุณหภูมิที่ผิวด้านนอกอาจสูงได้ถึง 45°C ในวันที่แดดจัดและอุณหภูมิอากาศแวดล้อมอยู่ในช่วง 38-40°C ในกรณีของหลังคากระเบื้องอุณหภูมิผิวสามารถสูงได้ถึง 60°C

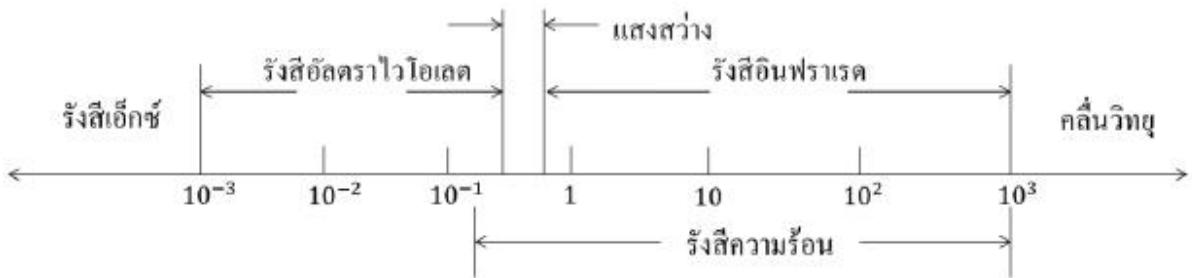
การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของผนังเป็นผลจากทั้งพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผนังดูดกลืนไว้ และ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงผนังทึบจะมีการถ่ายเทความร้อนจากตัวผนังสู่สิ่งแวดล้อม การถ่ายเทความร้อนเหล่านี้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิผนัง อุณหภูมิอากาศภายนอก ค่าสมบัติสภาพนำความร้อน (Conductivity) สภาพการแผ่รังสี (Emissivity)



ภาพที่ 2.1 แสดงความร้อนเข้าสู่อาคาร

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีการแผ่รังสีมายังโลก โดยรังสีดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นในช่วง 10-3 ไมโครเมตร ถึง 103 ไมโครเมตร ปกติแล้วในช่วงความยาวคลื่น 0.1 ไมโครเมตร ถึง 100 ไมโครเมตร จะถูกเรียกเป็นรังสีความร้อน สังเกตได้จากรูปที่ 2.4 ว่ารังสีความร้อนจะครอบคลุมในช่วงอัลตราไวโอเล็ต ช่วงของแสงสว่างและช่วงของอินฟราเรด โดยความร้อนส่วนใหญ่มาจากอินฟราเรด



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิแสดงคลื่นแม่เหล็กของรังสีดวงอาทิตย์

วัตถุต่างๆ จะมีความสามารถดูดกลืนรังสีความร้อนที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติดังต่อไปนี้ การแผ่รังสี (Emissivity) การดูดกลืนรังสี (Absorptivity) การสะท้อนรังสี (Reflectivity) และการส่งผ่านรังสี (Transmissivity)

2.2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

กรอบอาคารมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นกับการออกแบบ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีกจำนวนมาก (ดังจะได้กล่าวต่อไป) ดังนั้น การที่จะตรวจวัดเพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเหมือนระบบอื่นๆ เช่น ระบบไอน้ำ เตาอุตสาหกรรม ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ดังนั้น ปกติเราจึงเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร รวมถึงวิเคราะห์สมรรถนะของกรอบอาคารทดแทน วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่ยอมรับกันดี คือ การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของกรอบอาคาร สำหรับประเทศไทยได้มีการบังคับให้อาคารควบคุมต้องมีค่า OTTV และ RTTV เป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมาย เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอาคารควบคุมนั้นๆ เป็นอาคารที่กรอบอาคารมีสมรรถนะดีเพียงพอในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เกณฑ์ดังกล่าวนี้บังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 และในปี พ.ศ. 2544 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ให้มีความแม่นยำและมีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทยมากยิ่งขึ้น ในที่นี้ซึ่งจะได้กล่าวถึงโดยเบื้องต้น ตารางที่ 3.5 แสดงค่า OTTV และ RTTV ของอาคารประเภทต่างๆ ตามเกณฑ์ที่ได้ปรับปรุงใหม่

2.2.3 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTV_i) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ

OTTV_i คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา

$W/m^2 U_w$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ

CU_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก, $W/m^2 \cdot ^\circ$

$C\Delta T$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงและ/หรือ ผนังทึบแสง, W/m^2

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}$$

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง, m^2

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้านซึ่งคำนวณได้จากสมการ

ก) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U value) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U value) ของผนังด้านนอกอาคารแต่ละด้าน ให้คำนวณจากวิธีการในส่วนต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U value) ของกรอบอาคาร คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ซึ่งคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้ $U = 1/RT$

เมื่อ RT คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ

• ค่าความต้านทานความร้อน ของวัสดุใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ $R = x / k$

k

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน, $m^2 K/W\Delta x$

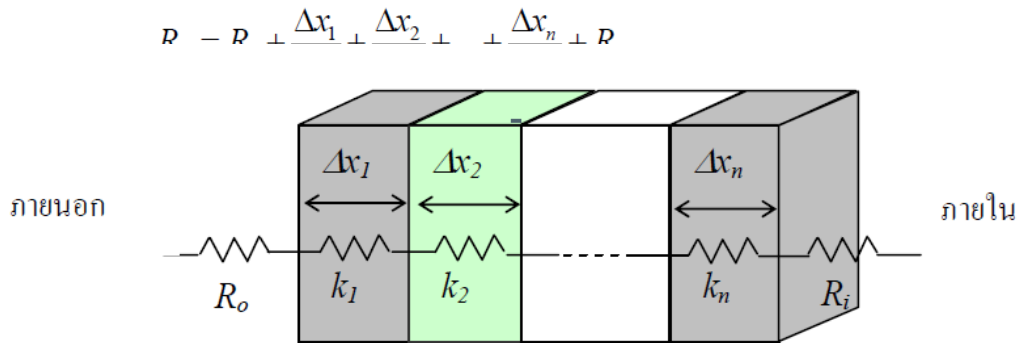
คือ ความหนาของวัสดุ, m

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ, $W/m^2 \cdot K$

ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคารแต่ละด้านที่ประกอบขึ้นด้วยวัสดุหลายชนิด สำหรับผนังอาคารที่ประกอบขึ้นด้วยวัสดุแตกต่างกันหลายชนิด ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคารจะเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารจะถูกส่งผ่านมายังผนังอาคาร โดยผ่านฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้านนอกของผนังอาคาร เช่นเดียวกับที่พื้นผิวด้านในของผนังอาคาร ความร้อนที่ถ่ายเทจากผนังอาคารจะถูกส่งผ่านจากพื้นผิวด้านในของผนังอาคาร ไปยังสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร โดยผ่านฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้านในของผนังอาคาร ดังนั้นฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้านนอกและด้านในของผนังอาคาร จึงถือว่าเป็นค่าความต้านทานความร้อน

2.2.4 กรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด ค่าความต้านทานความร้อนรวม (Total thermal resistance) ในส่วนของกรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกันแสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด

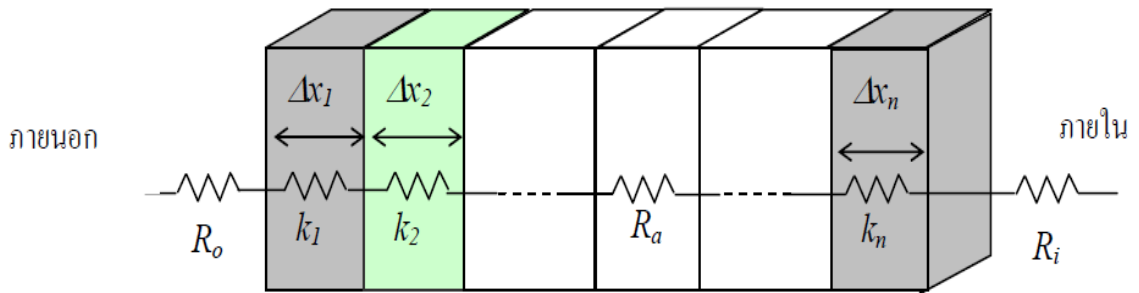
$\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ คือ ความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นกรอบอาคาร $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นกรอบอาคาร

R_o คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร

R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร

กรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศช่องว่างอากาศ [Air gap (s) or air space (s)] ระหว่างชั้นของกรอบอาคารจะมีค่าความต้านทานความร้อนค่าหนึ่ง กลไกของการถ่ายเทความร้อน ทั้งการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ที่เกิดขึ้นภายในช่องว่างอากาศจะมีค่าแตกต่างกันออกไป ในรูปที่ 2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคารส่วนนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \dots + R_a + \dots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i$$



ภาพที่ 2.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน

ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศความสามารถในการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศบนพื้นผิวของผนังอาคาร ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของอากาศที่บริเวณโดยรอบพื้นผิวของผนังอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Thermal emittance) ของผนังอาคาร ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

	ผนังภายใน (R _i)	ผนังภายนอก (R _o)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (m ² .K/W)	0.12	0.044

พื้นผิวของวัสดุที่ถูกใช้เป็นผนังอาคาร โดยส่วนใหญ่ จะถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศภายในผนังทึบของอาคารขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวของผนังด้านที่อยู่ติดกับช่องว่างอากาศ ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ปรากฏในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ (m ² .K/W)		
	ความหนาของช่องว่างอากาศ		
	5 mm	20 mm	100 mm
กรณีพื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.11	0.148	0.16
กรณีพื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.25	0.578	0.606

สำหรับกรณีพื้นผิวผนังทั่วไปให้ถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำให้ใช้เฉพาะกรณีพื้นผิวของผนังด้านติดช่องว่างอากาศเป็นผิวสะท้อนรังสี เช่น ผนังที่มีการติดแผ่นฟอยล์สะท้อนรังสี เป็นต้นสำหรับกรณีความกว้างของช่องว่างอากาศภายในผนังมีค่าอยู่ระหว่าง 5 mm ถึง 20 mm หรือมีค่าอยู่ระหว่าง 20 mm ถึง 100 mm ให้ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงเพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ในกรณีที่ช่องว่างอากาศกว้างกว่า 100 mm ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่ความกว้าง 100 mm สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และคุณสมบัติอื่นๆ ของวัสดุ

2.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

เป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัสดุ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างต่างๆ ไป ให้ใช้ผลจากการทดสอบหรือค่าที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

2.2.6 ระบบกรอบอาคาร (Building Envelope System) (คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน อาคาร พ.ศ. 2553)

สำหรับอาคารหนึ่งๆ ภาระการปรับอากาศเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก อันได้แก่ ความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคาร และจากปัจจัยภายใน อันได้แก่ ความร้อนที่เกิดจากภายในตัวอาคารเองโดยปกติแล้ว ความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน คิดเป็นร้อยละ 60 ของภาระการปรับอากาศ ภาพที่ 2.7 แสดงแหล่งความร้อนต่างๆของภาระปรับอากาศซึ่งประกอบด้วย การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์สู่อาคาร โดยตรงผ่านพื้นผิวที่โปร่งแสง เช่น หน้าต่าง, หลังคาโปร่งแสง (Skylight), การนำความร้อนสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก (ผนังทึบและกระจก) พื้น และ หลังคา, ความร้อนที่เกิดจากตัวคน, หลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆที่อยู่ภายในอาคาร ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร (เช่น อากาศที่ผ่านเข้าทางประตูหรือหน้าต่างในส่วนที่เปิดไว้)



ภาพที่ 2.5 แหล่งความร้อนต่างๆ ของภาระการปรับอากาศ

นอกจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (thermal conductivity; k) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) ของวัสดุแล้ว ความหนาแน่นของวัสดุ (density; ρ) ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat; c_p) ของวัสดุ ยังมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ผนังดูดซับไว้ (heat absorption) และระยะเวลาที่ผนังอาคารสามารถหน่วงการส่งผ่านความร้อน (thermal time lag) จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับวัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิวของผนังภายนอกอาคาร ซึ่งจะต้องสัมผัสกับรังสีอาทิตย์และห้องฟ้าโดยตรง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorptance) และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่

รังสีความร้อน (Thermal emittance) ของวัสดุ ก็จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (heat gain) และการสูญเสียความร้อน (heat loss) ของผนังอาคารด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น และความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างๆ

ลำดับ	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน (W/m-K)	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ความร้อนจำเพาะ (kJ/(kg.K))
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	0.398	1860	1.00
2	แผ่นฉนวนกันความร้อน แอสเบสตอส	0.108	720	1.00
3	วัสดุผนังหลังคาแอสฟัลท์	1.226	1100	1.51
4	บิตูเมน (bitumen)	1.298	1100	1.26
5	อิฐ			
	(ก) แห้งและฉาบปูนหรือปิด ด้วยแผ่น โม่เสด หรือกระเบื้อง	0.807	1760	0.837
	(ข) ผนังไม่ฉาบปูน	1.154	1600	0.79
6	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
7	คอนกรีตชนิดเบา ขนาด ความหนาแน่นต่างๆ			
	(ก) 620 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.160	620	0.84
	(ข) 960 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.303	960	0.84
	(ค) 1120 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.346	1120	0.84
	(ง) 1280 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.476	1280	0.84
8	บล็อกคอนกรีต	1.02	1370	0.92
9	แผ่นไม้	0.042	144	2.01
10	แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	0.59

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m-K)	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ความร้อนจำเพาะ (kJ/(kg.K))
11	ไฟเบอร์กลาส			
	(ก) แบบม้วน (blanket)	0.038	ใช้ค่าจากผู้ผลิต	0.96
	(ข) แบบแผ่น (rigid board)	0.033	ใช้ค่าจากผู้ผลิต	0.96
	(ค) แบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)	0.038	ใช้ค่าจากผู้ผลิต	0.96
12	แผ่นกระจก	1.053	2512	0.88
13	แผ่นยิปซัม	0.191	880	1.09
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด			
	(ก) มาตรฐาน	0.216	1024	1.34
	(ข) ปานกลาง	0.123	640	1.30
15	โลหะ			
	(ก) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	211	2672	0.896
	(ข) ทองแดง	388	8784	0.390
	(ค) เหล็กกล้า	47.6	7840	0.500
16	ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น	0.05	290	0.80
17	วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว			
	(ก) ยิปซัม	0.235	720	1.09
	(ข) เพอร์ไลต์	0.115	616	1.34
	(ข) เพอร์ไลต์	0.553	1568	0.84
18	โพลีสไตรีน แบบขยายตัว	0.035	16	1.21
19	โฟมโพลียูรีเทน	0.024	24	1.59
20	โฟมโพลีเอทธีลีน	0.029	45	1.21

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m-K)	ความหนาแน่น (Kg/m ³)	ความร้อนจำเพาะ (kJ/(kg.K))
21	พื้นพีวีซี	0.713	1360	1.26
22	หิน			
	(ก) หินทราย	1.298	2000	0.79
	(ข) หินแกรนิต	2.927	2640	0.79
	(ค) หินอ่อน	1.298	2640	0.80
23	กระเบื้องหลังคา	0.836	1890	1.00
24	ไม้			
	(ก) ไม้เนื้ออ่อน	0.125	608	1.30
	(ข) ไม้เนื้อแข็ง	0.138	702	1.30
	(ค) ไม้อัด	0.138	528	1.21
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม (ความหนาแน่นต่ำ)	0.065	ใช้ค่าจากผู้ผลิต	1.34
26	ไม้อัดซีพบอร์ด	0.144	800	1.30
27	แผ่นกระดาษอัด	0.086	400	1.38

หมายเหตุ. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและค่าความร้อนจำเพาะ จาก 2001 ASHREA Fundamentals Handbook (SI)

ข) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารเป็นค่าที่รวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ ค่านี้จะขึ้นกับช่วงระยะเวลาใน

การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และมวลสารของวัสดุผนัง รวมถึงทิศทางและมุมเอียงของผนัง

ค) สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ค่าสัมประสิทธิ์มีผลต่อปริมาณการดูดกลืนรังสีอาทิตย์บนผนังอาคารและใช้ในการคำนวณค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าค่าดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุผนังและสีภายนอกของผนังชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

ตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวด้านนอกของผนังทึบ

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์	พื้นผิวของผนังภายนอกอาคาร		หมายเหตุ
	วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว	สีภายนอก	
0.3	แผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียมหिन อ่อนสีขาว กรวดล้างสีขาว	สีขาว สีเงิน สีเงิน/สีบรอนซ์สะท้อนแสง	วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีผิวสีขาว
0.5	หินอ่อนสีครีมหรือสีอ่อน หินแกรนิตสีครีมหรือสีอ่อนกรวด ล้างสีครีมหรือสีอ่อนวัสดุปิดผิวสี อ่อน	สีครีม สีฟ้าอ่อน สีเขียวอ่อน สีเหลืองอ่อน สีส้มอ่อน	วัสดุที่มีผิวสีอ่อน
0.7	คอนกรีตไม่ทาสี อิฐไม่ทาสี แผ่นไฟเบอร์ไม่ทาสี กรวดล้างสีเทา ซีเมนต์เอสเบสทอสไม่ทาสี	สีแดง สีฟ้า สีเขียว สีส้ม สีสนิม (rustic)	วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม
0.9	อิฐสีแดง แอสฟัลต์ คอนกรีตสีเทาเข้มและสีดำ วัสดุคุมงหลังคาสีเขียวเข้ม และสีแดงเข้ม	สีน้ำเงินหรือสีเขียวเข้ม สีเทาเข้ม สีน้ำตาลเข้ม สีดำ	วัสดุที่มีผิวสีเข้ม

ง) ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะ (Density-Specific Heat product; DSH)

ความสามารถในการดูดกลืน สะสม และหน่วงความร้อนของผนังทึบ มีความสัมพันธ์กับ ความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของวัสดุผนังอาคารสำหรับผนังทึบที่ประกอบด้วยวัสดุเพียงชนิดเดียวที่มีความหนาแน่นเท่ากับ ρ_i ความร้อนจำเพาะเท่ากับ c_{pi} และมีความหนาเท่ากับ Δx_i ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง คำนวณได้ดังนี้

$$DSH = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i), \quad \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.7)$$

สำหรับผนังทึบที่ประกอบด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน n ชนิด ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง คำนวณได้ดังนี้

$$DSH = DSH_1 + DSH_2 + \dots + DSH_n, \quad \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.8)$$

เมื่อ DSH_i คือ ค่า ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง

ρ_i คือ ความหนาแน่นของวัสดุ i

c_{pi} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ i

Δx_i คือ ความหนาของวัสดุ i

กรณีที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง ช่องว่างอากาศดังกล่าวไม่ทำให้ค่า ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนังเปลี่ยนแปลงไป

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ($TDeq$) ของผนังทึบ

ชุดของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทสำนักงานและสถานศึกษา ค่าในตารางประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวของผนังค่า ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง ทิศทางและมุมเอียงของผนังมุมเอียงของผนัง คือ มุมที่ผนังกระทำกับพื้นผิวโลก ผนังแนวตั้งจะมีค่ามุมเอียงของผนังเท่ากับ 90 องศา ส่วนหลังคาในแนวระนาบ จะมีค่ามุมเอียงเท่ากับ 0 องศาสำหรับตารางที่ 2.7 และ 2.8 แสดงตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบสำหรับอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าหรือซูเปอร์มาร์เก็ต และสำหรับอาคารประเภทโรงแรมและโรงพยาบาลตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลที่มีปริมาณมาก ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบที่แสดงนี้ (ตารางที่ 2.6-2.8) เป็นตารางที่คัดลอกมาเพียงบางส่วนเท่านั้น สำหรับผู้สนใจสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารฉบับเต็มไม่ยากนัก เมื่อทราบชนิดวัสดุ ความหนาของวัสดุแต่ละชั้นที่ประกอบเป็นผนังอาคาร ให้ใช้ความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะในตารางที่ 3.8 และสมการที่ (3.7) และ (3.8) คำนวณหาค่า ผลคูณของค่าความหนาแน่น

และความร้อนจำเพาะของผนัง กรณีที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกันไปจากวัสดุในตารางที่ 3.8 ให้ใช้ผลจากการทดสอบหรือค่าที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

ตารางที่ 2.6 ส่วนหนึ่งของตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ของผนังที่บสำหรับอาคารประเภทสำนักงานและสถานศึกษา

มุมเอียงของผนัง,องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง $kJ/(m^2.K)$	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
0	ทุกทิศทาง	15	16.5	25.0	33.6	42.1
		30	16.2	24.6	33.0	41.5
		50	15.7	24.0	32.3	40.6
		100	14.4	22.3	30.3	38.2
		200	12.1	19.1	26.1	33.1
		300	10.5	16.8	23.0	29.2
		400	10.2	16.2	22.2	28.3
90	ทิศเหนือ	15	10.8	14.1	17.4	20.7
		30	10.4	13.7	16.9	20.1
		50	10.0	13.2	16.3	19.5
		100	9.1	12.1	15.1	18.1
		200	7.9	10.6	13.4	16.1
		300	7.3	9.9	12.5	15.1
		400	7.1	9.6	12.2	14.7
	ทิศตะวันออก	15	12.6	17.2	21.9	26.5
		30	12.3	16.9	21.5	26.1
		50	11.9	16.5	21.1	25.6
		100	11.1	15.5	20.0	24.4
		200	9.8	13.9	18.0	22.2

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

มุมเอียงของ ผนัง,องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่า ความหนาแน่น และความ ร้อนจำเพาะของ ผนัง kJ/(m ² .K)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
		300	9.0	12.8	16.6	20.4
		400	8.6	12.2	15.8	19.4
	ทิศใต้	15	13.0	18.0	22.9	27.8
		30	12.7	17.5	22.3	27.1
		50	12.2	16.9	21.6	26.3
90	ทิศใต้	100	11.1	15.6	20.1	24.6
		200	9.7	13.7	17.8	21.9
		300	8.9	12.7	16.5	20.3
		400	8.6	12.2	15.9	19.5
	ทิศตะวันตก	15	12.3	16.7	21.1	25.5
		30	11.9	16.2	20.4	24.7
		50	11.3	15.5	19.6	23.7
		100	10.2	14.0	17.8	21.6
		200	8.7	12.1	15.5	18.9
		300	8.1	11.2	14.4	17.6
		400	7.9	11.0	14.1	17.2

ตารางที่ 2.7 ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภท
ห้างสรรพสินค้าหรือซูเปอร์มาร์เก็ต

มุมเอียงของ ผนัง, องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่า ความหนาแน่น และความ ร้อนจำเพาะของ ผนัง $\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
0	ทุกทิศทาง	15	12.1	17.8	23.4	29.0
		30	12.4	18.3	24.2	30.0
		50	12.7	18.8	24.9	31.0
		100	13.1	19.6	26.0	32.5
		200	12.6	19.0	25.5	31.9
		300	11.5	17.5	23.5	29.5
		400	11.0	16.9	22.7	28.5
90	ทิศเหนือ	15	8.3	10.6	12.9	15.2
		30	8.4	10.7	13.1	15.4
		50	8.4	10.8	13.2	15.5
		100	8.4	10.9	13.3	15.7
		200	8.1	10.5	12.9	15.2
		300	7.5	9.8	12.1	14.4
		400	7.0	9.2	11.4	13.6
	ทิศตะวันออก	15	9.2	12.1	15.0	17.9
		30	9.3	12.3	15.3	18.3
		50	9.5	12.6	15.7	18.7
		100	9.7	12.9	16.2	19.4
		200	9.5	12.8	16.1	19.5
		300	8.9	12.1	15.3	18.5
		400	8.3	11.4	14.5	17.6
	ทิศใต้	15	9.8	13.1	16.4	19.7
30		9.9	13.3	16.6	20.0	

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

มุมเอียงของ ผนัง,องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่า ความหนาแน่น และความ ร้อนจำเพาะของ ผนัง kJ/(m ² .K)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
		50	10.0	13.4	16.9	20.3
			0.3	0.5	0.7	0.9
90	ทิศใต้	100	10.1	13.7	17.2	20.8
		200	9.8	13.3	16.9	20.4
		300	9.1	12.5	15.9	19.3
		400	8.5	11.8	15.0	18.3
	ทิศตะวันตก	15	9.7	12.8	16.0	19.2
		30	9.7	12.9	16.2	19.4
		50	9.7	13.0	16.3	19.5
		100	9.7	13.0	16.3	19.5
		200	9.2	12.4	15.7	18.9
		300	8.5	11.6	14.6	17.6
		400	8.0	10.9	13.7	16.6

ตารางที่ 2.8 ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ของผนังทึบสำหรับอาคารประเภท โรงแรมและโรงพยาบาล

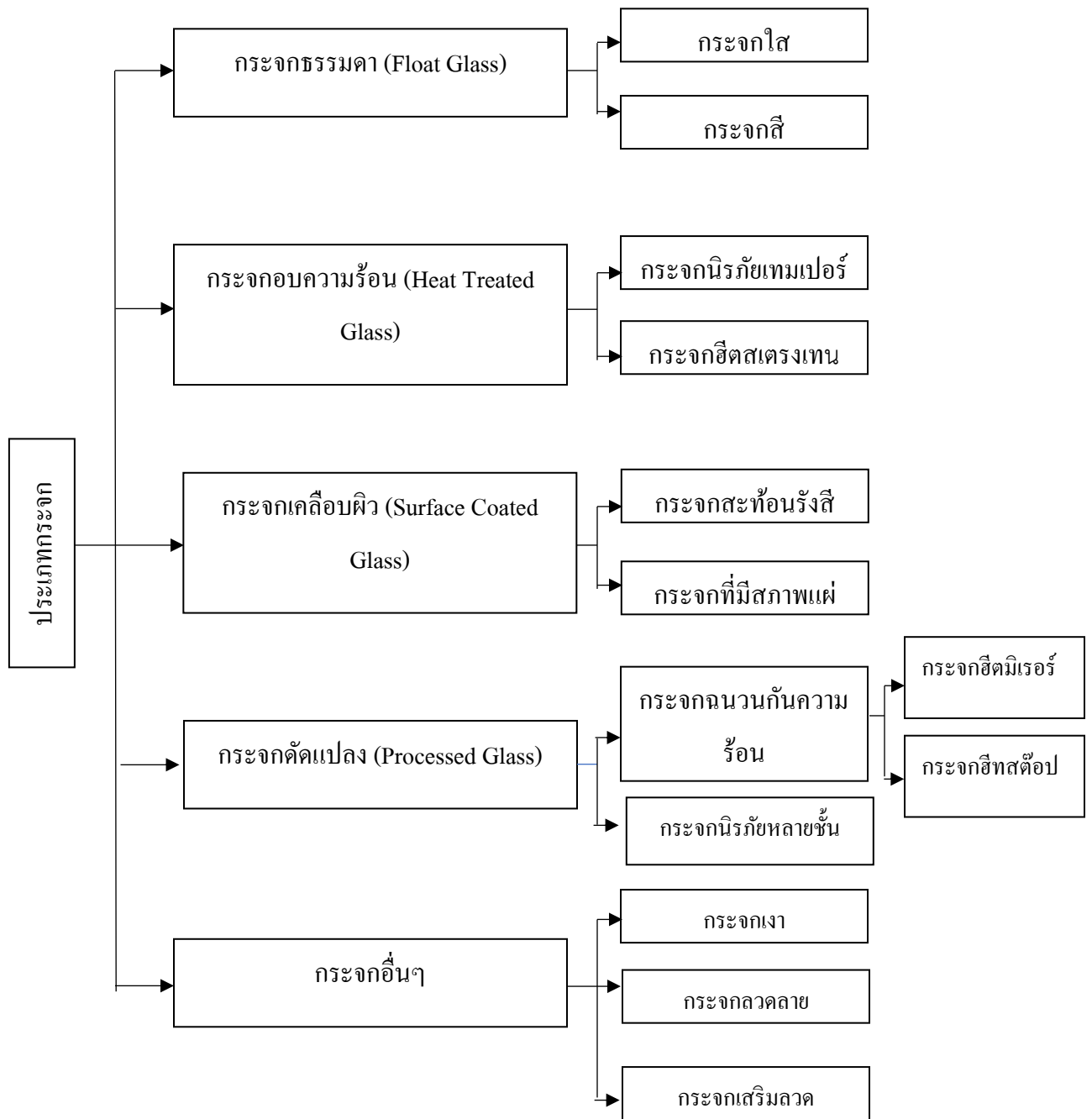
มุมเอียงของผนัง,องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่าความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของผนัง kJ/(m ² .K)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
0	ทุกทิศทาง	15	7.3	10.7	14.1	17.5
		30	7.3	10.7	14.2	17.6
		50	7.3	10.8	14.3	17.7
		100	7.4	10.9	14.5	18.0
		200	7.5	11.2	14.9	18.6
		300	7.6	11.4	15.2	19.1
		400	7.7	11.5	15.4	19.3
90	ทิศเหนือ	15	4.7	6.1	7.5	8.9
		30	4.7	6.1	7.5	8.9
		50	4.7	6.1	7.5	8.9
		100	4.8	6.2	7.6	9.0
		200	4.8	6.3	7.7	9.2
		300	4.9	6.3	7.8	9.3
		400	4.9	6.4	7.9	9.4
	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	15	5.5	7.4	9.4	11.3
		30	5.5	7.4	9.4	11.4
		50	5.5	7.5	9.4	11.4
		100	5.5	7.5	9.5	11.5
		200	5.6	7.7	9.7	11.7
		300	5.7	7.8	9.8	11.9
		400	5.7	7.8	9.9	12.0
	ทิศใต้	15	5.6	7.7	9.7	11.8
		30	5.6	7.7	9.8	11.8
		50	5.7	7.7	9.8	11.9

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

มุมเอียงของ ผนัง, องศา	ทิศทาง	ผลคูณของค่าความ หนาแน่นและความ ร้อนจำเพาะของผนัง kJ/(m ² .K)	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
90	ทิศใต้	100	5.7	7.8	9.9	12.0
		200	5.8	8.0	10.1	12.3
		300	5.9	8.1	10.3	12.5
		400	5.9	8.2	10.4	12.6
	ทิศตะวันตก	15	5.3	7.1	9.0	10.8
		30	5.3	7.2	9.0	10.9
		50	5.4	7.2	9.1	10.9
		100	5.4	7.3	9.2	11.1
		200	5.5	7.5	9.4	11.3
		300	5.6	7.6	9.5	11.5
		400	5.6	7.6	9.6	11.6

2.3 คุณสมบัติกระจก

กระจกเป็นวัสดุกรอบอาคารที่ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระจกมีด้วยกัน หลายประเภท นอกจากนี้ในแต่ละประเภทยังมีความหนาและค่าสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกัน กระจกที่ใช้ประกอบอาคารโดยทั่วไปได้แก่ กระจกชั้นเดียวที่มีความหนาระหว่าง 3 – 6 มิลลิเมตร กระจกมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อภาวะความร้อนของอาคาร ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังกระจกมีค่าสูง 5-10 เท่า เมื่อเทียบกับผนังทึบ การเลือกใช้กระจกที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนจะสามารถลดภาวะความร้อนของอาคารลงได้อย่างมาก สำหรับกระจกแล้ว เราต้องพิจารณาการใช้ประโยชน์ของแสงธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถผลิตกระจกที่มีความเหมาะสมมากขึ้น กล่าวคือ มีความสามารถป้องกันความร้อนได้ดีและยังสามารถนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

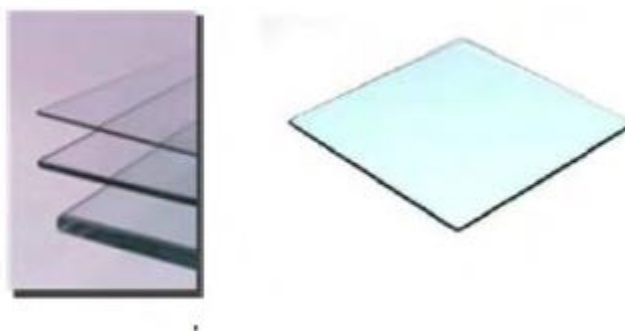


ภาพที่ 2.6 แผนภาพประเภทของกระจกแต่ละชนิด

2.3.1 กระจกธรรมดา (Float glass)

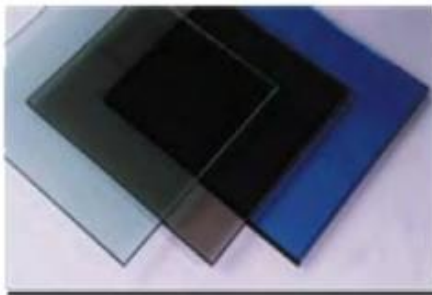
กระจกธรรมดาเป็นกระจกพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยตรง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือกระจกใสและกระจกสี

กระจกใส (Float glass) กระจกใสเป็นกระจกโปร่งใสที่มีผิวทั้งสองด้านเรียบสนิท ให้ภาพในการมองเห็นชัดเจน และมีราคาถูกที่สุด กระจกชนิดนี้ยอมให้แสงผ่านเข้ามาสูง (ร้อยละ 38 จึงมีแสงสว่างกระจายเข้ามาภายในห้องเป็นจำนวนมากแต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาอีกด้วยเช่นกัน (ร้อยละ 83) ดังนั้น ในการใช้งานจึงมักมีการติดฟิล์มกรองแสง หรือการใช้ร่วมกับอุปกรณ์บังแดด เป็นต้น กระจกใสยังเป็นกระจกพื้นฐานเพื่อนำไปผลิตกระจกประเภทอื่นๆ รูปที่ 2.3.2 แสดงตัวอย่างของกระจกใส



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างกระจกใส

กระจกสีหรือกระจกดูดกลืนความร้อน (Heat absorbing glass) ผลิตขึ้น โดยการผสมโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสมในขั้นตอนการผลิตกระจกทำให้กระจกมีสีสีน้ำตาล ความเข้มของสีจะเพิ่มมากขึ้นตามความหนาของกระจก ซึ่งจะส่งผลทำให้การดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่สะสมอยู่ในเนื้อกระจกมีมากขึ้นด้วย ฉะนั้น การนำไปใช้งานจึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังคุณสมบัติเหล่านี้ด้วย อีกทั้งกระจกชนิดนี้เมื่อมองภายนอกจะมีความคล้ายกับกระจกตัดแสงที่มีสี แต่คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจะต่างกัน



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างกระจกสี

2.3.2 กระจกอบความร้อน (Heat treated glass)

กระจกอบความร้อนเป็นกระจกใสหรือกระจกสีที่นำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งคุณภาพของเนื้อกระจกเพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น หรือรับแรงกระทำภายนอกได้มากขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ กระจกนิรภัยเทมเปอร์เป็นการนำกระจกไปผ่านกระบวนการเทมเปอร์ริง (Tempering) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยการสร้างให้เกิดชั้นของแรงอัดขึ้นที่ผิวแก้วเพื่อต้านแรงจากภายนอก ซึ่งทำได้โดยการให้ความร้อนกับกระจกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวของแก้วเล็กน้อยที่ประมาณ $650-700^{\circ}\text{C}$ และทำให้ผิวกระจกเย็นตัวอย่างรวดเร็ว

กระจกอีตสตรงเทนเป็นกระจกที่ได้จากกระบวนการผลิตที่คล้ายกับกระจกนิรภัยเทมเปอร์ คือ ให้ความร้อนกับกระจกแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง แต่ต่างจากกระจกนิรภัยเทมเปอร์ตรงที่การผลิตกระจกอีตสตรงเทนจะปล่อยให้กระจกเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จึงทำให้ความแข็งแรงน้อยกว่ากระจกนิรภัยกระจกเคลือบผิว (Surface coated glass)

กระจกเคลือบผิวเป็นกระจกธรรมดาที่นำไปผ่านกระบวนการเคลือบโลหะบนผิวกระจกเพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์สำหรับนำไปใช้งานในด้านการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมีความสวยงามมากขึ้น

กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar reflective glass)

กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์เป็นกระจกธรรมดาที่เคลือบผิวด้วยโลหะออกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสงทำให้สามารถสะท้อนพลังงานจากรังสีอาทิตย์ได้บางส่วน กระจกมีค่าการสะท้อนแสงก่อนข้างสูงความโปร่งแสงก่อนข้างน้อย มีสีส้มสวยงามหลายสีที่แตกต่างกัน ขึ้นกับรูปแบบการเคลือบและสีของกระจกที่เป็นวัตถุดิบที่นำมาเคลือบ

กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-e glass)

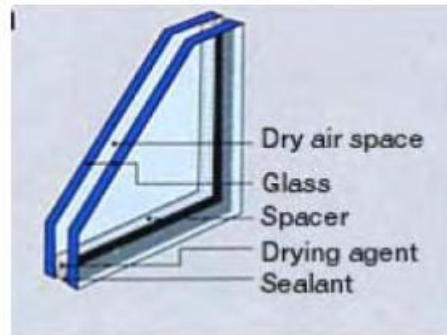
กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกที่เคลือบสาร โลหะ โดยมี โลหะเงินบริสุทธิ์เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้ผิวเคลือบที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดลักษณะเด่นในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณสมบัติในการประหยัดพลังงาน โดยที่กระจกยังมีลักษณะใส ไม่ทึบแสง ให้ค่าแสงส่งผ่านมากและมีค่าการสะท้อนแสงน้อย ค่าการแผ่รังสีเป็นคุณสมบัติจำเพาะของผิววัตถุ ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนความร้อนที่ตกกระทบบนผิววัตถุนั้นๆ หรือความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนออกจากผิววัตถุนั้นๆ ดังนั้นกระจกแผ่นใดที่เคลือบด้วยสารที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำมากๆ จึงหมายความว่า กระจกนั้นมีความสามารถในการแผ่รังสีต่ำ ด้วยเหตุนี้เองทำให้กระจกชนิดนี้ถูกนำไปใช้ทำเป็นกระจกฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี

กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำจะสะท้อนคลื่นความร้อนและยอมให้แสงผ่านกระจกได้ในปริมาณใกล้เคียงกับกระจกธรรมดา ในขณะที่เดียวกันก็สามารถสะท้อนคลื่นความร้อนและป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี และมีการสะท้อนแสงน้อย กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำช่วยในการประหยัดพลังงาน ได้สูง โดยยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในอาคาร ขณะที่สะท้อนรังสีคลื่นยาวหรือรังสีความร้อนออกพอสมควร ในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทย กระจกประเภทนี้มีความเหมาะสม

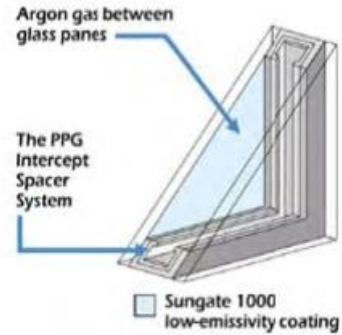
2.3.3 กระจกตัดแปลง (Processed glass)

มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กระจก 2 ชั้น (Doubled Glazing) มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนต่ำสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ได้ดี สามารถแบ่งตามชนิดของฉนวนกันความร้อนได้ ดังนี้

กระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวน ได้จากการนำกระจกแผ่นเรียบธรรมดา 2 แผ่น มาประกบกัน โดยมีเฟรมอลูมิเนียมที่บรรจุสารดูดความชื้นกั้นกลาง จากนั้นปิดขอบกระจกให้สนิทดังรูปที่ 3.6 ผลที่ได้ก็คือ อากาศภายในช่องว่างระหว่างกระจกทั้ง 2 แผ่นจะเป็นอากาศแห้ง ซึ่งอากาศแห้งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันการความร้อนที่ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้มากกว่ากระจกธรรมดาอีกด้วย



(ก) ใช้อากาศแห้งเป็นฉนวนตรงกลาง



(ข) ใช้ก๊าซเป็นฉนวนตรงกลาง

ภาพที่ 2.9 กระจกกันความร้อน

กระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวน คล้ายกับแบบใช้อากาศแห้งคือ การใช้กระจกแผ่นเรียบ 2 แผ่นประกบกับเฟรมอลูมิเนียมแต่ชนิดนี้จะบรรจุก๊าซเฉื่อยลงไปแทนดังรูปที่ 3.6 (ข) ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบใช้อากาศแห้ง และในกรณีที่น่าจะจกนิรภัยมาประกอบเป็นกระจกฉนวนกันความร้อน (Airless Laminated Insulating Glass) ก็จะทำให้ความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น แต่จะมีราคาสูงขึ้นไปจากเดิมที่มีราคาสูงอยู่แล้ว การใช้กระจก 2 ชั้น โดยมีช่องว่างอากาศและกั้นกันความร้อนคั่นอยู่ตรงกลางนี้ สามารถช่วยลดความร้อนได้ประมาณ 70-80% ในขณะที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านได้ในปริมาณสูง จึงให้ความสว่างที่ปลอดภัย และในกรณีที่ติดฟิล์มด้านในของกระจกทั้ง 2 แผ่น ก็จะช่วยป้องกันรังสีอุลตราไวโอเล็ต (UV) เข้ามาทำลายวัสดุต่างๆ ภายในอาคารได้อีกด้วย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานวิจัยแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดงาน

ชมพูนุช แสงกาญจนวนิช(2557) ปัจจุบันประเทศไทยได้ส่งเสริมการประหยัดพลังงานภายในอาคาร ดังจะเห็นได้จากการเสนอแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของกระทรวงพลังงานที่กำหนดเป้าหมายการลดใช้พลังงานให้ได้ 20% แต่แผนดังกล่าวยังขาดความชัดเจนในเรื่องการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารสำนักงานของรัฐที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบแปลนเดียวกันเนื่องจากงบประมาณการก่อสร้างที่จำกัด และเป็นแบบแปลนซึ่งถูกออกแบบก่อนการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงส่งผลให้สถาปนิกไม่ได้คำนึงถึงการ

ออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงานเท่าที่ควร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยขั้นตอนของการวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานศึกษา และเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานของรัฐในปัจจุบันเพื่อนำมาเป็นกลุ่มอาคารตัวอย่าง ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 300 ตารางเมตร 1,200 ตารางเมตร และ 12,000 ตารางเมตร จากนั้นจำลองอาคารด้วยโปรแกรม EQUEST 3.65 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่หนึ่งคือการเปรียบเทียบการใช้พลังงานภายหลังการปรับเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคาร อัตราส่วนรูปทรงของอาคาร จำนวนทิศทางของช่องเปิด และสัดส่วนของช่องเปิดต่อผนังของอาคาร ส่วนระยะที่สองคือการเลือกอาคารเพื่อเปรียบเทียบการใช้งานพลังงานกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างหลังจากการเปลี่ยนวัสดุผนังและวัสดุกระจก ผลการทดลองสรุปได้ว่าขนาดพื้นที่ใช้สอยของอาคารส่งผลต่อการประหยัด

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศและประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร:กรณีศึกษา กรมส่งเสริมการเกษตร(อาคาร1)

กฤษเมธี โชติคุณ (2562) การใช้งานของระบบปรับอากาศในสำนักงาน กรมส่งเสริมการเกษตร อาคารที่ 1 พบว่ายังไม่มีข้อกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานทางค้ำระบบปรับอากาศ มีการใช้งานอย่างสิ้นเปลืองและขาดการดูแลบำรุงรักษา อีกทั้งยังไม่มีมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโหลดการใช้พลังงานให้แน่ชัดหรือปริมาณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานและเพื่อให้สามารถสร้างแนวทางมาตรการอนุรักษ์พลังงานระบบปรับอากาศให้กับสำนักงานในส่วนต่างๆ จากปัญหาข้างต้นทำให้ในสำนักงานกรมส่งเสริมการเกษตรอาคารที่ 1 จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายไปกับการ ใช้พลังงานไฟฟ้าและสิ้นเปลืองพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าหากมีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานก็จะทำให้ สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้และเสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานลดน้อยลงการศึกษาแบบจำลองค่าพลังงานไฟฟ้าการปรับอากาศและระยะเวลาคืนทุนของการใช้ฉนวนกันความร้อนในกรอบอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว

สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลจากการใช้ฉนวนกับบ้านพักอาศัยในด้านการลดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศและด้านความคุ้มทุนสำหรับบ้านเดี่ยว วิธีการศึกษาได้แก่การสร้างแบบจำลองทางพลังงานของบ้านเดี่ยวกรณีฐานในโปรแกรมจำลองทางพลังงาน eQuest 3-65 ซึ่งจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าของบ้านกรณีฐานได้โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ค.ศ. 1998-2002 ซึ่งสร้างขึ้นในรูปแบบไฟล์ Typical Meteorological Year

(TMY)บ้านเดี่ยวกรณีฐานมีข้อมูลของปัจจัยต่าง ๆ ของบ้านที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองบ้านกรณีฐานขึ้นมาแล้วนำผลการจำลองทางพลังงานมาเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าที่เก็บข้อมูลได้จากบ้านจริงซึ่งได้พบว่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศของบ้านกรณีฐานและบ้านจริงมีความแตกต่างเฉลี่ย 12 เดือนเท่ากับ 10.2% ดังนั้นแบบจำลองบ้านกรณีฐานสามารถเป็นตัวแทนการใช้พลังงานในการปรับอากาศของบ้านทั่วไปได้ จากนั้นได้ป้อนข้อมูลการติดตั้งรั้วฉนวนหนา 75 และ 150 มม. ที่ผนังและ/หรือเพดานในแบบจำลองบ้านกรณีฐาน ซึ่งหันไปทางทิศเหนือ ได้ตะวันออกและตะวันตก แล้วคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศจากการใช้ฉนวนดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งฉนวนสามารถลดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศลงได้ 19.08-38.8% เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ติดฉนวน บ้านที่หันไปทางทิศใต้และมีการติดตั้งฉนวนที่ฝ้าเพดานมีการลดลงของพลังงานในการปรับอากาศมากที่สุด โดยสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด 0.9 ปีเมื่อติดตั้งกับฝ้าเพดานเดิมโดยไม่ต้องลงทุนโครงสร้างเพิ่มเติม การติดฉนวนที่ผนังอย่างเดียวสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุดคือ 5 ปี โดยติดตั้งฉนวนหนา 75 มม. กับผนังภายนอกของบ้านที่หันไปทางทิศใต้

ตารางที่ 2.9 สรุปการทบทวนวรรณกรรมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม eQuest 3-65 และงานวิจัยเกี่ยวกับกรอบอาคาร

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
ธนกร น้อยชัย ฤทธิ(2554)	การเลือกใช้ กระจก ประสิทธิภาพ สูงเพื่อการ อนุรักษ์ พลังงาน กระบวนการ เชิงลำดับชั้น	ศึกษาประสิทธิภาพของ กระจกหน้าต่างเพื่อเป็น แนวทางในการเลือกใช้ กระจกในการออกแบบอาคาร สำนักงานเชิงอนุรักษ์และใช้ โปรแกรมจำลองสภาพการใช้ พลังงานโดยใช้โปรแกรมสำ หรับจรูปแบบ Glass performance calculation program GSDB3 model v 3.2 ในการคำนวณ ปริมาณความร้อนที่เข้ามาและ ภาระทำความเย็นของอาคาร สำนักงานต้นแบบที่จำลอง	ผลการศึกษาแบบจำลองอาคารสำนักงาน ต้นแบบ เมื่อติดตั้งกระจกชนิดที่ศึกษา ทางด้านทิศตะวันออก เหนียงใต้ ได้รับผล จากการติดตั้งกระจกพบว่าจากผลการ คำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง กระจกพบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ของผนังกระจก เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กับ ค่าการสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน สัมประสิทธิ์การบังแดด สัมประสิทธิ์ รังสีอาทิตย์และ ค่าการถ่ายเทความร้อน รวมของกระจกเข้าสู่ภายใน โดยกระจก สะท้อนแสงสีฟ้าหนา 6 มิลลิเมตร (SL6SS508) มีค่าน้อยที่สุด ตามด้วย กระจกสีเขียว (OL6) กระจกนิรภัยหลาย ชั้นสีเขียว (FL3+377300+FL3) กระจก ฉนวนอากาศสองชั้น(FL3 + Air 6 mm + FL3) กระจกนิรภัยหลายชั้นใส (FL3+0.38+FL3) และ มีค่าสูงที่สุดเป็น กระจกใส 6 มิลลิเมตร (FL6)

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
ชมพูนุช แสงกาญจนวนิช (2557)	ผลงานวิจัย แนวทางการ ออกแบบอาคาร สำนักงานของ รัฐเพื่อการ ประหยัดงาน	ขั้นตอนของการวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานศึกษาและเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานของรัฐในปัจจุบันเพื่อนำมาเป็นกลุ่มอาคารตัวอย่าง ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 300 ตารางเมตร 1,200 ตารางเมตร และ 12,000 ตารางเมตร จากนั้นจำลองอาคารด้วยโปรแกรม eQUEST 3.65 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่หนึ่งคือการเปรียบเทียบการใช้พลังงานภายหลังการปรับเปลี่ยนทิศทางวางแกนของอาคาร	ทำการคำนวณค่าการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.65 ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นค่าการใช้พลังงานภายในอาคารที่ได้จากการเปลี่ยนค่าตัวแปร ได้แก่ พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร การกำหนดจำนวนทิศทางของช่องเปิด ทิศทางการวางแกนตามด้านยาวของอาคาร อัตราส่วนรูปทรงของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด วัสดุผนังอาคาร และ วัสดุกระจก โดยระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณคือ 1 ปี หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าพลังงาน คือ กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/s9.m/yr) การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในบทนี้เพื่อแสดงให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อหาอัตราส่วนรูปทรงของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด ที่เหมาะสมที่ช่วยในการออกแบบอาคารในแต่ละขนาด พื้นที่ใช้สอยให้มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
คมสัน วิสวาท โท(2560)	การศึกษา มาตรการการ ประหยัด พลังงานและ ประเมินความ คุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์ ของ อาคารประเภท ห้องสมุด: กรณีศึกษาอาคาร ห้องสมุดเพื่อการ เรียนรู้ของ กรุงเทพมหานคร	ศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร หอสมุดของกรุงเทพมหานคร 8 แห่ง มีลักษณะเป็นอาคารสูง 3 ชั้น ซึ่งมี จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าเหมือนกันแต่มี การใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันโดยการใช้ โปรแกรมจำลองอาคาร ชื่อว่า EnergyPlus โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของ โปรแกรมและใส่ข้อมูลเบื้องต้นของ อาคาร เช่น ตำแหน่งขนาดและรูปร่าง ของอาคารห้องสมุดและได้นำเสนอ มาตรการลดใช้พลังงานมาตรการที่ 1 เปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างเป็น LED มาตรการที่ 2 การติดฟิล์มกันความ ร้อนที่ผนัง มาตรการที่ 3 ปรับ อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ มาตรการที่ 4 การเปลี่ยน เครื่องปรับอากาศ มาตรการที่ 5 ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ อาคารตามแบบจำลองมีค่า ใกล้เคียงกับปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าของอาคารตาม ใบเสร็จค่าไฟฟ้า โดยมีเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน 0.03-7.30% และเมื่อเทียบกับดัชนีการใช้ พลังงานไฟฟ้าของการอนุรักษ์ พลังงานงานปี 2551 พบว่า การ (Set T.+LED+Flim+A/C+PV) เป็นมาตรการที่สามารถลดค่า ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของ อาคารมากที่สุดในทุกห้องสมุด การศึกษา ยกเว้นห้องสมุด คลอง สามวา (Set T.+LED+Film+PV) เป็นมาตรการที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
สุดาภรณ์ สุคประเสริฐ (2561)	การศึกษา แบบจำลองค่า พลังงานไฟฟ้า การปรับอากาศ และระยะเวลา คืนทุนของการ ใช้ฉนวนกัน ความร้อนใน กรอบอาคารพัก อาศัยประเภท บ้านเดี่ยว	สร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ eQuest version 3-65 ขึ้นตอนการการวิจัยเริ่ม จากการศึกษารูปแบบของบ้านพัก อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวเพื่อนำมาเป็น กรณีฐานของการจำลองทางพลังงาน ซึ่งได้แก่ พื้นที่อาคาร จำนวนชั้น การ จัดวางห้องภายในอาคาร วัสดุก่อสร้าง หลักของผนังภายในและผนังภายนอก วัสดุ มุง หลังคา การใช้งาน เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ข้อมูลของ บ้านกรณีฐานนำมาจากงานวิจัยก่อน	งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการประหยัด พลังงานและระยะเวลาคืนทุนจาก แบบจำลองทางพลังงานที่สร้างด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3-65 แบบจำลองของบ้านกรณีฐานซึ่ง เป็นตัวแทนของบ้านสองชั้นซึ่งมี การใช้งานเครื่องปรับอากาศใน ห้องนั่งเล่นในเวลากลางวันและ ห้องนอนในเวลากลางคืนนั้นแสดง ว่าสัดส่วนของภาระการทำควม เย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) มา จากการนำความร้อนที่ผ่านเข้ามา ทางหลังคาบ้านมากที่สุด ห้องนอน ซึ่งไม่ได้รับแดดโดยตรงจากดวง อาทิตย์ในเวลากลางวันแต่ความร้อน ที่มาจากหลังคานั้นสะสมสูงจนถึง เวลาที่มีใช้งานเครื่องปรับอากาศ ในช่วงกลางคืน ในการติดตั้งฉนวน หนา 150 mm นั้นให้ผลการ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อการ ปรับอากาศมากกว่าการติดตั้งฉนวน หนา 75 mm เพียง 2% จึงแนะนำให้ ใช้ฉนวนหนา 75 mm นอกจากนี้ ฉนวนที่บางกว่าทำให้สูญเสียพื้นที่ ภายในอาคารน้อยกว่า

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
กฤษเมธี โชติภรณ์ (2562)	การใช้งานของ ระบบปรับ อากาศใน สำนักงาน กรม ส่งเสริม การเกษตร อาคารที่ 1	พบว่ายังไม่มีข้อกำหนดมาตรการ อนุรักษ์พลังงานทางค่านระบบปรับ อากาศ มีการใช้งานอย่างสิ้นเปลืองและ ขาดการดูแลบำรุงรักษา อีกทั้งยังไม่มี การเก็บรวบรวมข้อมูลโหลคการใช้ พลังงานให้แน่ชัดหรือปริมาณการใช้ พลังงานของระบบปรับอากาศ เพื่อใช้ ในการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน และเพื่อให้สามารถสร้างแนวทาง มาตรการอนุรักษ์พลังงานระบบปรับ อากาศให้กับสำนักงานในส่วนต่างๆ	ประเมินศักยภาพและมาตรการ อนุรักษ์พลังงานของ เครื่องปรับอากาศ การสามารถ ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ หลากหลายมาตรการ แต่ความ เหมาะสมที่จะดำเนินการอนุรักษ์ พลังงานได้นั้นขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ ของห้อง และความต้องการของแต่ละ สถานที่เป็นต้น โดยมาตรการ หลักๆ ที่สามารถประหยัดพลังงาน ได้ สามารถวิเคราะห์จากการสำรวจ ในสำนักงาน ฝ่ายต่างๆ ได้ดังตาราง ที่ 4.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ มาตรการที่เป็นไปได้ในการ กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
นิรุทธิ์ อมร คณารัตน์ (2562)		ศึกษาข้อมูลก่อสร้างอาคาร การ ใช้วัสดุกรอบอาคารที่ใช้พลังงาน ในอาคารของสถานพยาบาลสูง 4 ชั้นและทำการเปรียบเทียบการใช้ วัสดุอาคารเพื่อคำนวณการใช้ พลังงานในอาคารและประเมิน สมรรถนะของวัสดุอาคาร ในด้าน การชพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมทำ การจำลองวิเคราะห์ ด้วย โปรแกรม BEC(Building Energy Code) V 1.0.6 ได้ทำการแบ่งโซน อาคารสัดส่วนที่ปรับอากาศและ ไม่ปรับอากาศระบบการใช้งานของ แต่ละพื้นที่นำข้อมูลที่ได้จากการ จำลองและเปรียบเทียบการ เปลี่ยนแปลงวัสดุกรอบอาคาร ออกมาในรูปแบบของการใช้ พลังงานอาคารต้นแบบและ เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดจนวัฏ จักรชีวิตของอาคาร	เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการ ปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารทั้ง 4 แบบรวม ไปถึงการประเมิน ต้นทุนวัฏจักรชีวิตของอาคาร ตลอดจนช่วงอายุ 50 ปี อัตราคิด ลด 8% ต่อปีและพบว่าทางเลือกที่ 1 ทำให้ค่า OTTV และ RTTV ลดลงจากอาคารต้นแบบแต่พบว่า ทางเลือกที่ 2 ทำให้ค่า OTTV และ RTTV ลดลงได้มากกว่า ทางเลือกที่ 1 ถึงแม้ว่าค่าลงทุน ก่อสร้างของทางเลือกที่ 1 จะน้อย กว่าทางเลือกที่ 2 แต่เมื่อคิด ค่าใช้จ่ายต้นทุนแบบ Life Cycle Cost ทางเลือกที่ 1 จะมีค่าใช้จ่าย มากกว่าทางเลือกที่ 2 และมาก ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 ทางเลือก

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
ชลากร เขาวนพานิช (2563)	ผลการประหยัดพลังงานจากการใช้ฮีตสโตนความร้อน	ผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาผลการประหยัดพลังงานจากการใช้ฮีตที่มีคุณสมบัติสะท้อนความร้อนเทียบกับฮีตธรรมดาทั่วไป โดยสร้างสร้างห้องทดสอบขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.16 เมตร คิดเป็นพื้นที่ใช้สอย 24 ตารางเมตร จำนวนสองห้อง ในจังหวัดสมุทรปราการ ห้องทดสอบแรกทาสีสะท้อนความร้อน ห้องทดสอบที่สองทาสีทั่วไป โดยฮีตที่ใช้เป็นฮีตโชน้ำตาลเข้มแต่ละห้องจะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อตรวจวัดการใช้พลังงาน ช่วงเวลาในการทดลองอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2562 และช่วง เดือนเมษายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 และการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายนอก ผนังภายใน ปลั๊กซ์ความร้อน และข้อมูลการใช้ไฟฟ้า เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างการใช้ฮีตสะท้อนความร้อนกับการใช้ฮีตทั่วไป และการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม EnergyPlus เพื่อเปรียบเทียบกับกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจริง	ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ห้องทดลองที่ใช้ฮีตสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายนอกต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้ฮีตทั่วไป โดยฮีตสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 8.1°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.9°C และ อุณหภูมิผนังภายในต่ำกว่า ห้องทดลองที่ใช้ฮีตทั่วไป ฮีตสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดที่ 4.3 °C สามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.3°Cจากการสร้างแบบจำลองพบว่าห้องทดลองที่ใช้ฮีตสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายนอกต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้ฮีตทั่วไปฮีตสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 9.7°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 3.5°C และ ห้องทดลองที่ใช้ฮีตสะท้อนความร้อนมีอุณหภูมิผนังภายในต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้ฮีตทั่วไป โดยฮีตสะท้อนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ที่ 4.9°C และสามารถลดได้เฉลี่ยอยู่ที่ 2.0°C ผลการประหยัดพลังงานพบว่าการใช้ฮีตสะท้อนความร้อนสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 31.24%

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การใช้เทคโนโลยีโปรแกรมจำลองการใช้โปรแกรม เพื่อประเมินและวิเคราะห์พลังงานเก่า และหาแนวทางการปรับปรุง โดยการใช้แบบจำลองการใช้พลังงานของอาคาร 6 อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ ชั้น 2-5 (อาคารหอสมุด) ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest v.3-65 ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษารูปแบบของอาคารหอสมุดในแต่ละพื้นที่ของชั้นอาคารเพื่อนำมาเป็นกรณีฐานของการจำลองพลังงานซึ่งได้แก่พื้นที่อาคาร จำนวนชั้น การจัดวางลักษณะห้องในอาคาร วัสดุก่อสร้างหลัก ภายใน-นอก อาคาร วัสดุกรอบอาคาร เป็นต้น ขั้นตอนในการป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมจำลองพลังงานอาคาร eQuest v. 3-65 เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือนและพลังงานรวมต่อปี ของอาคารในการวิเคราะห์

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 รวบรวมข้อมูลของอาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต) เช่น ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ, ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากค่าที่วัดได้จริงในแต่ละเดือนประจำปี 2563

3.2 รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร เช่น คุณสมบัติของวัสดุ ราคาและค่าแรงในการปรับปรุงอาคาร

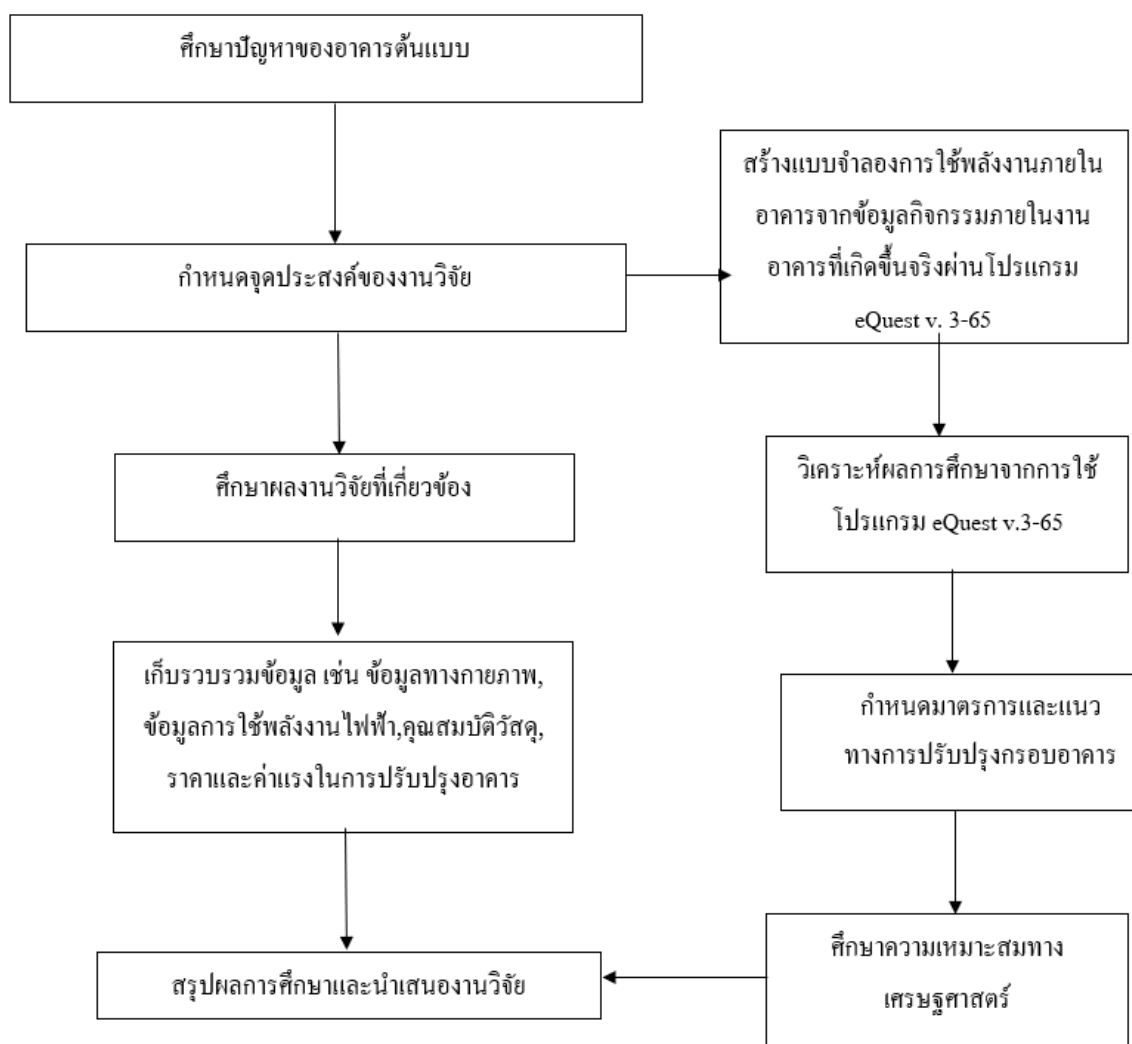
3.3 การประเมินผลการใช้ไฟฟ้าของอาคารก่อนการปรับปรุงเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตามกฎกระทรวงฯ โดยใช้โปรแกรม eQuest v.3-65

3.4 กำหนดมาตรการและแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร

3.5 จำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยปรับเปลี่ยนวัสดุของกรอบอาคารในแต่ละมาตรการทำโดยนำเข้าข้อมูลกิจกรรมภายในงานอาคารที่เกิดขึ้นจริงลงในโปรแกรม eQuest v. 3-65 และจำลองการใช้พลังงานในอาคารจากภาระความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ

3.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของผลการประหยัดและระยะเวลาในการคืนทุนของแนวทางในการปรับปรุงอาคาร

3.7 สรุปแนวทางการศึกษา การปรับปรุงอาคารที่ผ่านเกณฑ์ตามกฎกระทรวงในแต่ละทางเลือกในการปรับปรุง, ผลของการทำนายจากโปรแกรม eQuest v. 3-65 และอภิปรายผลพร้อมทั้งแสดงข้อจำกัดสำหรับการนำผลการศึกษาไปใช้งานจริง



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัย

3.2 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

ที่ตั้งอาคาร อาคาร 6 (หอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต) โดยมีพื้นที่รวม ชั้น2-5 = 5904.64 ตร.ม และมีลักษณะในการแบ่งประเภทการใช้สอยของงานตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดพื้นที่และลักษณะการใช้งานของชั้น 2 ถึง ชั้น 5 อาคารหอสมุด

ชั้นที่	ขนาดพื้นที่(ตร.ม.)	ประเภทการใช้งาน(ของแต่ละชั้น)
2	1433.47	เคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์, มุมอ่านหนังสือ, มุมใช้งานคอมพิวเตอร์
3	1490.39	มุมอ่านหนังสือ, บริการหนังสือทั่วไป
4	1490.39	มุมอ่านหนังสือและสื่อสารเสริมทักษะการเรียนรู้
5	1490.39	มุมอ่านหนังสือห้องโสตทัศน 1 ห้องโสตทัศน 2 ห้องโสตทัศน 3 ห้องเจ้าหน้าที่แผนกสื่อโสตทัศน

หมายเหตุ. วัดขนาดพื้นที่จากPlanพื้นของอาคาร 6 (อาคารหอสมุด)

ศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐจากการศึกษาพบว่า เพื่อให้อาคารที่ทำงานของราชการอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และมีราคาค่าก่อสร้างต่อเนื่องที่ใช้สอยของอาคารแต่ละชั้นเฉลี่ยตารางเมตรละไม่เกินจำนวนเงินที่สำนักงบประมาณกำหนด โดยที่หากเป็นอาคารสถานีอนามัยจะมีค่าก่อสร้างประมาณ 10,500 บาท/ตร.ม.จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานอาคารประเภทที่ทำการของราชการ พ.ศ. 2521 โดยมีการกำหนดรายการการก่อสร้างไว้ทั้งหมด 3 หัวข้อ ได้แก่

1. การออกแบบ กำหนดให้ใช้ระบบประสานทางพิกัด (modular coordination) ตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย
2. ลักษณะของอาคาร มีการกำหนดขนาดพื้นที่ใช้สอยของราชการแต่ละตำแหน่งเพื่อประโยชน์แก่การคำนวณเนื้อที่ทั้งหมดของอาคาร
3. วัสดุก่อสร้าง มีการกำหนดวัสดุมาตรฐานในการก่อสร้าง เช่น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่ออิฐเผาแท่งตันหรืออิฐผาโปร่ง คอนกรีตบล็อก

ภายในอาคารและพื้นที่ใช้สอยดังภาพที่ 3.2 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 2



เคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์



บริเวณสืบค้นข้อมูลใช้งานคอมพิวเตอร์



ลักษณะการใช้พื้นที่บริเวณชั้น 2



บริเวณมุมอ่านหนังสือ

ภาพที่ 3.2 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 2

ภายในอาคารและพื้นที่ใช้สอยดังภาพที่ 3.3 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 3



ลักษณะการใช้พื้นที่บริเวณชั้น 3



บริเวณสืบค้นข้อมูลใช้งานคอมพิวเตอร์



บริเวณมุมอ่านหนังสือ



บริเวณมุมอ่านหนังสือ

ภาพที่ 3.3 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 3

ภายในอาคารและพื้นที่ใช้สอยดังภาพที่ 3.4 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 4



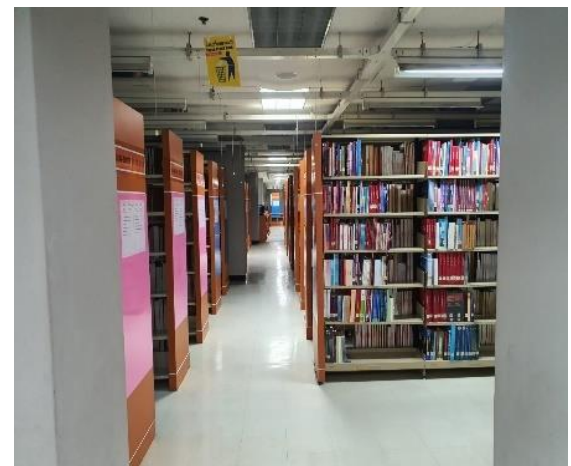
บริเวณมุมบริการอ่านหนังสือ



บริเวณมุมบริการอ่านหนังสือ



บริเวณสืบค้นข้อมูลใช้งานคอมพิวเตอร์



บริเวณสืบค้นข้อมูลหนังสือ

ภาพที่ 3.4 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 4

ภายในอาคารและพื้นที่ใช้สอยดังภาพที่ 3.5 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 5



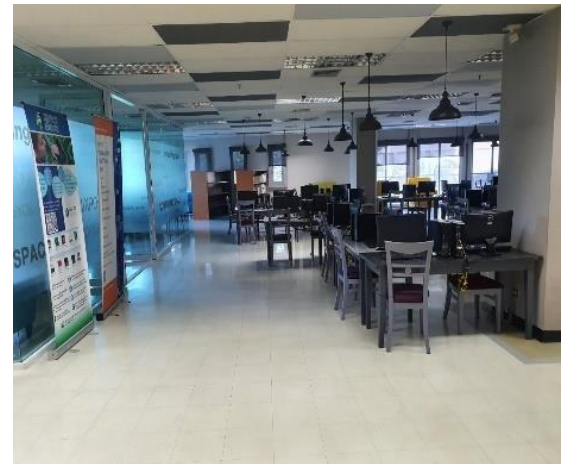
บริเวณมุมบริการอ่านหนังสือ



บริเวณสืบค้นข้อมูลใช้งานคอมพิวเตอร์



บริเวณมุมบริการอ่านหนังสือ



บริเวณสืบค้นข้อมูลใช้งานคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 3.5 พื้นที่ใช้สอยบริเวณชั้น 5

3.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกแบบอาคาร

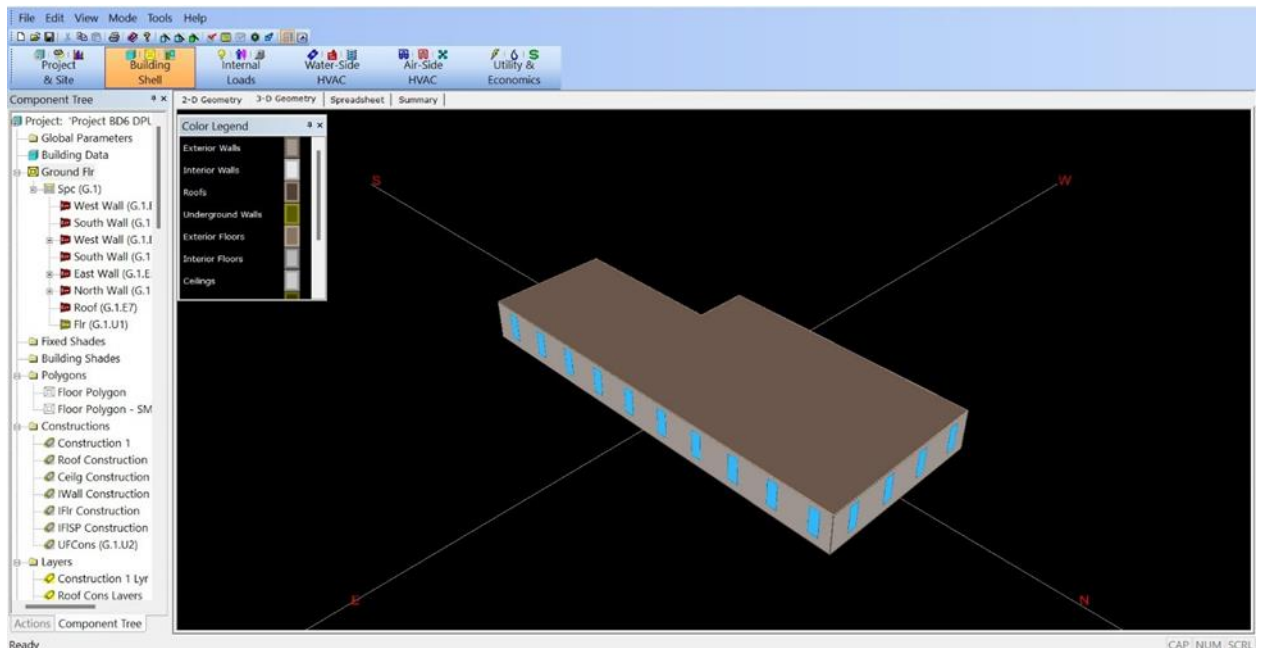
เพื่อการประหยัดพลังงาน (กระทรวงพลังงาน, ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2557) แบ่งออกเป็นปัจจัยภายนอก และ ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน สภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ เป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับที่อยู่อาศัยหรืออาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากการสร้างอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศจะช่วยลดพลังงานในระบบทำความเย็นเขตร้อนทิศทางแสงแดด ควรหลีกเลี่ยงการวางตำแหน่งด้านความยาวของตัวอาคาร ให้หันหน้าเข้าหาทิศตะวันออกและตะวันตก เนื่องจากในช่วงบ่ายจะมีความร้อน จึงทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูง การใช้ภูมิทัศน์โดยรอบอาคาร การใช้ประโยชน์จากภูมิทัศน์เพื่อการออกแบบ เช่น จัดให้พื้นผิวดินรอบอาคาร โดยเฉพาะด้านที่ลมพัดผ่านประจำ เป็นวัสดุที่ปลูกคลุมขึ้น เช่น สนามหญ้า ไม้คลุมดิน ไม่ควรปลูกด้วยวัสดุสะท้อนความร้อน ประเภทผิวคอนกรีต เพราะจะพัดพาความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เป็นต้น พืชพันธุ์ธรรมชาติ โดยการเลือกพันธุ์ไม้ที่นำมาปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างใบโปร่งรอบๆอาคารเพื่อให้ร่มเงาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ (Direct Sun) แต่ในขณะเดียวกันนั้น ไม่สามารถเก็บความชื้น หรือ การใช้ไม้พุ่มเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น โดยให้มีลมพัดผ่านก่อนเข้าอาคาร ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่อาคารลดลง

3.4 เครื่องมือที่ใช้วิจัยในการศึกษา

โปรแกรม eQuest v.3-65 เป็นโปรแกรมสำหรับจำลองทางพลังงานอาคารที่ช่วยสร้างกราฟฟิกและเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับวิศวกร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของทิศทางวางแกนของอาคาร รูปทรงและสัดส่วนของอาคาร สัดส่วนช่องเปิด วัสดุผนังทึบ วัสดุกระจก และเทคนิคการลดใช้พลังงานในอาคาร ที่มีผลต่อการลดใช้พลังงานภายในอาคาร เพื่อนำเสนอในการออกแบบอาคาร 6 อาคารหอสมุด สำหรับการวิจัยโปรแกรมจำเป็นต้องกรอกข้อมูลของอาคารไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมภายในอาคาร, วัสดุรอบอาคารและระบบระบบปรับอากาศรวมถึงทิศทางที่ตั้งของอาคารที่จำเป็นให้ครบถ้วน เพื่อให้โปรแกรมสามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของอาคารและระบบต่างๆได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

งานวิจัยเรื่องแนวทางการปรับปรุงอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) มีการศึกษาถึงเรื่องพลังงานรวมที่ใช้ในอาคาร และวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคาร ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในวัสดุ ระบบปรับอากาศ ภาระการทำความเย็น ระบบส่องสว่าง พลังงานจากอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน ทางผู้วิจัยจึงเลือกโปรแกรม EQUEST 3.65 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัว

แปร และการใช้พลังงานรวม โดยโปรแกรม EQUEST 3.65 ถูกใช้อย่างกว้างขวางเพื่อเป็นอุปกรณ์ในการช่วยออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากสามารถจำลองการทำงานของอาคารทั้งอาคารได้ตลอดทั้งกระบวนการออกแบบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย อีกทั้งยังใช้เครื่องมือ DOE-2 ซึ่งได้รับการยอมรับในการคำนวณ และโปรแกรม EQUEST 3.65 ถูกทดสอบตาม ASHRAE Standard 140 (U.S. Department of Energy, 2011)



ภาพที่ 3.6 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยโปรแกรม eQuest 3.65

3.5 รายละเอียดที่ระบุลงในโปรแกรมสำหรับการศึกษา

3.5.1 ข้อมูลทะเบียนอาคาร

เป็นการนำข้อมูลชื่ออาคาร หรือ โครงการ (Project Name) ประเภทของอาคารหรือ โครงการ (Type) จังหวัดที่ตั้งของอาคาร (Location) ที่จะมาจำลองพลังงานผ่านโปรแกรม eQuest V.3-65 โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยดาวน์โหลดข้อมูลสภาวะอากาศผ่านเว็บไซต์ของโปรแกรม eQuest

3.5.2 Database ข้อมูลรายละเอียดของวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ

เป็นการนำข้อมูลรายละเอียดของวัสดุและส่วนประกอบโครงสร้างวัสดุกรอบอาคาร โดยข้อมูลดังกล่าวนี้มีผลต่อความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านวัสดุกรอบอาคาร ซึ่งมีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ, และข้อมูลรายละเอียดของการใช้ไฟฟ้าในอาคาร รายละเอียดของบุคลากรและนักศึกษาที่ใช้พื้นที่ภายในอาคารหอสมุด

3.6 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย

ตัวแปรที่เลือกมาศึกษาในงานวิจัย เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือเกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร ที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เป็นการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนรูปทรง ที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยที่มีขนาดแตกต่างกัน หาสัดส่วนของช่องเปิดที่เหมาะสม และทำการเปรียบเทียบลักษณะของทิศทางการเปิดช่องเปิด

3.6.1 ตัวแปรควบคุมภายในอาคาร

3.6.1.1 จำนวนชั้นของอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ มีจำนวนชั้นของอาคาร ด้วยกันทั้งหมด 4 ชั้น (ชั้นที่ 2-5)

3.6.1.2 ระบบปรับอากาศภายในอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) เนื่องจากมีการคิดจำนวนพลังงานต่อพื้นที่ในการศึกษา

3.6.1.3 วัสดุผนังและวัสดุกรอบอาคารมีการกำหนดให้วัสดุผนังและวัสดุกระจกเป็นตัวแปรควบคุมเนื่องจากว่าได้มีการกำหนดรูปทรงของอาคารซึ่งได้ศึกษาและแยกประเภทดังตารางที่ 3.2

3.6.2 วัสดุที่ใช้ประกอบของอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) ส่วนประกอบอาคารผนังทึบแสง

เป็นการกำหนดโครงสร้างกรอบอาคารที่ประกอบไปด้วยวัสดุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.2 และ 3.3 โดยวัสดุแต่ละชั้นจะค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่อความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

ตารางที่ 3.2 ประเภทวัสดุและส่วนประกอบของวัสดุผนังทึบแสง(Opaque Component)

ประเภทวัสดุ	ส่วนประกอบวัสดุ	ขนาดของวัสดุ (mm.)
ผนัง/Precast หนา 0.075 mm.	คอนกรีตเสริมเหล็ก	0.075
ผนัง/Precast หนา 0.075 mm. ฉนวนกันความร้อน	คอนกรีตเสริมเหล็ก ฉนวนกันความร้อน	0.075
หลังคา Metal Sheet หุ้มฉนวน มีฝ้าเพดาน(บริเวณห้องประชุม)	Metal Sheet ชั้นที่ 1	0.0004
	ช่องว่างอากาศ ชั้นที่ 2	1.50
	ฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 3	0.075
	ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด ชั้นที่ 4	0.009

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบวัสดุอาคารประเภทกรอบอาคาร โปร่งแสง(Transparent Component)

ประเภทวัสดุ	ส่วนประกอบวัสดุ	ขนาดของวัสดุ(ม.)
กระจกเขียว หนา 6 mm.	กระจกเขียว	0.006

3.6.2 ตัวแปรต้น

3.6.2.1 พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

จากงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) โดยมีจำนวนชั้นทั้งหมด 4 ชั้น ได้แก่ ชั้น 2 มีขนาดพื้นที่ 1433.47 ตารางเมตร ชั้น 3,4,5 มีขนาดพื้นที่ 1490.39 ตารางเมตร และเวลาการเปิดใช้งานของอาคารดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 3.4 และ 3.5

ค่าพื้นฐานแบบจำลองอาคาร

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลทั่วไปอาคาร 6 (อาคารหอสมุด)

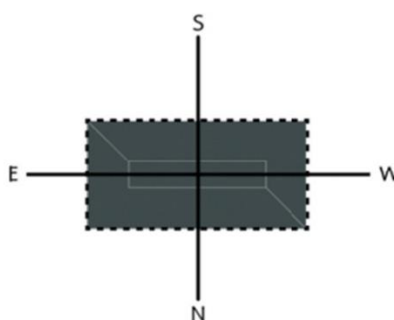
ประเภทอาคาร	School/college/University
ข้อมูลสภาพอากาศ	THA_Bangkok
ไฟฟ้า	-custom-
พื้นที่อาคาร	15429.87 ft ² (1433.47 sq.m) ชั้น 2 16042.55 ft ² (1490.39 sq.m) ชั้น 3-5
จำนวนชั้นของอาคาร	4 ชั้น
ระบบทำความเย็น	Chilled water coils
ปีที่ใช้คำนวณ	2021
ระบบทำความร้อน	-none-
รูปร่างอาคาร	Rectangle

ข้อมูลการใช้งานอาคาร

เวลาเริ่มใช้งานอาคาร	8 am
เวลาเลิกใช้งานอาคาร	4 pm

3.6.2.2 ทิศทางตามแนวแกนของอาคาร

ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการทราบผลการทดลองในกรณีที่ดีที่สุดเนื่องจากการจัดพื้นที่ให้เหมาะสมกับในแต่ละทิศทาง มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากมีปัจจัยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวัสดุภายนอกและภายในของอาคาร โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม eQuest 3-65 ในการออกแบบทิศทางของอาคาร ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ทิศทางการวางแกนตามยาวของอาคาร

3.7 การกำหนดมาตรการของกรอบอาคารเพื่อผลการประหยัดพลังงาน

จากการศึกษานี้ได้มุ่งเน้นไปในส่วนของกรอบอาคารเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้การกำหนดมาตรการที่จะช่วยประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ โดยการใช้การเปลี่ยนวัสดุ, เพิ่มเติมหรือปรับปรุงวัสดุของกรอบอาคาร ซึ่งมาตรการเหล่านี้ หากได้ทำขึ้นจริงจะมีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบความคุ้มค่าของการลงทุนเทียบกับการประหยัดพลังงานในแต่ละปี ซึ่งมาตรการดังกล่าวมีทั้งหมด 5 มาตรการดังนี้

มาตรการที่ 1 เพิ่มเติมวัสดุบังแดดบริเวณหน้าต่าง (Shading)

มาตรการที่ 2 การเพิ่มเติมวัสดุแผ่นยิปซัมกันความร้อนบริเวณผนังอาคาร

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนสีของกระจกเดิม

มาตรการที่ 4 เปลี่ยนชนิดของกระจกเป็นกระจกชนิด Low-E

มาตรการที่ 5 นำมาตรการข้างต้นตั้งแต่มาตรการที่ 1-4 นำมารวบรวมเพื่อผลการประหยัดพลังงานที่มากที่สุด

โดยมาตรการขั้นต้นทั้ง 5 มาตรการมีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จริง ซึ่งต้องพิจารณาในด้านของราคา จำนวนเงินที่ประหยัดเพิ่มในแต่ละปีและอายุการใช้งานจริง ซึ่งจะนำเหตุผลดังกล่าวนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของแต่ละมาตรการต่อไปในบทถัดไป

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร 6 (อาคารหอสมุด)

จากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารในช่วงปี 2562 ได้ทำการเก็บข้อมูลของจำนวนการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน และได้ทำการแยกระดับชั้นของอาคารโดยศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในอาคาร การใช้พลังงานของอาคารที่ศึกษาคือชั้น 2-5 จำนวน 4 ชั้น มีค่าการใช้พลังงานในแต่ละเดือนที่แตกต่างกันไป ซึ่งค่า maximum ของปี 2562 จะอยู่ที่เดือนสิงหาคม มีการใช้ไฟฟ้ารวมอยู่ที่ 1631.23 Kw และค่า minimum ของปี 2562 จะอยู่ที่เดือน กรกฎาคม มีการใช้ไฟฟ้ารวม อยู่ที่ 735.28 Kw แสดงดังข้อมูลตารางที่ 4.1 และแผนภาพรวมของจำนวนการใช้พลังงานในแต่ละชั้นดังตารางรูปภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 6 กับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารชั้น 2 ถึงชั้น 5 (อาคารหอสมุด)อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ อนุสรณ์ ในปี 2563 จากการเก็บฐานข้อมูล Base line ดังตาราง 4.1

เดือน	Total(kW/h)	ชั้น 2 (kW/h)	ชั้น 3 (kW/h)	ชั้น 4 (kW/h)	ชั้น 5 (kW/h)
มกราคม	1,461.89	1,425.30	1,557.50	1,508.20	1,467.40
กุมภาพันธ์	2,303.16	2,241.70	2,110.50	2,118.40	2,349.50
มีนาคม	2,276.57	2,111.90	2,178.90	2,102.00	2,141.40
เมษายน	1,960.35	2,134.20	1,862.60	1,986.40	2,162.30
พฤษภาคม	1,554.49	1,672.90	1,756.30	1,682.60	1,627.40
มิถุนายน	2,099.25	2,069.70	2,132.00	1,927.80	2,098.20
กรกฎาคม	2,277.55	2,116.00	2,181.90	2,105.10	2,143.90

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เดือน	Total(kW/h)	ชั้น 2 (kW/h)	ชั้น 3 (kW/h)	ชั้น 4 (kW/h)	ชั้น 5 (kW/h)
สิงหาคม	2,220.42	2,206.30	2,185.90	2,109.90	2,150.00
กันยายน	2,522.84	2,384.80	2,339.80	2,348.50	2,600.70
ตุลาคม	2,354.39	2,302.60	2,184.60	2,174.10	2,151.30
พฤศจิกายน	1,377.17	1,412.50	1,344.80	1,438.20	1,390.10
ธันวาคม	1,236.30	1,346.80	1,349.80	1,377.60	1,342.10

งานวิจัยเรื่องแนวทางการปรับปรุงอาคารหอสมุดมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต มีการศึกษาถึงเรื่องพลังงานรวมที่ใช้ในอาคาร และวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคาร ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในวัสดุ ระบบปรับอากาศ ภาระการทำความเย็น ระบบส่องสว่าง พลังงานจากอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน ทางผู้วิจัยจึงเลือก โปรแกรม EQUEST 3.65 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัวแปร และการใช้พลังงานรวม โดยโปรแกรม EQUEST 3.65 ซึ่งถูกใช้อย่างกว้างขวางเพื่อเป็นแบบจำลองอาคารในการช่วยออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากสามารถจำลองการทำงานของอาคารทั้งอาคารได้ตลอดทั้งกระบวนการออกแบบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งได้รับการยอมรับในการคำนวณ และโปรแกรม EQUEST 3.65 ถูกทดสอบตาม ASHRAE Standard140 (U.S. Department of Energy, 2011)

4.2 สร้างแบบจำลองอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) ด้วยโปรแกรม E-Quest เพื่อศึกษาการใช้ไฟฟ้าของอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 2-5 ประจำปี 2562

เนื่องจากการใช้งานภายในอาคารประจำปี 2563 นั้นเกิดสภาวะผิดปกติ กล่าวคือเกิดภาวะโรคระบาดโควิด-19 ทำให้การใช้งานภายในอาคารมีการเปิดปิดของอาคารที่ไม่ปกติ เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับความเป็นจริงจึงมีความจำเป็นที่นำข้อมูลค่าไฟฟ้าปี 2562 มาพิจารณาเนื่องจากเป็นสภาวะปกติที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

4.2.1 กำหนดภาระความร้อนภายในพื้นที่การใช้งานภายในอาคาร (Internal load)

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศภายในอาคารนั้นอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นปัจจัยต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ในการสร้างแบบจำลองระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม E-Quest ได้ทำการกำหนดภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเช่น ภาระความร้อนจากคน, แสงสว่าง, อุปกรณ์ไฟฟ้า และอัตราการรั่วไหลของอากาศที่อยู่ภายในอาคารแต่ละชั้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงภาระความร้อนในแต่ละชั้น

ชั้น	พื้นที่ภาระความร้อน	ภาระจากคน		ภาระจากแสงสว่าง		ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	
		% Load	Max Occ	% Load	W/Sqft	% Load	W/Sqft
2	โซนอ่านหนังสือ	95	10.8	95	1.21	95	0.65
	โซน Office	5	64.6	5	0.67	5	0.34
3	โซนอ่านหนังสือ	90	10.8	90	0.89	90	0.09
	โซน Office	10	64.6	10	0.10	10	0.01
4	โซนอ่านหนังสือ	90	10.8	90	1.08	90	0.13
	โซน Office	10	64.6	10	0.12	10	0.01
5	โซนอ่านหนังสือ	70	10.8	70	0.86	70	1.05
	โซน Office	30	64.6	30	0.37	30	0.45

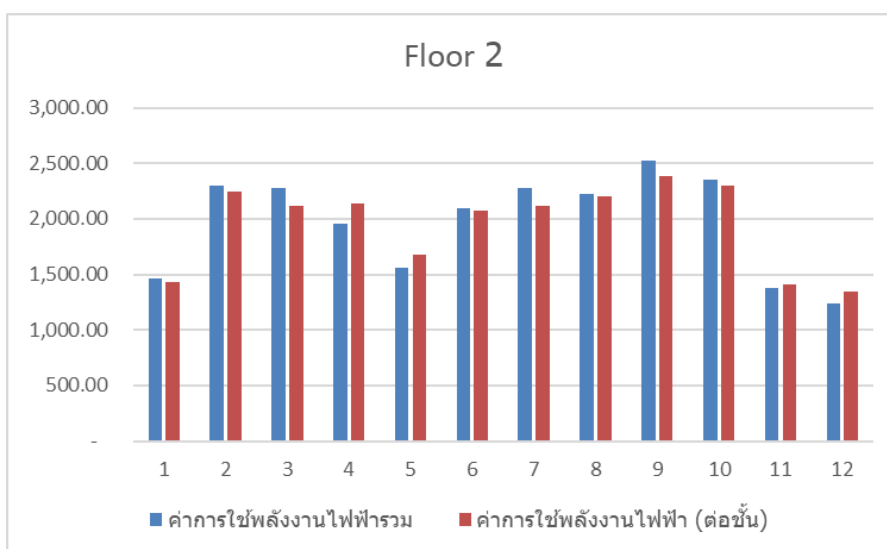
4.2.2 ระบบปรับอากาศที่นำไปใช้ในการจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม E-Quest

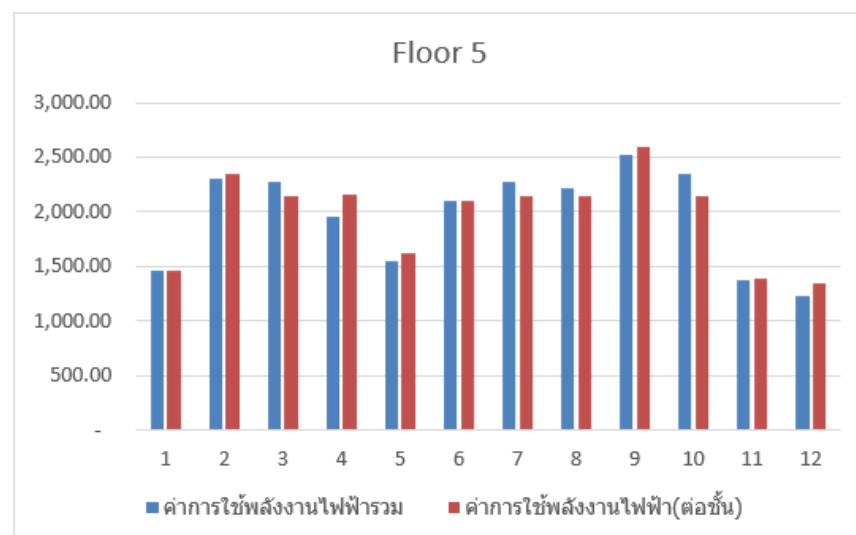
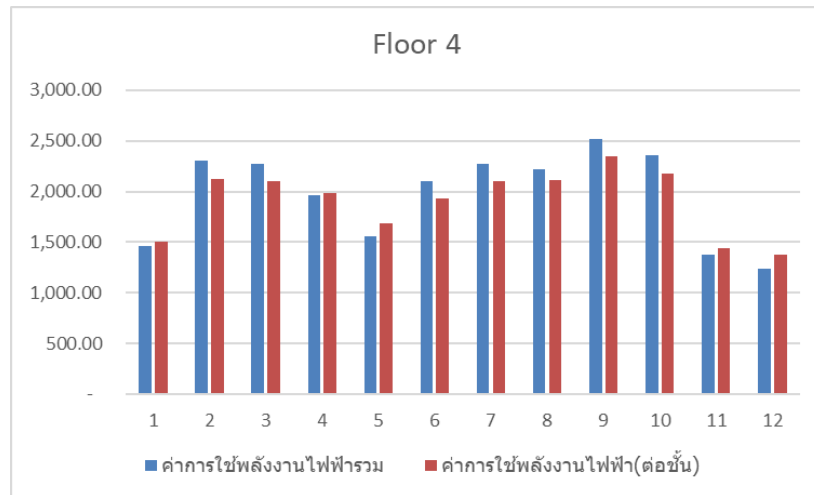
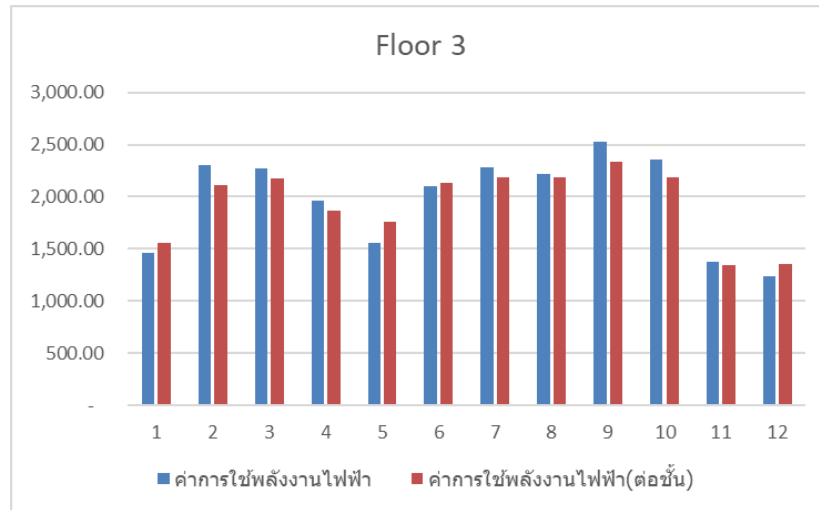
ระบบปรับอากาศที่ใช้สำหรับอาคาร 6 (อาคารหอสมุด) เป็นระบบปรับอากาศแบบ Water cooled chiller system โดยทั้งอาคารประกอบไปด้วย Chiller ขนาด 151.3 Ton จำนวน 3 ตัว โดยสารนิพนธ์นี้พิจารณาเพียงชั้นที่ 2-5 ของอาคาร จึงมีการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม E-Quest นั้นจะทำการจำลองผ่านโปรแกรมโดยคำนวณแยกชั้นและกำหนดขนาด Chiller ที่ 7 Ton ต่อชั้นเป็น Chiller ชนิด Electric Centrifugal อีกทั้งประสิทธิภาพของ Chiller อยู่ที่ 0.83 kW/Ton นอกจากนี้ได้กำหนดอุณหภูมิทำความเย็นแต่ละชั้นที่ 25 C

4.3 ตรวจสอบแบบจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรม E-Quest เทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่วัดค่าได้

ในการจำลองพลังงานนั้นเพื่อให้ได้ผลการจำลองพลังงานที่มีความน่าเชื่อถือถึงจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม E-Quest เทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ หลังจากได้ทำการกำหนดภาระความร้อนและระบบปรับอากาศที่นำไปใช้ในการจำลองพลังงานแล้วนั้น ขั้นตอนถัดไปทำการกำหนดตารางการใช้งานของภาระความร้อนภายในอาคาร โดยทำการกำหนดเป็นรายเดือนของปี 2562 โดยกำหนดให้ระบบปรับอากาศทำงานตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ เวลา 8:00-16:00 ปิดการใช้งานวันอาทิตย์ของทุกสัปดาห์ ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นผลรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งพื้นที่ซึ่งรวมกับระบบปรับอากาศและเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ในการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม E-Quest นั้นใช้ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครในการจำลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบการจำลองใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม E-Quest กับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่วัดค่าได้ภายในอาคารห้องสมุด อาคาร 6 อ.ไสว สุทธิพิทักษ์ อนุสรณ์ ชั้น 2 ถึงชั้น 5





4.4 วิเคราะห์วัสดุรอบอาคารที่มีผลต่อมาตรการประหยัดพลังงาน

4.4.1 วิเคราะห์ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเปลี่ยนกระจกภายนอกของอาคาร

มาตรการการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษานี้จะตรวจสอบในเรื่องของวัสดุรอบอาคารเป็นหลัก จึงได้ทำการแบ่งมาตรการการประหยัดพลังงานออกเป็นดังนี้

มาตรการที่ 1 มาตรการ 1 ทำ Shading ด้านบนให้กับกระจกอาคาร

มาตรการที่ 2 ติดผนังยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับผนังอาคาร

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue

มาตรการที่ 4 การปรับเปลี่ยนกระจกชนิด Low-E

4.4.2 วิเคราะห์ผลมาตรการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเปลี่ยนวัสดุ

เมื่อนำมาตรการการประหยัดพลังงานมาใช้ประมวลผลกับการจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร eQuest-36 แล้วจะสามารถทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลอง และสามารถคาดการณ์ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลงได้ ผลปรากฏการศึกษาโดยพบว่า มาตรการรอบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานโดยมาตรการที่ 2 พบว่าช่วยประหยัดพลังงานได้มากที่สุด 6.01% ของทั้งปีเมื่อเทียบกับมาตรการอื่น จาก 4 มาตรการดังกล่าวหากนำมาใช้กับอาคารนั้นสามารถช่วยประหยัดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศภายในอาคารรวม 15.8% ต่อปี

มาตรการการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษานี้ ตรวจสอบในเรื่องของวัสดุรอบอาคาร จึงได้ทำการแบ่งมาตรการการประหยัดพลังงาน ออกเป็นมาตรการต่างดังตารางที่ 4.2.1 ถึงตารางที่ 4.2.7

มาตรการที่ 1 ติด แบบติด Shading ที่กรอบอาคาร

ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบติด Shading

Electric Consumption (kWh)	ม.ก.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3998.8	3884.5	4453.5	4512.2	4493.7	4387.7	4474.2	4518.2	4256.8	4552.4	3910.8	3821.9	51264.7
Heat Reject.	380.1	269.8	434.4	470.2	501.5	507.5	432.5	465.4	415.3	440.6	320.8	273	4911.1
Vent. Fans	200.8	184.7	208.7	208.7	208.7	200.8	208.7	211.1	198.4	208.7	187.1	206.4	2432.8
Pumps & Aux.	681	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.9	8457.9
Total	5260.7	4984	5825.8	5920.3	5933.1	5797.2	5844.6	5931.2	5564.5	5930.9	5071	5003.2	67066.5

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบ Adv EverGrn 6

Electric Consumption (kWh)	ม.ก.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3994.8	3902.9	4460.9	4506	4472.8	4351.9	4474.2	4511.3	4260	4486.4	3905.1	3853.2	51179.5
Heat Reject.	374.9	272.2	432.6	468.1	496.8	503.3	432.7	464.8	416.8	436.8	320.3	274.3	4893.6
Vent. Fans	279.3	256.9	290.5	290.5	290.5	279.3	290.5	293.8	276.1	290.5	260.2	287.2	3385.3
Pumps & Aux.	681.9	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.9	8458.8
Total	5330.9	5007	5989.3	5989.3	5989.3	5835.7	5926.6	6006.4	5646.9	5942.9	5137.9	5116.6	67917.2

มาตรการที่ 2 ติด แบบเพิ่ม Gypsum Board ที่ผนังอาคาร

ตารางที่ 4.6 คัดผนังยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อน No Gypsum Board

Electric Consumption (kWh)	ม.ก	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3999.2	3903.5	4461	4505.9	4469.8	4347.8	4474	4507.9	4258.6	4482.7	3903	3914.1	51227.5
Heat Reject.	374.6	272.4	432.8	468.2	496.6	502.2	432.9	464.8	416.6	435.6	320.1	278.6	4895.4
Vent. Fans	295.7	272	307.4	307.4	307.4	295.7	307.4	311	292.2	307.4	275.5	303.9	3583
Pumps & Aux.	681.9	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	705.4	8462.3
Total	5351.4	5092.9	5930.4	6010.7	6003	5846.9	5943.5	6020.2	5661.4	5954.9	5150.9	5202	68168.2

ตารางที่ 4.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบแบบติด Gypsum Board

Electric Consumption (kWh)	ม.ก	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	4028.6	3879.1	4451.9	4508.4	4494.5	4398.8	4477.6	4522.8	4265.9	4573	3910.4	3857.6	51368.6
Heat Reject	380.8	268.7	432.9	469.4	500.8	508	432.4	464.9	415.7	441.9	320.3	274.7	4910.5
Vent. Fans	184.9	170.1	192.2	192.2	192.2	184.9	192.2	194.2	182.8	192.2	172.1	190.2	2240.2
Pumps & Aux.	682.7	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	702.7	8460.4
Total	5277	4962.9	5806.2	5889.2	5899.2	5792.9	5831.4	5918.4	5558.4	5936.3	5055.1	5025.2	66979.7

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue

Electric Consumption (kWh)	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3994.2	3902.2	4460.3	4505.5	4472.9	4352.4	4473.7	4511.4	4259.7	4487.3	3905	3844.9	51169.5
Heat Reject	374.9	272.1	432.5	468	496.8	503.4	432.7	464.9	416.7	436.7	320.3	273.7	4892.7
Vent. Fans	276.9	254.7	288	288	288	276.9	288	291.2	273.7	288	258	284.7	3356.1
Pumps & Aux.	681.9	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.1	8458
Total	5327.9	5074	5910	5990.7	5986.9	5833.9	5923.6	6004	5644.1	5941.2	5135.6	5104.4	67876.3

ตารางที่ 4.9 วิเคราะห์เปรียบเทียบ กระจก Adv EverGrn 6

Electric Consumption (kWh)	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3994.8	3902.9	4460.9	4506	4472.8	4351.9	4474.2	4511.3	4260	4486.4	3905.1	3853.2	51179.5
Space Cool	374.9	272.2	432.6	468.1	496.8	503.3	432.7	464.8	416.8	436.8	320.3	274.3	4893.6
Vent. Fans	279.3	256.9	290.5	290.5	290.5	279.3	290.5	293.8	276.1	290.5	260.2	287.2	3385.3
Pumps & Aux.	681.9	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.9	8458.8
Total	5330.9	5077	5913.2	5993.8	5989.3	5835.7	5926.6	6006.4	5646.9	5942.9	5137.9	5116.6	67917.2

มาตรการที่ 4 เปลี่ยนกระจกเป็นประเภท Low-E

ตารางที่ 4.10 วิเคราะห์เปลี่ยนกระจกเป็นติดฟิล์ม Low-E

Electric Consumption (kWh)	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3977.6	3902	4460.8	4506.5	4473.5	4353	4473.6	4511.6	4259.9	4489.1	3903.5	3819	51130.1
Heat Reject	374.1	272.1	432.5	468.1	496.9	504.1	432.7	465	416.9	436.9	320.1	272.4	4891.8
Vent. Fans	276.4	254.3	287.5	287.5	287.5	276.4	287.5	290.7	273.1	287.5	257.5	284.2	3350.1
Pumps & Aux.	679.3	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.1	8455.4
Total	5307.4	5073.4	5910	5991.3	5987.1	5834.7	5923	6003.8	5643.9	5942.7	5133.4	5076.7	67827.4

ตารางที่ 4.11 วิเคราะห์เปรียบเทียบกระจกแบบ Adv EverGrn 6 เทียบกับกระจก Low-E

Electric Consumption (kWh)	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	Total
Space Cool	3994.8	3902.9	4460.9	4506	4472.8	4351.9	4474.2	4511.3	4260	4486.4	3905.1	3853.2	51179.5
Heat Reject	374.9	272.2	432.6	468.1	496.8	503.3	432.7	464.8	416.8	436.8	320.3	274.3	4893.6
Vent. Fans	279.3	256.9	290.5	290.5	290.5	279.3	290.5	293.8	276.1	290.5	260.2	287.2	3385.3
Pumps & Aux.	681.9	645	729.2	729.2	729.2	701.2	729.2	736.5	694	729.2	652.3	701.9	8458.8
Total	5330.9	5077	5913.2	5993.8	5989.3	5835.7	5926.6	6006.4	5646.9	5942.9	5137.9	5116.6	67917.2

4.5 วิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ตารางที่ 4.12 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์เงินลงทุนตามมาตรการต่างของห้องสมุด อาคาร 6

มาตรการที่	NPV(บาท)	IRR(%)	PB(ปี)
1. Shading	9,762.16	0.23	45
2. Insulation Wall	14,102.16	0.48	35
3. Blu Glass	2,513.50	-3.24	ระยะคืนทุนตามโครงการ
4. Loe-E Glass	5,505.06	-1.85	ระยะคืนทุนตามโครงการ
5. รวมทุกมาตรการ 1-4	33,502.78	-0.02	ระยะคืนทุนตามโครงการ

4.6 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน

ผลการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ศึกษาในเรื่องการใช้วัสดุกรอบอาคาร โดยมีรายละเอียดการลงทุนและผลตอบแทนทางการเงินตามมาตรการต่างๆ ตามตารางที่ 4.2.9 ซึ่งสามารถสรุปเงินลงทุนดังนี้

มาตรการที่ 1 การทำ Shading ด้านบนให้กับกระจกอาคาร ใช้เงินลงทุนประมาณ 29,711.50 บาท

มาตรการที่ 2 การติดผนังยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับผนังอาคาร ใช้เงินลงทุนประมาณ 34,067.10 บาท

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue ใช้เงินลงทุนประมาณ 35,732.16 บาท

มาตรการที่ 4 การปรับเปลี่ยนกระจกชนิด Low-E ใช้เงินลงทุนประมาณ 44,665.20 บาท

หมายเหตุ. เมื่อพิจารณาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการแล้วพบว่าจากการศึกษา มาตรการที่ 1-5 พบว่าในมาตรการที่ 5 เป็นการรวบรวมการลดใช้พลังงานรายปีจากมาตรการที่ 1-4 พบว่าสามารถลดไปได้เพียงปีละ 2307 บาท โดยเงินลงทุนอยู่ที่ 144175 บาท (ปรับ factor แล้ว) พบว่าหากลงทุนมาตรการที่ 1-4 รวมกันนั้นมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง จึงไปเฟ้นเลือกมาตรการที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งพบว่ามาตรการที่ 2 สามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าไปได้ถึง 1059 บาทต่อปี ซึ่งคิดเป็น 54.1% ของทุกมาตรการรวมกัน อีกทั้งในการลงทุนซึ่งลงไปเพียง 26085 บาท ซึ่งคิดเพียงประมาณ 25% เทียบ

กับการลงทุนทุกมาตรการรวมกัน อีกทั้งมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 35 ปี หากลงทุนปรับกรอบอาคารเพียง
มาตรการเดียว จากการศึกษาดังกล่าวจึงมีข้อเสนอแนะว่าการปรับเปลี่ยนกรอบอาคารเพียงมาตรการ 2
เพียงมาตรการเดียวก็มีความคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกมาตรการรวมกัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

สำหรับมาตรการการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะตรวจสอบสอบในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงวัสดุกรอบอาคาร จึงทำการกำหนดมาตรการกรอบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานและประมวลผลแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (eQUEST v.3-65) ซึ่งมาตรการดังกล่าวมีดังนี้

มาตรการที่ 1 มาตรการ 1 ทำ Shading ด้านบนให้กับกระจกอาคาร

มาตรการที่ 2 ติดผนังยิปซัมเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับผนังอาคาร

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนกระจกเป็นชนิดสี Blue

มาตรการที่ 4 การปรับเปลี่ยนกระจกชนิด Low-E

จากผลจากการจำลองพลังงาน พบว่ามาตรการกรอบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานโดยมาตรการที่ 2 พบว่าช่วยประหยัดพลังงานได้มากที่สุด 6.01% ของทั้งปีเมื่อเทียบกับมาตรการอื่น จาก 4 มาตรการดังกล่าวหากนำมาใช้กับอาคารนั้นสามารถช่วยประหยัดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศภายในอาคารรวม 15.8% ต่อปี นอกจากนี้หากวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์จุดคุ้มทุนของการลงทุนปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารจะได้รับความคุ้มทุนอยู่ที่ 18 ปี

5.1 ข้อเสนอแนะในการศึกษา

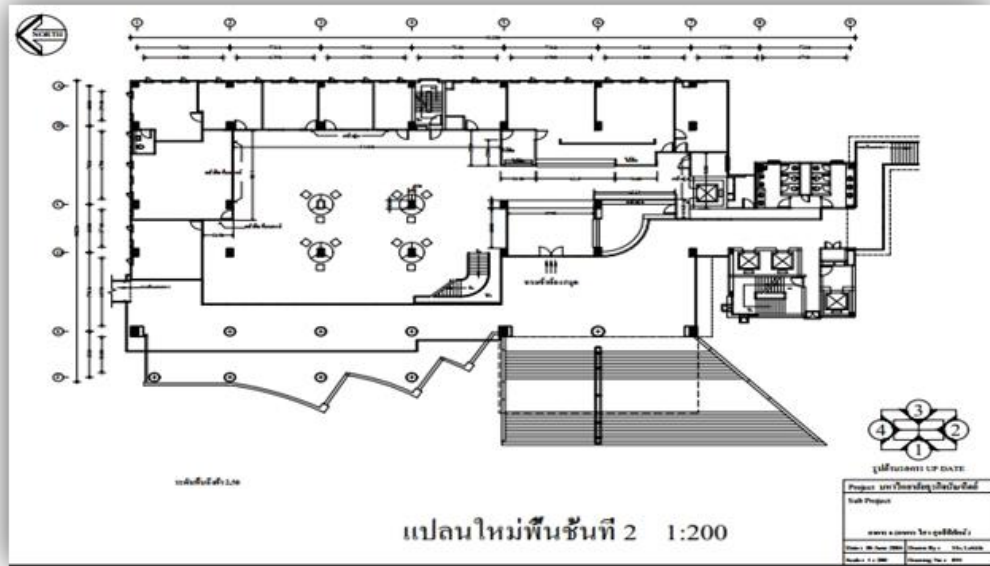
แนวทางในการศึกษาการประหยัดพลังงานและการประเมินความคุ้มค่าของทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารจากการศึกษาดังกล่าวพบว่ามาตรการที่ 2 จะช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศมากที่สุดแต่หากลงทุนเปลี่ยนกรอบอาคารในมาตรการดังกล่าวพบว่ามีต้นทุนที่สูงกว่ามาตรการที่ 2 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนชนิดกระจกจากกระจกใสเป็นกระจกชนิด Low-E ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุนนั้นมีต้นทุนที่ต่ำกว่าและช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้ถึง 5.10% ต่อปี

ภาคผนวก

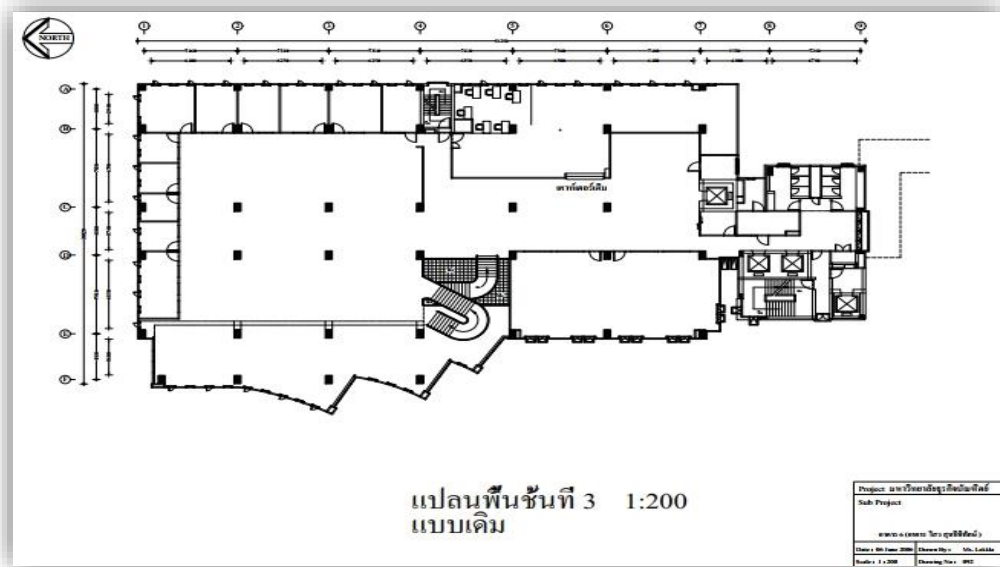
ภาคผนวก ก

**รูปแบบอาคาร ชนิด ขนาด และแบบแปลนอาคารของอาคารห้องสมุด
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต**

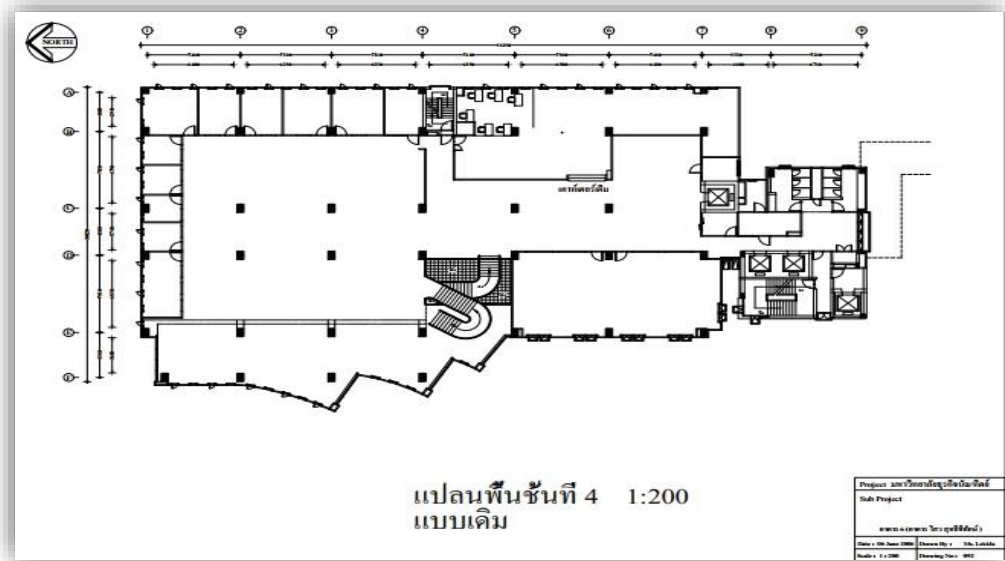
ภาพที่ ก.1 แปลนพื้นที่อาคารชั้น 2



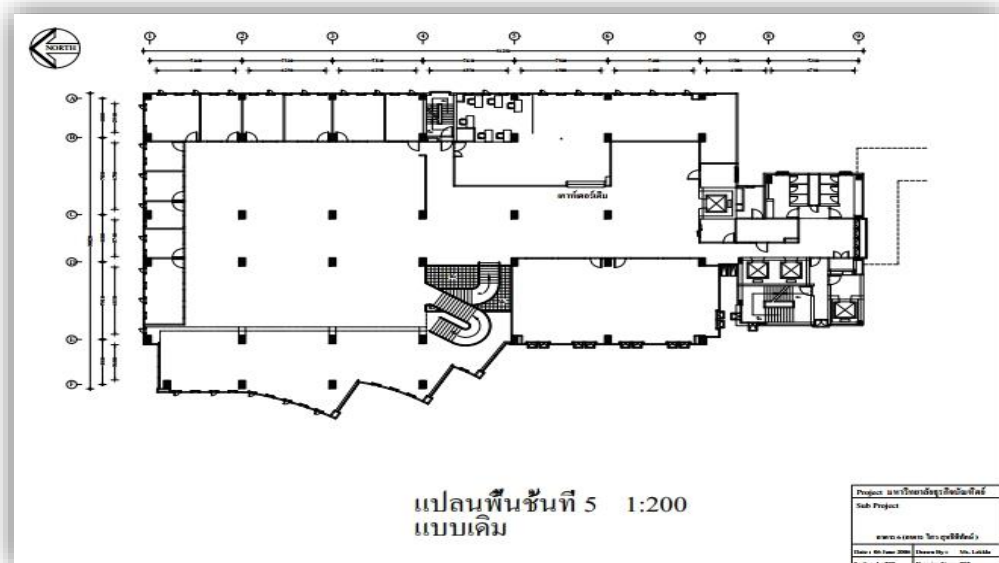
ภาพที่ ก.2 แปลนพื้นที่อาคารชั้น 3



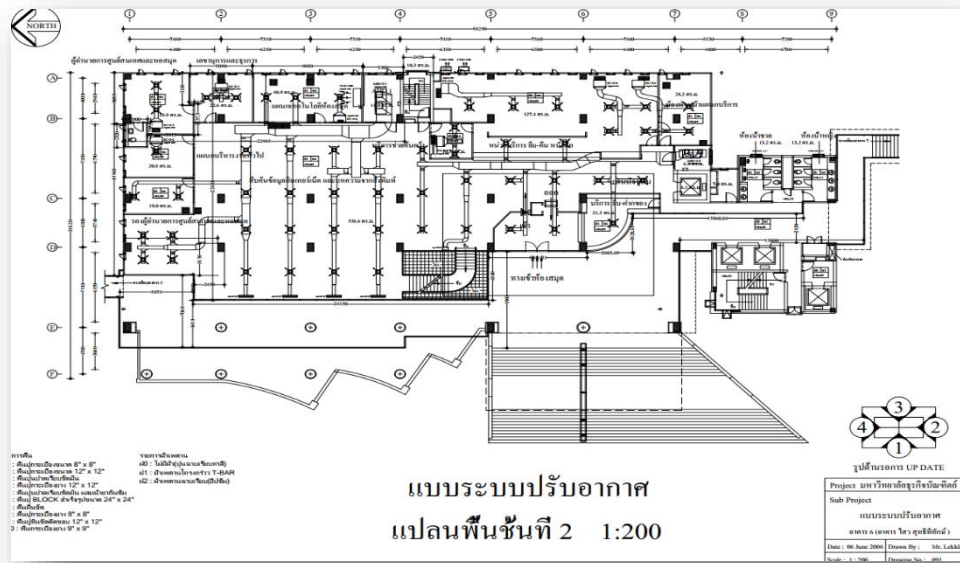
ภาพที่ ก.3 แปลนพื้นที่อาคารชั้น 4



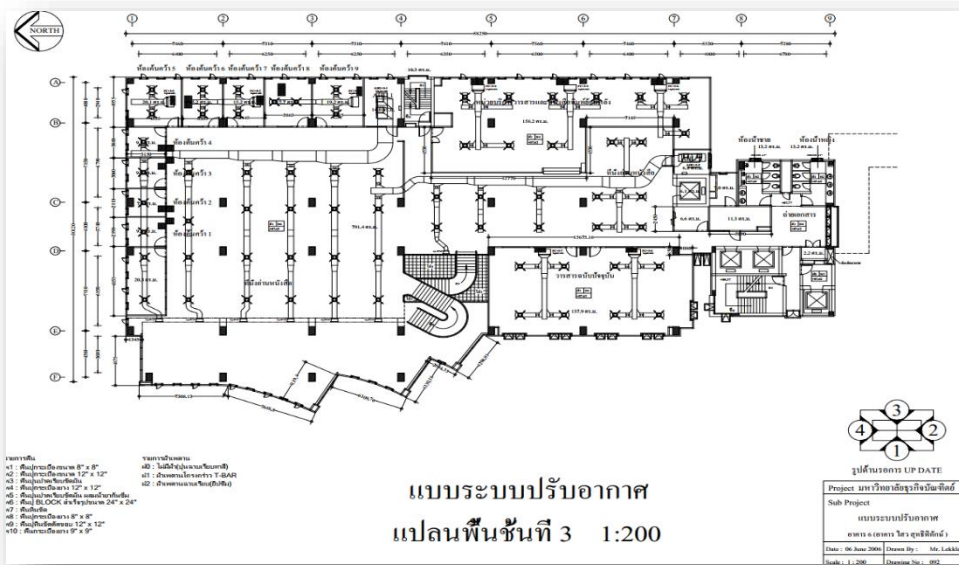
ภาพที่ ก.4 แปลนพื้นที่อาคารชั้น 5



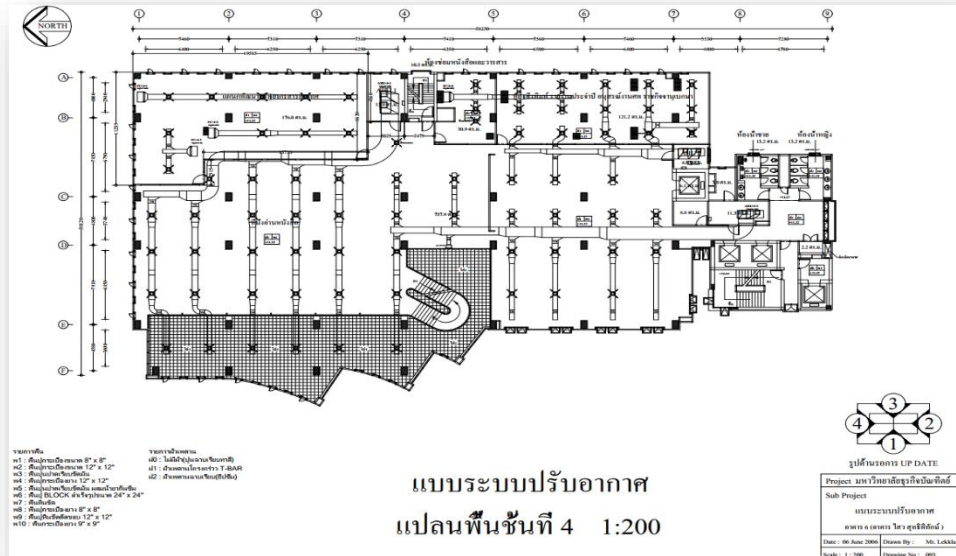
ภาพที่ ก.5 แผนระบบปรับอากาศพื้นที่อาคารชั้น 2



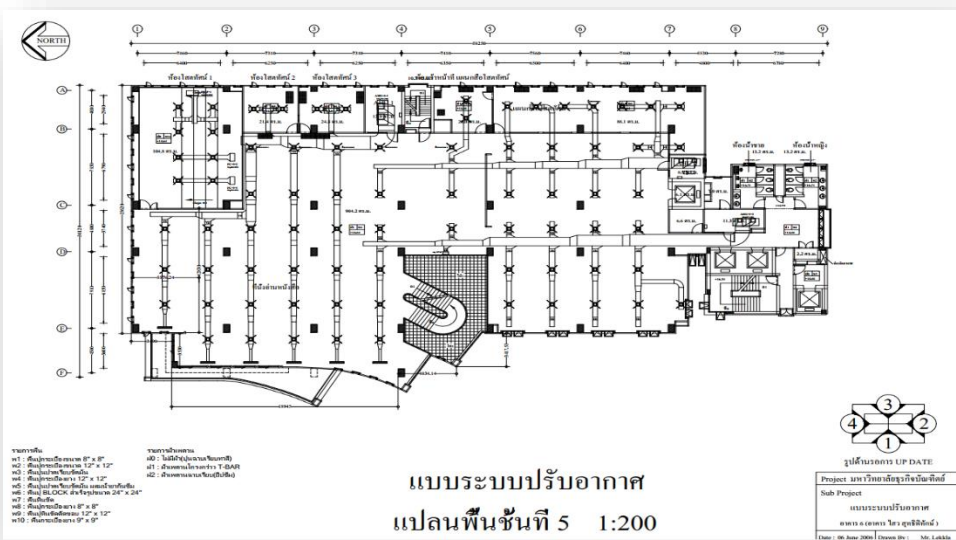
ภาพที่ ก.6 แผนระบบปรับอากาศพื้นที่อาคารชั้น 3



ภาพที่ ก.7 แปลนระบบปรับอากาศพื้นที่อาคารชั้น 4



ภาพที่ ก.8 แปลนระบบปรับอากาศพื้นที่อาคารชั้น 5



ภาคผนวก ข

ข้อมูลการสร้างระบบจำลองอาคารโดยใช้โปรแกรม eQUEST V.3-65

ภาพที่ ข.5 ข้อมูลของพื้นผิวของวัสดุ

Surface Construction, Layers, and Material Properties

Construction Layers Material

Currently Active Layers: Construction 1 Lyr

Layers: Construction 1 Lyr

Inside Film Resistance (R-val): 0.680

Material Layers (ordered from outside to inside):

	Material Name	Thickness (ft)	Conductivity (Btu/h-ft-°F)	Density (lb/ft3)	Spec. Heat (Btu/lb-°F)	R-Value (h-ft2-°F/Btu)
1	Conc LW 80lb 3/4in (CC21)	0.063	0.2083	80.00	0.200	n/a
2	GypBd 1/2in (GP01)	0.042	0.0926	50.00	0.200	n/a
3		n/a				n/a
4		n/a				n/a
5		n/a				n/a
6		n/a				n/a
7		n/a				n/a
8		n/a				n/a
9		n/a				n/a
10	n/a	n/a				n/a

Done

ภาพที่ ข.6 ข้อมูล Air conditioning setting

Air-Side HVAC System Parameters

Currently Active System: Sys1 (SZRH) (G.1) System Type: Single Zone Reheat

Basics Fans Outdoor Air Cooling Heating Preconditioner Meters Refrigeration

Fan Power and Control Flow Parameters Night Cycle Control

Fan Power Parameters for single-duct systems

	Design kW/cfm	Delta T °F	Static in WG	Tot Eff Frac	Mech Eff Frac	Fan EIR = f(PLR)
Supply:	n/a	n/a	0.17	0.48	0.62	ForCurve w Inlet Vanes FPL
Unused:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Return:		n/a		0.50		n/a

Fan Control and Placement

	Fan Schedules	Fan Control	Fan Placement	Motor Placement
Cooling:	Sys1 (SZRH) Fan Sch	Fan EIR FPLR	Draw Through	In Airflow
Unused:	n/a	n/a	n/a	n/a
Return:		n/a	n/a	
Exhaust:	- undefined -			

Done

ภาพที่ ข.7 ข้อมูลขนาดของระบบ HVAC system

Currently Active System: Sys1 (SZRH) (G.1) System Type: Single Zone Reheat

Basics | Fans | Outdoor Air | Cooling | Heating | Preconditioner | Meters | Refrigeration

Coil Capacity / Control | Unitary Power | Condenser | Capacity Curves | Evaporative Cooling | Economizer | Staged-Volume

Cooling Capacity

Cool Source: n/a

Total Cooling Capacity: 0 Btu/h

Sensible Cooling Capacity: 0 Btu/h

Cool Sizing Ratio: 1.00 ratio

RPM Limits, Max & Min: n/a rpm

Min Cycling Part Load Ratio: n/a ratio

CHW Coil Head: 15.0 ft

CHW Coil Delta T: 10.0 °F (delta)

CHW Valve Type: Two Way

CHW Loop: Chilled Water Loop

Coil Design Bypass Factor: 0.037 ratio

Cooling Control and Reset

Zone Entering Min Supply Temp: 55.0 °F

Cold Deck Min Leaving Temp: n/a °F

Cool Control Range: 4.0 °R

Min Supply Sch: - undefined -

Cold Deck Sch: n/a

Availability Sch: - undefined -

Cool Control: n/a

Reset Priority: n/a

Cool Reset Sch: n/a

Maximum Cooling Reset Temp: n/a °F

Minimum Cooling Reset Temp: n/a °F

Minimum Reset Flow: n/a ratio

Done

ภาพที่ ข.8 คุณสมบัติของระบบทำความเย็น

Currently Active Chiller: Chiller1 (ElCentOpen) Type: Elec Open Centrifugal

Basic Specifications | Condenser | Performance Curves | Loop Attachments | Miscellaneous

Chiller Name: Chiller1 (ElCentOpen)

Type: Elec Open Centrifugal

Equipment Capacity

Capacity: 0.1 MBtu/h

Capacity Ratio: n/a ratio

Min Ratio: 0.10 ratio

HGB Ratio: ratio

HGB Ratio HR: n/a ratio

Heat/Cool Cap: n/a ratio

Equipment Efficiency

Elec Input Ratio: 0.2361 ratio

Heat Input Ratio: n/a ratio

Heating EIR: n/a ratio

Compressor Configuration

Compressors/Ckt: n/a

VSD Drive Used: Yes

Design vs. Rated Conditions

Chiller Specified At: Design Conditions

Design Conditions

Rated Conditions

Chilled-Wtr Temp: 44.0 °F

Chilled-Wtr Temp: 44.0 °F

Condenser Temp: 85.0 °F

Condenser Temp: 85.0 °F

Design/Max Cap: 0.920 ratio

Condenser Flow: 3.00 gpm/ton

Loop Assignments

CHW: Chilled Water Loop

CW: Condenser Water Loop

HW: n/a

HtRec: - undefined -

Meter Assignments

Electric Meter: EM1

Fuel Meter: n/a

Done

ภาพที่ ข.9 คุณสมบัติของระบบทำความเย็น(ต่อ)

Chiller Properties

Currently Active Chiller: Chiller1 (EiCentOpen) Type: Elec Open Centrifugal

Basic Specifications | Condenser | Performance Curves | Loop Attachments | Miscellaneous

	Chilled Water	Condenser Water	Hot Water	Heat Recovery
Pump:	Chlr1 (EiCentOpen) Pur	- undefined -	n/a	n/a
Flow Ctrl:	Constant Flow	Constant Flow	n/a	n/a
Delta T:	10.0 °F (delta)	10.0 °F (delta)	n/a °F (delta)	n/a °F (delta)
Head:	20.0 ft	20.0 ft	n/a ft	n/a ft
Static Head:	ft	ft	n/a ft	n/a ft
Minimum Flow:	n/a ratio	n/a ratio	n/a ratio	n/a ratio
Maximum Flow:	1.4 ratio		n/a ratio	
Max Recovery T:				n/a °F

Done

ภาพที่ ข.10 ภาระทำความร้อนของระบบ

Heat Rejection Properties

Currently Active Heat Rejection: Open Tower Type: Open Tower

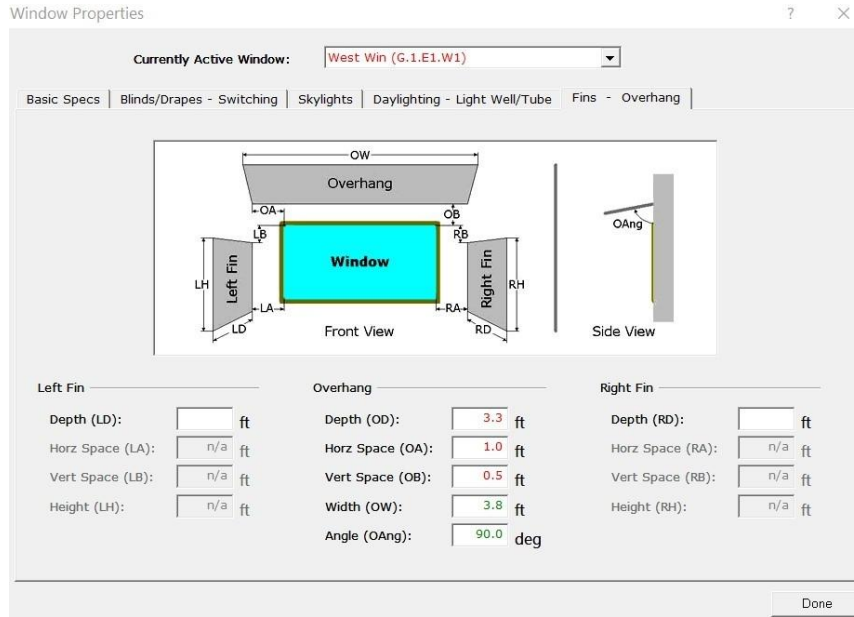
Basic Specifications | Fluid and Dry Coolers | Performance Curves | Attachments | Miscellaneous

Heat Rejection Name: Open Tower Type: Open Tower

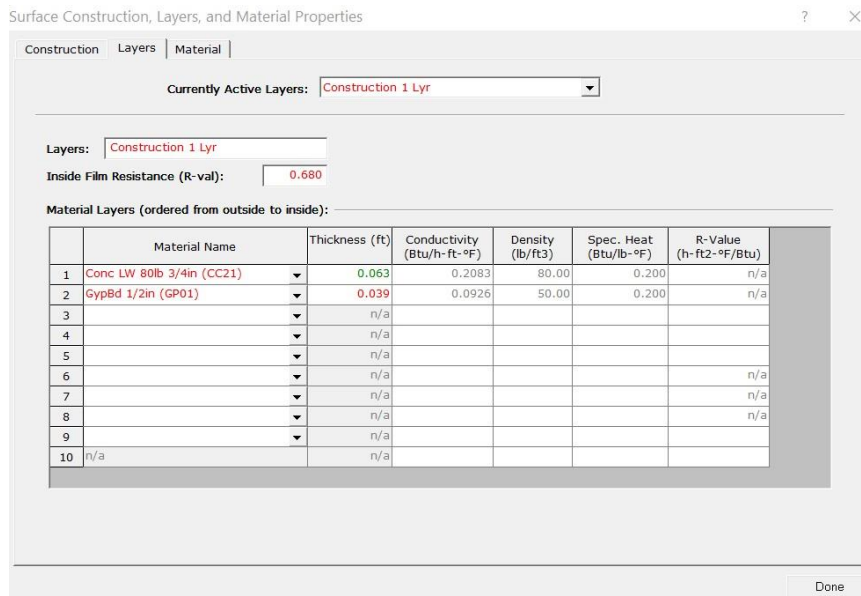
Loop Assignment	Equipment Capacity	Fan Efficiency
CW: Condenser Water Loop	Total Cap: MBtu/h	Fan kW per Cell: n/a kW
Meter Assignment	Capacity Ratio: ratio	Elec Input Ratio: 0.0232 ratio
Electric Meter: EM1	Num of Cells: 1	Fan Control
Design Parameters	Cell Control	Cap Ctrl: Variable Speed Fan
Wetbulb: 78.0 °F	Cell Ctrl: Minimum Cells	Fan Off Flow: 0.01 ratio
Approach: 7.0 °F (delta)	Cell Max Flow: 2.00 ratio	Fan Low Flow: n/a ratio
Range: 10.0 °F (delta)	Cell Min Flow: 0.33 ratio	Fan Low Elec: n/a ratio
		Min Fan Spd: 0.40 ratio
		Min Reset PLR: 0.30
		Max Reset Speed: 0.80 ratio

Done

ภาพที่ ข.12 การจำลองข้อมูล มาตรการที่ 1



ภาพที่ ข.12 การจำลองข้อมูล มาตรการที่ 2



ภาพที่ ข.13 การจำลองข้อมูล มาตรการที่ 3

Class Type Properties

Currently Active Glass Type: **Window Type #1 GT** Type: Glass Library

Basic Specifications | Component Details | Solar/Optical Details

Library Selection: **Eclipse Ac**

Glass Layers (Outside to Inside)

	Glass	Width	Thrm Inf Trans	Front Emis.	Back Emis.	Conductance
1	9,906	5.900	0.000	0.840	0.000	169.0
2	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
3	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
5	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

Gaps Between Glass Layers (Outside to Inside)

	Gas	Width	Conductivity	dConductivity	Viscosity	dViscosity	Density	dDensity
1								
2								
3								
4								

Done

Class Type Properties

Currently Active Glass Type: **Window Type #1 GT** Type: Glass Library

Basic Specifications | Component Details | Solar/Optical Details

Library Selection: **Eclipse Ac**

	Solar Trans	Visible Trans	Sol Abs 1	Sol Abs 2	Sol Abs 3	Sol Abs 4	Sol Abs 5
0°	0.23	0.39	0.69				
10°	0.23	0.39	0.70				
20°	0.23	0.39	0.70				
30°	0.23	0.38	0.70				
40°	0.22	0.37	0.70				
50°	0.21	0.36	0.69				
60°	0.20	0.33	0.67				
70°	0.16	0.27	0.62				
80°	0.10	0.16	0.44				
90°	0.00	0.00	0.00				
Hemis	0.20	0.34	0.66				

Solar Reflectance (from the inside): **0.254** Visible Reflectance (from the inside): **0.305**

Done

ภาพที่ ข.14 การจำลองข้อมูล มาตรการที่ 4

Glass Type Properties

Currently Active Glass Type: **Window Type #1 GT** Type: Glass Library

Basic Specifications | Component Details | Solar/Optical Details

Library Selection: **2600**

Glass Layers (Outside to Inside)

	Glass	Width	Thrm Inf Trans	Front Emis.	Back Emis.	Conductance
1	2	3.000	0.000	0.840	0.840	300.0
2	300	3.000	0.000	0.400	0.840	300.0
3	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
5	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0

Gaps Between Glass Layers (Outside to Inside)

	Gas	Width	Conductivity	dConductivity	Viscosity	dViscosity	Density	dDensity
1	Air	6.300	0.024	7.600	1.730	10.000	1.290	-0.004
2	Air	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Air	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Air	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Done

Glass Type Properties

Currently Active Glass Type: **Window Type #1 GT** Type: Glass Library

Basic Specifications | Component Details | Solar/Optical Details

Library Selection: **2600**

	Solar Trans	Visible Trans	Sol Abs 1	Sol Abs 2	Sol Abs 3	Sol Abs 4	Sol Abs 5
0°	0.63	0.77	0.10	0.13			
10°	0.63	0.77	0.10	0.13			
20°	0.63	0.77	0.10	0.13			
30°	0.62	0.76	0.10	0.13			
40°	0.61	0.75	0.11	0.13			
50°	0.58	0.72	0.11	0.13			
60°	0.51	0.66	0.12	0.13			
70°	0.39	0.51	0.13	0.12			
80°	0.18	0.26	0.13	0.08			
90°	0.00	0.00	0.00	0.00			
Hemis	0.54	0.68	0.11	0.13			

Solar Reflectance (from the inside): **0.210** Visible Reflectance (from the inside): **0.260**

Done

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ธนากร หนองชัยฤทธิ.(2554).การเลือกใช้กระจกประสิทธิภาพสูงเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
กระบวนการเชิงลำดับขั้น. สืบค้น 2 ธันวาคม 2564 จาก

http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Eng_Man/Thanakorn_K.pdf

สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ.(2562).การศึกษาแบบจำลองค่าพลังงานไฟฟ้าการปรับอากาศและระยะเวลา
คืนทุนของการใช้นวนก้นความร้อนในกรอบอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว. สืบค้น
23 กันยายน 2564 จาก

<https://so04.tcithaijo.org/index.php/archkmitl/article/view/170361/122453>

ชมพูนุช แสงกาญจนวนิช.(2557).แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัด
งาน: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้น 14 ตุลาคม 2564, จาก

http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2014/TU_2014_5616030093_717_1304.pdf

f

คมสัน วิสาวะโท.(2560).การศึกษามาตรการการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทาง
เศรษฐศาสตร์ ของอาคารประเภทห้องสมุด:กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้
ของ กรุงเทพมหานคร. สืบค้น 10 ธันวาคม 2564 จาก

<https://grad.dpu.ac.th/upload/content/files/year9-1/9-42.pdf>

กฤษเมธี โชติภรณ์.(2562).การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศและประเมินค่าการถ่ายเท ความ
ร้อนรวมของกรอบอาคาร: กรณีศึกษา กรมส่งเสริมการเกษตร(อาคาร 1) :
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. สืบค้น 14 ตุลาคม 2564, จาก

<https://grad.dpu.ac.th/upload/content/files/year8-1/8102.pdf>

นิรุทธิ์ อมรคณารัตน์.(2562).การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของการปรับปรุงกรอบ
อาคาร. สืบค้น 15 ธันวาคม 2564 จาก <http://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Nirutt.Amo.pdf>

ยุทธจักร หินทอง.(2556).การศึกษาแนวทางอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรม
จำลองการใช้พลังงานในอาคาร:กรณีศึกษา อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. สืบค้น 3 พฤศจิกายน 2564 จาก การศึกษาแนวทาง
การประหยัดพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษา-eQUEST-TU-Thesis-2556.pdf

คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
พลังงาน สืบค้นวันที่ 19 พฤศจิกายน 2564 จาก

<https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/guidelinrBEC2017.pdf>

คู่มือการออกแบบอาคารภาครัฐที่จะก่อสร้างใหม่ให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ:กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.(2562) สืบค้นวันที่ 24 พฤศจิกายน 2564 จาก

http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_work/62/G-GOODsNC.pdf

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

ชาลิตา จันทร์แก้ว

ประวัติการศึกษา

วุฒิกการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร (วศ.บ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2554

ตำแหน่งปัจจุบัน

วิศวกรเครื่องกล ระดับ ภาควิศวกร (บริษัท รับเหมาเอกชน)