แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

โดย

นางสาวชมพูนุท แสงกาญจนวนิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

โดย

นางสาวชมพูนุท แสงกาญจนวนิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศา
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

DESIGN GUIDELINES FOR ENERGY CONCERVATION IN THE GOVERNMENT OFFICE BUILDING

BY

MISS CHOMPUNUCH SANGKANCHANAVANICH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวชมพูนุท แสงกาญจนวนิช

เรื่อง

แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิดานต์ ยิ้มประยูร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. ดารณี จารีมิตร)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน
ชื่อผู้เขียน	นางสาวชมพูนุท แสงกาญจนวนิช
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ส่งเสริมการประหยัดพลังงานภายในอาคาร ดังจะเห็นได้จากการเสนอแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของกระทรวงพลังงานที่กำหนดเป้าหมายการลดใช้พลังงานให้ได้ 20% แต่แผนดังกล่าวยังขาดความชัดเจนในเรื่องการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารสำนักงานของรัฐที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบแปลนเดียวกันเนื่องจากงบประมาณการก่อสร้างที่จำกัด และเป็นแบบแปลนซึ่งถูกออกแบบก่อนการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงส่งผลให้สถาปนิกไม่ได้คำนึงถึงการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงานเท่าที่ควร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยขั้นตอนของการวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน ศึกษาและเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานของรัฐในปัจจุบันเพื่อนำมาเป็นกลุ่มอาคารตัวอย่าง 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 ผลการทดลองสรุปได้ว่าขนาดพื้นที่ใช้สอยของอาคารส่งผลต่อการประหยัดพลังงานไม่เท่ากัน การปรับเปลี่ยนอัตราส่วนรูปทรงของอาคารและสัดส่วนของช่องเปิดต่อผนังของอาคารส่งผลมากต่อการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 300 และ 1,200 ตาราง

เมตร แต่ส่งผลน้อยสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 12,000 ตารางเมตร สำหรับการปรับเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคารส่งผลต่อการประหยัดพลังงานมากสำหรับอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง ส่วนการประหยัดพลังงานภายในอาคารในกรณีที่ได้เปลี่ยนวัสดุผนังและวัสดุกระจกขึ้นอยู่กับจำนวนทิศทางและสัดส่วนของช่องเปิดของอาคารด้วย โดยหากเป็นอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทางและสัดส่วนของช่องเปิดมากกว่า 50% และอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางและสัดส่วนของช่องเปิดมากกว่า 30% ควรเลือกลงทุนที่จะเปลี่ยนวัสดุกระจก ส่วนอาคารในกรณีอื่น ๆ ควรเลือกลงทุนที่จะเปลี่ยนวัสดุผนัง เมื่อออกแบบอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยและทิศทางการวางแกนของอาคารอย่างเหมาะสม รวมถึงเปลี่ยนวัสดุกระจกกับวัสดุผนังของอาคารแล้วจะลดการใช้พลังงานได้ 9.11% จากอาคารเดิมที่มีอยู่ พบว่าหากต้องการได้อาคารประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการเพิ่มค่าก่อสร้างในเรื่องของวัสดุกรอบอาคารโดยในงานวิจัยได้มีการคำนึงถึงระยะเวลาการคืนทุน ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ชี้ให้รัฐและผู้ออกแบบได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบอาคารโดยพิจารณาถึงการออกแบบอนุรักษ์พลังงานควบคู่ไปกับงบประมาณการก่อสร้าง

คำสำคัญ: อาคารสำนักงานของรัฐ, การอนุรักษ์พลังงาน, แผนอนุรักษ์พลังงาน

Thesis Title	DESIGN GUIDELINES FOR ENERGY CONCERVATION IN THE GOVERNMENT OFFICE BUILDING
Author	Miss Chompunuch Sangkanchanavanich
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Awiroot Srisutapan
Academic Years	2014

ABSTRACT

Thai government has been promoting energy efficiency. The current 20-Year Energy Efficiency Development Plan (EEDP) proposed by the Ministry of Energy plans to reduce final energy consumption by 20% from 2005 level within 2030. However, the government has no specific energy conservation architecture plan for government office buildings. Since these buildings were designed under the similar pattern due to limited budget and this design was conceived before the enforcement of the Energy Conservation Promotion Act B.E. 2535. These conditions resulted in low consideration of energy efficiency design in government office buildings. This research aimed to propose guidances on energy conservation government office buildings design. The research methodology starts from compiling studies and articles that involve energy conservation design. Then, existing government office buildings data are obtained to be a base case. The utilization of buildings space can be classified into three sizes which are 300, 1,200, and 12,000 m^2. eQUEST 3.65 is used to model the buildings. The models are used in 2 phase experiments. The first phase was to compare the energy consumption after alteration of building orientation, floor dimension ratio, number of side opening, and window-to-wall ratio. The second phrase was to compare the energy consumption with

increase investment cost after the changes in walls and glazing materials. The results indicated that different building size affects energy consumption with the same alteration strategies floor dimension ratio and window-to-wall ratio significantly affects the reduction in energy consumption for the buildings with the area of 300 m2 and 1,200 m^2, but less affects the buildings with the area of 12,000 m^2. The adjustment of the building orientation greatly reduces energy consumption for the 2-side opening building. Energy consumption of the buildings depends on window-to-wall ratio. Specifically, the glazing materials should be changed for the 2-side opening building with over 50-percent of the window-to-wall ratio, and the 4-side opening building with over 30-percent of the window-to-wall ratio. For other cases, the walls materials should be changed. With the proper designs of the building size, building orientation and right modification of the walls and glazing materials, the government office buildings would be able to reduce the energy consumption at least 9.11% comparing to existing building. However, by increasing building energy efficiency the construction cost of the building increased so this research has considered the payback period. Therefore, the government should acknowledge the importance of energy-efficient building design for the long run rather than concerning merely on investment cost.

Keywords: Government office building, Energy conservation, Energy Efficiency Development Plan

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษาทั้งด้านวิชาการ วิธีการทำงาน และแนะนำแง่คิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัย ที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ดารณี จารีมิตร กรรมการวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาสนับสนุนการทำงานให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องและรูปแบบการเขียนวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร ที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคอยให้ความรู้ ให้คำปรึกษาต่าง ๆ รวมถึงให้ข้อมูลสนับสนุนที่เป็นประโยชน์สำหรับในงานวิจัย รวมทั้งช่วยกรุณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาวิทยานิพนธ์และแนะนำแนวทางแก้ไขตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ และเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำปรึกษา คอยช่วยเหลือด้านต่างๆ และคอยให้กำลังใจซึ่งเป็นแรงผลักดันให้กับผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และขอขอบพระคุณพี่เจ้าหน้าที่ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่คอยช่วยให้ข้อมูลดำเนินการประสานงาน และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่คอยสนับสนุนค่าเล่าเรียนและค่าใช้จ่าย และคอยให้กำลังใจเสมอมา ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการ และสถาปัตยกรรมไม่มากก็น้อย คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวชมพูนุท แสงกาญจนวนิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตการวิจัย	5
1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย	6
1.5 ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัย	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
1.7 นิยามศัพท์	9
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร	10
2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)	10
2.1.2 การพาความร้อน (Convection)	11
2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)	11
2.2 ระบบปรับอากาศ	13

2.2.1 ภาระการทำความเย็น 13
2.2.2 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ 14
2.2.3 ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ 14
2.3 ระบบแสงสว่าง 15
2.3.1 ชนิดของหลอดไฟ 15
2.4 กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง 17
2.4.1 กระจกอนุรักษ์พลังงาน 18
2.5 ศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐ 18
2.6 การคิดค่าไฟฟ้า 22
2.6.1 อัตราปกติ 22
2.6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 22
2.6 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 29

3.1 การกำหนดอาคารต้นแบบ 32
3.1.1 ขนาดพื้นที่ใช้สอย 32
3.2 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย 33
3.2.1 การทดลองขั้นที่ 1 33
3.2.1.1 ตัวแปรควบคุม 33
3.2.1.2 ตัวแปรต้น 33
3.2.1.3 ตัวแปรตาม 36
3.2.2 การทดลองขั้นที่ 2 36
3.2.1.1 ตัวแปรควบคุม 36
3.2.1.2 ตัวแปรต้น 36
3.2.1.3 ตัวแปรตาม 38
3.3 ค่าพื้นฐานแบบจำลองอาคาร 39
3.4 เครื่องมือที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย 43
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 44

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 45

4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 1 46
4.1.1 พื้นที่ใช้สอยและจำนวนทิศทางช่องเปิดส่งผลกับการออกแบบอัตราส่วนรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน 46
4.1.2 พื้นที่ใช้สอยและทิศทางการวางแกนของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 48
4.1.3 พื้นที่ใช้สอยและสัดส่วนช่องเปิดของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 52
4.1.4 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละพื้นที่ใช้สอย และแนวทางการพัฒนาการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน 54
4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 2 66
4.2.1 การเปลี่ยนวัสดุกระจกอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 68
4.2.2 การเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 73
4.2.3 การเปลี่ยนวัสดุกระจกควบคู่กับการเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 78
4.2.4 แนวทางการออกแบบวัสดุอาคาร 82

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 86

5.1 ข้อสรุปจากการศึกษาวิจัย 87
5.1.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน 87
5.1.2 ผลการวิเคราะห์เทคนิคการลดความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร 89
5.2 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน 91

5.2.1 ความเป็นไปได้ของนโยบายรัฐในการลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลง 20% ในอาคารสำนักงาน 91
5.2.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ กับการกำหนดค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร 93
5.2.3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน 96
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย 99

รายการอ้างอิง 100

ประวัติผู้เขียน 104

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางสรุปลักษณะการใช้งานของหลอดไฟแบบต่าง ๆ ที่ใช้ภายในอาคาร	16
2.2 ค่ามาตรฐานกระจกอนุรักษ์พลังงาน	18
2.3 การคิดค่าไฟอัตราปกติ	22
2.4 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	22
2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานภายในประเทศไทย	24
2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในต่างประเทศ	24
2.7 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
2.8 ตารางสรุปงานวิจัยเรื่องรูปทรงอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน	28
3.1 ตารางสรุปจำนวนตัวแปรในการทดลองที่ 1	36
3.2 ตารางค่าตัวแปรของวัสดุผนัง	37
3.3 ตารางค่าตัวแปรของวัสดุกระจก	38
3.4 ตารางสรุปจำนวนตัวแปรในการทดลองที่ 2	38
3.5 ค่าพื้นฐานแบบจำลองอาคาร	39
4.1 ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนการวางแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก เป็นทิศเหนือ-ใต้ ในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง	50
4.2 ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนการวางแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก เป็นทิศเหนือ-ใต้ ในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง	51
4.3 ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนรูปทรงอาคาร	63
4.4 เกณฑ์ในการคัดเลือกอาคารในการทดลองที่ 2	66
4.5 ค่าใช้จ่ายและส่วนต่างค่าไฟที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนชนิดกระจก	72
4.6 ค่าใช้จ่ายและส่วนต่างค่าไฟที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนชนิดผนัง	77
5.1 กรณีศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน	94
5.2 ระยะเวลาการคืนทุนในแต่ละกรณีการออกแบบ	95
5.3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อการประหยัดพลังงาน	96
5.4 แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อการประหยัดพลังงาน	97

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก	1
1.2 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานของโลก	2
1.3 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิจากผลการประหยัดพลังงาน	2
1.4 แนวทางนโยบายการประหยัดพลังงานของไทย	3
1.5 สัดส่วนอาคารและสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานภาครัฐ	4
2.1 ภาพอาคารสถานีอนามัยในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร	19
2.2 ภาพอาคารที่ว่าการอำเภอในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร	20
2.3 ภาพอาคารสำนักงานที่ดินในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร	20
2.4 ภาพอาคารศาลากลางจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร	21
2.5 ภาพอาคารศาลจังหวัดในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร	21
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	30
3.2 ภาพสัดส่วนช่องเปิดของอาคารสถานีอนามัย	32
3.3 ทิศทางการวางแกนของอาคาร	34
3.4 อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร	34
3.5 จำนวนทิศทางการเปิดช่องเปิด	35
3.6 สัดส่วนของช่องเปิด	35
3.7 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	43
4.1 อัตราส่วนรูปทรงที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร	47
4.2 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างการใช้ไฟฟ้าของการวางทิศทางของตัวอาคารในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง	48
4.3 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างการใช้ไฟฟ้าของการวางทิศทางของตัวอาคารในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง	49
4.4 พลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง ที่มีการวางแกนอาคารในทิศเหนือ-ใต้	53
4.5 พลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง ที่มีการวางแกนอาคารในทิศเหนือ-ใต้	54

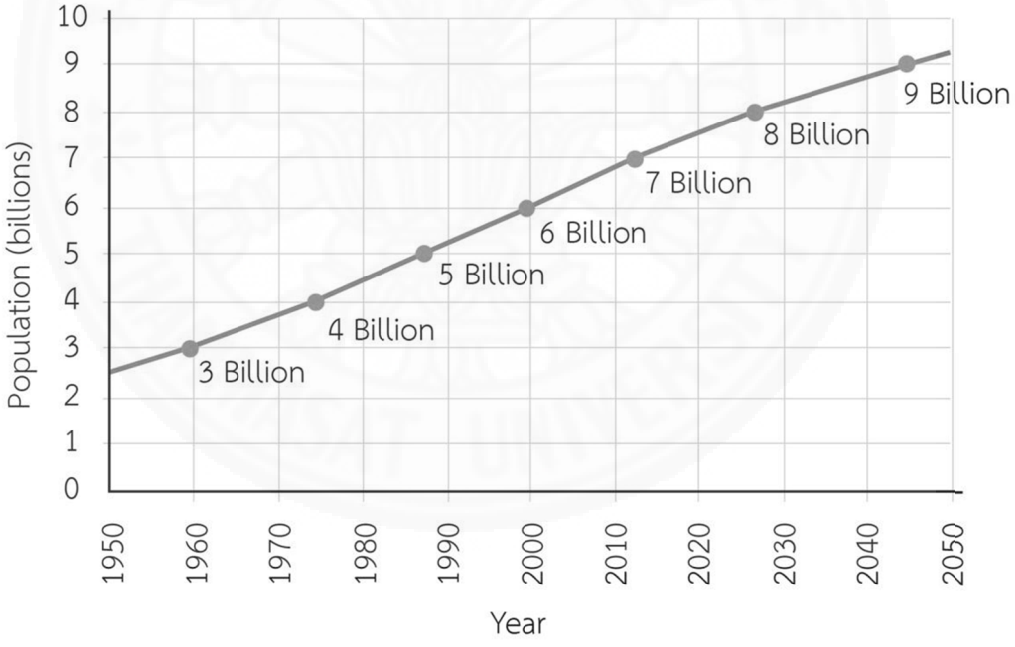
4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของการเปิดช่องเปิด 2 ทิศทาง จากพื้นที่ใช้สอย 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ในทุกสัดส่วนช่องเปิด 55
4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของการเปิดช่องเปิด 4 ทิศทาง จากพื้นที่ใช้สอย 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ในทุกสัดส่วนช่องเปิด 56
4.8 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง 58
4.9 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 4 ทิศทาง 59
4.10 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง 60
4.11 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 4 ทิศทาง 61
4.12 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรกับค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง ของอาคารขนาด 300 ตร.ม. และ 1,200 ตร.ม. 64
4.13 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรกับค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง ของอาคารขนาด 300 ตร.ม. 65
4.14 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคารขนาด300 ตร.ม. WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง 67
4.15 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง 68
4.16 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง 69
4.17 ตารางเมตรของกระจก 69
4.18 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกระจกสีเขียว 70
4.19 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกระจก 2 ชั้น 71
4.20 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนวัสดุผนังในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง 73
4.21 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนวัสดุผนังในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง 74
4.22 พื้นที่ของผนัง 74
4.23 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนผนังอิฐมวลเบา 75
4.24 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการใส่ฉนวน 2 ชั้น 76
4.25 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง 79
4.26 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง79
4.27 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง 81
4.28 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง81
4.29 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1 82
4.30 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.3 83
4.31 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.5 83

4.32 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.7 84
4.33 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:2 84
5.1 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรง 1:1 WWR 50% 88
5.2 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรง 1:1 WWR 50% 88
5.3 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร 90
5.4 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างอาคารที่มีอยู่เดิม และอาคารออกแบบใหม่ 91
5.5 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างอาคารตัวอย่าง และอาคารออกแบบใหม่ 92

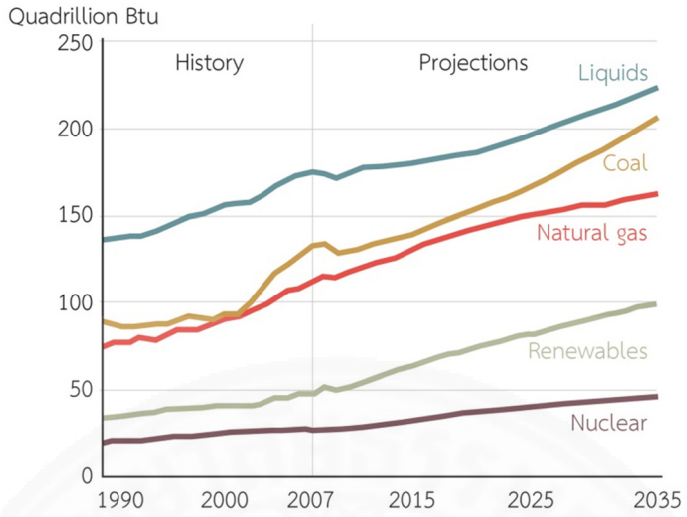
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการคาดการณ์ถึงจำนวนประชากรโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อ้างอิงดังภาพที่ 1.1 อีกทั้งการที่เทคโนโลยีถูกพัฒนาจนเป็นที่นิยมทำให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ความต้องการในการใช้พลังงานพื้นฐานและพลังงานไฟฟ้ามีมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น อ้างอิงดังภาพที่ 1.2 และกระทรวงพลังงานได้มีการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิจากผลการประหยัดพลังงานในช่วงปีพ.ศ. 2550-2579 พบว่าความต้องการการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี แต่จะน้อยลงเมื่อมีมาตรการประหยัดพลังงาน อ้างอิงดังภาพที่ 1.3

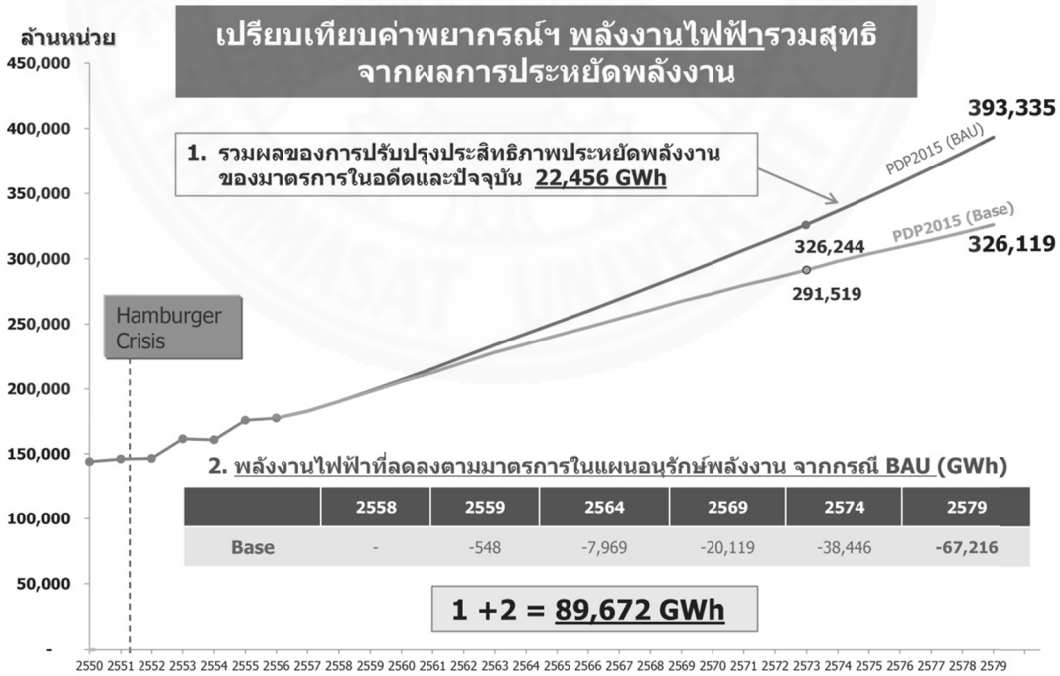


ภาพที่ 1.1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก. จาก U.S. Census Bureau, International Data Base, December 2010



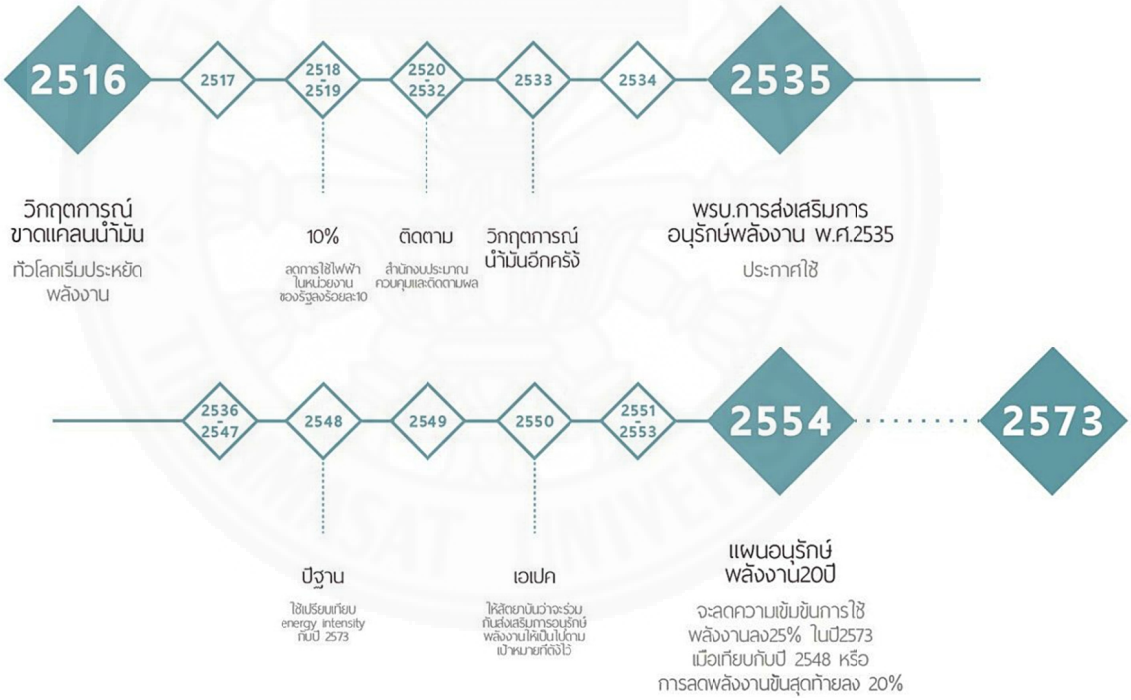
World marketed energy use by fuel type, 1990-2035

ภาพที่ 1.2 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานของโลก. จาก Energy Information Administration, 2010



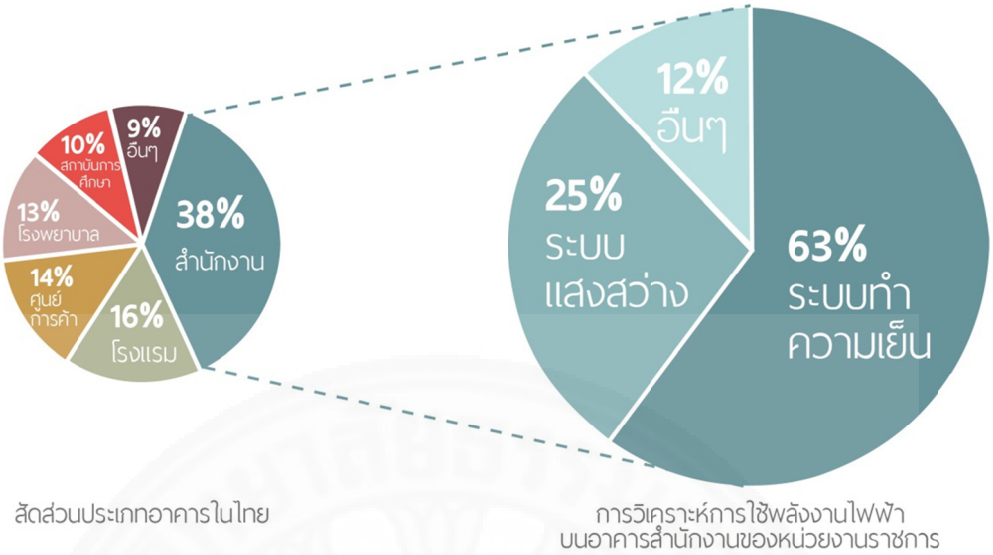
ภาพที่ 1.3 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิจากผลการประหยัดพลังงาน. จาก สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (กระทรวงพลังงาน), 2558

กระแสแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานมีขึ้นทั่วโลกโดยเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2516 จากการเกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมัน ซึ่งส่งผลให้ใน พ.ศ. 2518 ประเทศไทยเริ่มส่งเสริมการประหยัดพลังงานโดยการออกนโยบายปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อาคารโดยเน้นอาคารในภาครัฐมุ่งหวังที่จะลดใช้พลังงานภายในอาคารลง 10% จนมาในปี พ.ศ. 2533 ได้เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขึ้นอีกครั้ง ทำให้ทางกระทรวงพลังงานต้องการเพิ่มความจริงจังในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารจึงประกาศพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ส่งผลให้อาคารควบคุมต้องทำการออกแบบโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานภายในอาคาร และในปีพ.ศ. 2554 ทางกระทรวงพลังงานจึงกำหนดแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี โดยมุ่งที่จะลดความเข้มข้นการใช้พลังงาน (energy intensity) ลง 25% ในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 หรือเทียบเท่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy) ลง 20% ในปี พ.ศ. 2573 (โครงการศึกษาวิจัยและจัดทำประวัติการพัฒนาพลังงานของประเทศไทย, 2547) อ้างอิงดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 แนวทางนโยบายการประหยัดพลังงานของไทย

อาคารในประเทศไทยสามารถแบ่งสัดส่วนได้เป็น อาคารสำนักงาน 38% โรงแรม 16% ศูนย์การค้า 14% โรงพยาบาล 13% สถาบันการศึกษา 10% และอาคารอื่น ๆ 9% ทำให้อาคารสำนักงานเป็นอาคารที่ใช้พลังงานมากที่สุด และสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานขอหน่วยราชการแบ่งได้เป็น ระบบทำความเย็น 63% ระบบแสงสว่าง 25% และระบบอื่นๆ 12% (กระทรวงพลังงาน, 2554)อ้างอิงดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.5 สัดส่วนอาคารและสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานภาครัฐ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานจากอาคารเป็นสัดส่วนที่สูงซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารเก่าซึ่งสร้างมาตั้งแต่ก่อนมีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 อาคารดังกล่าวไม่ได้ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในอาคารของภาครัฐ ซึ่งเมื่อมีความต้องการลดการใช้พลังงานภายในอาคารทางกระทรวงพลังงานจึงได้มุ่งไปในเรื่องของการออกนโยบายข้อบังคับในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร แต่ปัจจุบันในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ทางกระทรวงพลังงานได้มีการกำหนดตัวเลข 20% ขึ้นเพื่อเป็นเป้าหมายในการลดใช้พลังงาน แต่ยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องของการออกแบบอาคารเพื่อส่งเสริมให้ประหยัดพลังงาน จึงนำมาสู่การจัดทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบอาคารภาครัฐที่มีการออกแบบและสร้างอาคารลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการควบคุมงบประมาณการก่อสร้างต่อตารางเมตร เพื่อลดพลังงานให้ได้ตามนโยบายที่ทางกระทรวงพลังงานกำหนด โดยเปรียบเทียบวิธีการและลักษณะการออกแบบที่ช่วยลดการใช้พลังงานกับงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้าง และระยะเวลาในการคืนทุน พร้อมทั้งศึกษาหาวิธีการออกแบบอาคารที่ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานได้มากที่สุด โดยทำการออกแบบ และประเมินประสิทธิภาพการลดพลังงานจากกลุ่มตัวอย่างของอาคารสำนักงานของรัฐปัจจุบันที่มีการออกแบบและสร้างอาคารลักษณะที่ใกล้เคียงกัน จำลองผลด้วยโปรแกรมทดสอบศักยภาพด้านพลังงาน วิเคราะห์และสรุปผลเพื่อสร้างแนวทางการออกแบบ หรือปรับปรุงและพัฒนาอาคารเดิมเพื่อสร้างภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคาร และเพื่อการลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานของรัฐ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของนโยบายรัฐในการลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลง 20% ในอาคารสำนักงาน

1.2.2 ทดลอง เปรียบเทียบ และวิเคราะห์หาวิธีการและลักษณะการออกแบบการลดพลังงานภายในอาคารที่เหมาะกับอาคารภาครัฐ

1.2.3 ทดลอง เปรียบเทียบ และวิเคราะห์หาวิธีการและลักษณะการออกแบบการลดพลังงานภายในอาคาร ควบคู่ไปกับการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และระยะเวลาในการคืนทุน

1.2.4 เสนอแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการลดการใช้พลังงานในการออกแบบอาคารสำนักงานของภาครัฐ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาอาคารสำนักงานของหน่วยงานรัฐที่มีลักษณะการออกแบบใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะที่ตั้งอยู่คนละพื้นที่ ในงานวิจัยนี้ได้แก่ สถานีอนามัย ที่ว่าการอำเภอ สำนักงานที่ดิน ศาลจังหวัด และ ศาลากลางจังหวัด และอาคารตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

1.3.2 ศึกษาวิธีการออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้ข้อมูลราคาค่าก่อสร้างปี พ.ศ. 2557 อ้างอิงจากข้อมูลของศูนย์ข้อมูลวิจัย และประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย บจก.เอเจนซี่ ฟอร์ เรียลเอสเตท แอฟแฟร์ส และราคากลางของสำนักมาตรฐานงบประมาณในการคำนวณ

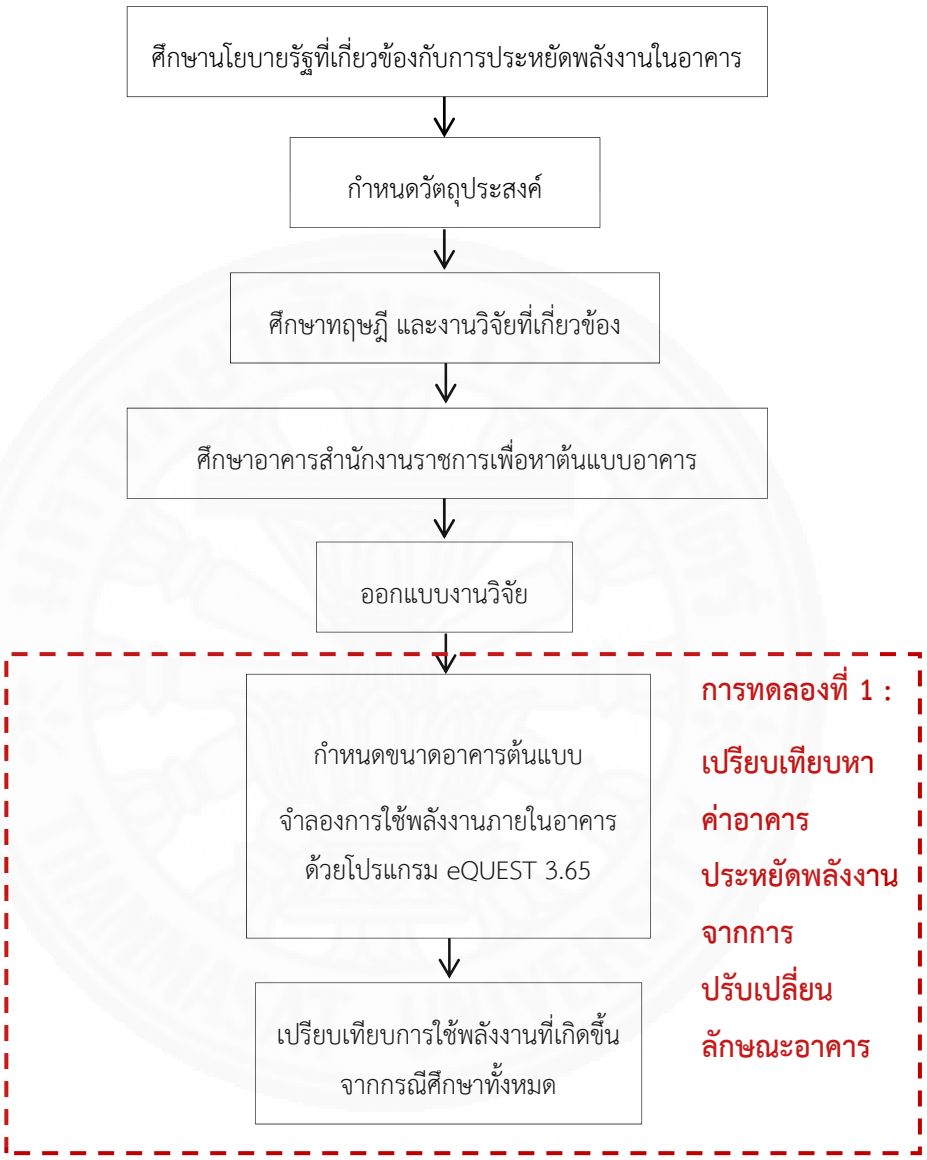
1.3.3 ศึกษาเฉพาะในส่วนของการออกแบบตัวอาคาร และงานระบบ โดยไม่คำนึงถึงการออกแบบสภาพแวดล้อมรอบนอกอาคาร

1.3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงาน ด้วยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.65 โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครในการประมวลผล

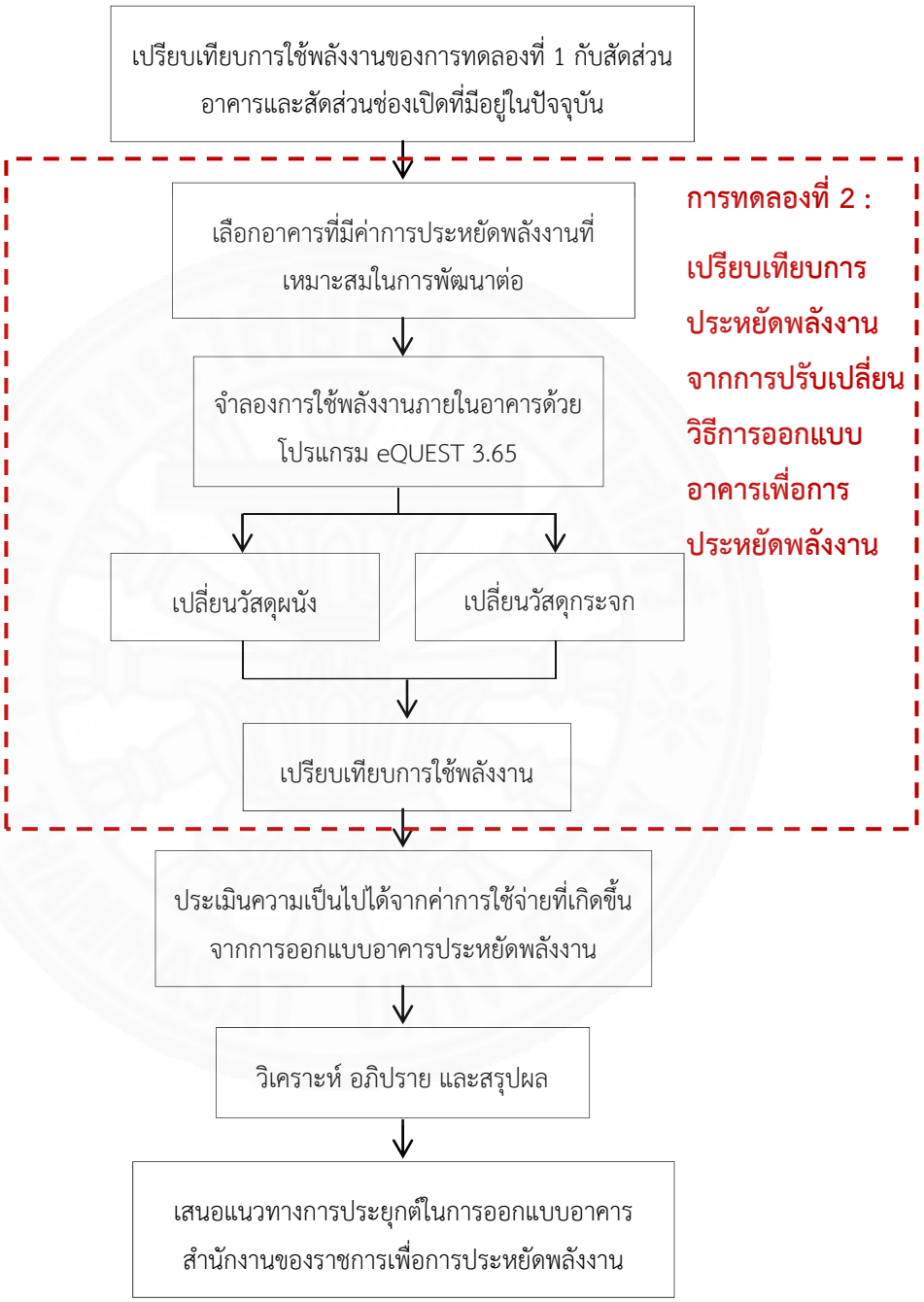
1.3.5 อาคารสำนักงานของหน่วยงานรัฐที่จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.65 มีลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน 2ชั้น

1.3.6 อาคารสำนักงานของหน่วยงานรัฐที่ใช้ในการจำลองและประเมินผลจากการทดลองไม่ได้รับอิทธิพลจากบริบทและอาคารข้างเคียง

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย



1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย (ต่อ)



1.5 ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัย

1.5.1 ตัวแปรต้น

1) พื้นที่ใช้สอยของอาคาร
2) ทิศทางการวางแกนของอาคาร
3) อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร
4) จำนวนทิศทางของช่องเปิดอาคาร
5) สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง
6) วัสดุผนัง
7) ชนิดกระจก

1.5.2 ตัวแปรตาม

1) ค่าการใช้พลังงาน (kWh)
2) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

1.5.3 ตัวแปรควบคุม

1) ระบบปรับอากาศ โดยกำหนดให้ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio, EER) เท่ากับ 11
2) ประเภทของอาคารเป็นอาคารสำนักงาน
3) สัดส่วนประเภทการใช้งานของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ใช้ค่ากำหนดเริ่มต้นของโปรแกรม eQUEST 3.65
4) จำนวนชั้นของอาคารที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ กำหนดให้อาคารเป็น 2 ชั้น
5) สภาพภูมิอากาศ และอุณหภูมิ โดยในโปรแกรม eQUEST 3.65 ได้ใช้สภาพภูมิอากาศของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.6.2 เป็นแนวทางในการออกแบบการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เพื่อการประหยัดพลังงานที่มีการคำนึงถึงเรื่องของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

1.6.3 เป็นประโยชน์ต่อรัฐบาลในการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการออกแบบการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.6.4 ทำให้สถาปนิกและบุคคลทั่วไปทราบว่าควรจะมุ่งเน้นออกแบบส่วนใดของอาคารเพื่อการลดการใช้พลังงานเป็นอันดับแรกเมื่อมีงบประมาณในการก่อสร้างที่จำกัด

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 ความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy intensity) หมายถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ

1.7.2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy) หมายถึง พลังงานขั้นสุดท้ายที่ผู้บริโภคใช้ โดยไม่รวมเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ในการผลิตพลังงานทุติยภูมิ ซึ่งหมายถึงการนำพลังงานปฐมภูมิมาผ่านการแปรรูป เช่น น้ำมันสำเร็จรูป และไฟฟ้า

1.7.3 กรอบอาคาร (Building envelope) หมายถึง ผนัง หลังคา พื้น และกระจก ที่ปกคลุมตัวอาคาร

1.7.4 ข้อมูลค่าสภาพอากาศ (Weather file) หมายถึง ค่าสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.7.5 อัตราส่วนรูปทรงอาคาร (Building ratio) หมายถึง อัตราส่วนรูปร่างอาคารด้านกว้างของอาคารต่อด้านยาวของอาคาร

1.7.6 สัดส่วนช่องเปิดอาคาร (Window to wall ratio) หมายถึง สัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร

1.7.7 ทิศทางการวางแกนตามยาวของอาคาร (Building orientation) หมายถึง ทิศทางการวางแกงอาคารในงานวิจัยนี้ กำหนดให้อาคารมีทิศทางการวางแกน 2 แบบ ได้แก่ การวางแกนอาคารในแนวเหนือ-ใต้ หรือการวางแกนอาคารตามตะวัน คือการวางแกนอาคารโดยหันด้านยาวเข้าหาทิศเหนือ-ใต้ และหันด้านแคบเข้าหาทิศ ตะวันออก-ตะวันตก และการวางแกนอาคารในแนวตะวันออก-ตะวันตก หรือการวางแกนอาคารขวางตะวัน คือการวางอาคารโดยหันด้านยาวเข้าหาทิศตะวันออก-ตะวันตก และหันด้านแคบเข้าหาทิศเหนือ-ใต้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และข้อกำหนดเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารสำนักงานราชการ โดยแบ่งหัวข้อการศึกษาไว้ดังนี้

2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร
2.2 ระบบปรับอากาศ
2.3 ระบบแสงสว่าง
2.4 กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง
2.5 ศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐ
2.6 การคิดค่าไฟฟ้า
2.7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักที่นำความร้อนมาสู่ตัวอาคารในช่วงกลางวัน ความร้อนจะถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคารผ่านกรอบอาคารซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ หลังคา ผนังทึบ และกระจก โดยการถ่ายเทความร้อนมี 3 ลักษณะ ได้แก่

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่ คุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และความแตกต่างของอุณหภูมิ

2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ในสสารสองสถานะคือ ของเหลวและก๊าซ เนื่องจากมีโมเลกุลที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อสสารได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ทำให้ความ

หนาแน่นต่ำลง และสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (ความหนาแน่นสูงกว่า) ก็จะลงมาแทนที่ตัวกลางมีการเคลื่อนที่ เป็นการถ่ายเทพลังงานโดยการนำไปของโมเลกุล

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นการถ่ายเทความร้อน โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน เช่น ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ถือเป็นความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี โดยที่วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (absorptivity) และ ค่าการสะท้อนกลับ (reflectivity) ของวัตถุโดยจะเกิดจาก

1) สีของวัตถุ วัตถุสีดำหรือสีเข้มดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน

2) ผิววัตถุ วัตถุผิวขรุขระดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบและขัดมัน

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบเกิดจากการนำความร้อน โดยการจำลองผลผ่านโปรแกรม eQuest ใช้สมการคำนวณตามวิธี Conduction Time Series (CTS) โดยคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้ (ASHRAE Handbook of Fundamentals, 2013)

$$q_{i,q\text{-}n} = UA(t_{e,q\text{-}n} - t_{rc})$$

$q_{i,q\text{-}n}$ = ปริมาณความร้อนที่สามารถถ่ายเทเข้าสู่ภายในผนังจากการนำความร้อน ในแต่ละชั่วโมง (W)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (W/m^2K)

A = พื้นที่กรอบอาคาร ในส่วนที่เป็นผนังทึบ (m^2)

$t_{e,q\text{-}n}$ = อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายนอกอาคาร (ºC)

t_{rc} = ค่าสันนิษฐานอุณหภูมิห้องซึ่งเป็นอุณหภูมิคงที่ (ºC)

จากสมการพบว่าหากเป็นอาคารเดียวกันที่มีพื้นที่ผิว และอุณหภูมิภายในและภายนอกที่เหมือนกัน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ โดยจะมีค่าแตกต่างกันตามคุณสมบัติแต่ละวัสดุ

2.1.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงเกิดจากการนำความร้อนผ่านกระจก และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เมื่อรังสีตกกระทบกระจก พลังงานบางส่วนจะเกิดการสะท้อนออก และพลังงานบางส่วนจะถูกดูดไว้ในกระจก และส่วนสุดท้ายจะผ่านเข้าโดยตรง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (ASHRAE, 2010.)

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาเนื่องจากรังสีตรง (Watt หรือ Btu/h) q_b ;

$$q_b = AE_D SHGC(\emptyset) / I_{ac}$$

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาเนื่องจากรังสีกระจาย (Watt หรือ Btu/h) q_d ;

$$q_d = A(E_d + E_r)\, SHGC_d / I_{ac}$$

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาเนื่องจากการนำความร้อน (Watt หรือ Btu/h) q_c ;

$$q_c = UA(T_{out} - T_{in})$$

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังโปร่งแสงทั้งหมด (Watt หรือ Btu/h) Q ;

$$Q = q_b + q_d + q_c$$

A = พื้นที่กรอบอาคาร กรณีนี้เป็นพื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2 หรือ ft^2)

E_D = ค่าการแผ่รังสีความร้อนตรง (direct irradiance)

E_d = ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายผ่านท้องฟ้า (diffuse irradiance)

E_r = ค่าการแผ่รังสีความร้อนกระจายผ่านสะท้อนพื้นดิน (ground reflect irradiance)

$SHGC(\emptyset)$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ณ มุมตกกระทบที่ q

$(SHGC)_d$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากรังสีกระจาย

T_{out} = อุณหภูมิภายนอก (°C หรือ °F)

T_{in} = อุณหภูมิภายใน (°C หรือ °F)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Watt/m^2 °C หรือ Btu/h ft^2 °F)

I_{AC} = ค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนการบังเงาภายในซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายใน

จากสมการพบว่าหากเป็นอาคารเดียวกัน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ โดยจะมีค่าแตกต่างกันตามคุณสมบัติแต่ละวัสดุ และค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งจะแตกต่างกันตามคุณสมบัติแต่ละวัสดุ ทิศทางและมุมของรังสีดวงอาทิตย์

2.2 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศหรือระบบทำความเย็นเป็นระบบที่มีสัดส่วนในการใช้พลังงานภายในอาคารมากที่สุด ถึง 63% (กระทรวงพลังงาน, 2554)

2.2.1 ภาระการทำความเย็น

ภาระการทำความเย็น (cooling load) เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศหรือทำความเย็นซึ่งมีสัดส่วนทำให้เกิดการใช้พลังงานมากกว่าระบบอื่น ๆ ที่ระบบทำความเย็นต้องกำจัดความร้อนนี้ออกไปจากพื้นที่ปรับอากาศ โดยเกิดจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร 60% และเกิดจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวอาคาร เช่น ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า และผู้ใช้อาคาร 40% (พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล และ พัฒนะ รักความสุข, 2551)

ที่มาของภาระการทำความเย็นสามารถแจกแจงได้ดังต่อไปนี้

1) ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร ประกอบด้วย
   - การนำความร้อนผ่านจากผนัง หลังคา และกระจก ด้านนอก
   - การนำความร้อนผ่าน ผนังเบา เพดาน และพื้น ด้านใน
   - การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก
   - การนำความร้อนที่มาจากอากาศบริสุทธิ์ที่เติมเข้ามาภายในห้อง
   - การรั่วของอากาศ
2) ความร้อนจากภายใน ประกอบด้วย
   - ความร้อนจาก อุปกรณ์ส่องสว่าง
   - คน และสัตว์
   - อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า มอเตอร์ของเครื่องเป่าลม เป็นต้น

2.2.2 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

การเลือกประเภทของระบบปรับอากาศที่จะติดตั้งขึ้นอยู่กับความต้องการและรูปแบบการใช้งานของอาคาร โดยทั่วไปประเภทของระบบปรับอากาศที่สามารถเลือกใช้ได้มีดังนี้

1) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เป็นระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานง่าย มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำกว่า เหมาะสำหรับอาคารที่แบ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็กหลายๆ ส่วนเช่นอาคารชุดพักอาศัย ในบางอาคารอาจจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทนี้เป็นบางห้องเพื่อที่ว่าห้องนั้นอาจจะมีคนมาใช้นอกเวลา โดยที่ไม่ต้องขึ้นกับเครื่องปรับอากาศชนิดทำน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นมายังห้องต่าง ๆ เมื่อเครื่องทำน้ำเย็นหยุดทำงานก็ยังสามารถใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้

2) ระบบปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (Package)

เป็นระบบที่ติดตั้งง่าย แต่สำหรับเครื่องที่มีขนาดใหญ่ อาจจำเป็นต้องมีห้องเครื่องและระบบส่งจ่ายลมเย็น โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เหมาะสำหรับอาคารที่แบ่งพื้นที่เป็นชั้นและต้องการเปิด-ปิดใช้งานอย่างอิสระ

3) ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เหมาะสำหรับอาคารที่ต้องการปรับอากาศทั้งอาคาร มีความยุ่งยากซับซ้อนในการออกแบบและติดตั้งมากกว่าระบบอื่น ทำให้มีความจำเป็นต้องมีการออกแบบทางวิศวกรรม โดยมีส่วนประกอบคือเครื่องทำน้ำเย็น ระบบระบายความร้อน ระบบท่อและอื่น ๆ เป็นระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

2.2.3 ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของระบบปรบอากาศสามารถคำนวณและระบุได้ 2 รูปแบบคือ

1) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficient Ratio, EER) เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์ในการทำงาน เพียงแต่กำลังความเย็นใช้มีหน่วยเป็น บีทียู / ชม. แต่กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็นวัตต์เพราะฉะนั้น

$$\text{ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)} = \frac{\text{อัตราการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)}}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (วัตต์)}} \quad (1)$$

สำหรับค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานจะใช้บอกประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศขนาดเล็กเช่นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบแพ็คเกจขนาดเล็ก

2) ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller Performance, ChP)

เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ต่อกำลังที่ต้องใช้ (กำลังไฟฟ้า)

TON = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันความเย็น) หาได้จาก

$$TON = (FxT) / 50.4) \quad \text{_____ (2)}$$

F = ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น (ลิตร/นาที)

T = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและไหลออกจากส่วนทำน้ำเย็น (°C)

50.4 = ค่าคงที่

kW = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำย็น (กิโลวัตต์)

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (ChP)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (กิโลวัตต์)}}{\text{อัตราการทำความเย็น (ตัน)}} \quad \text{____ (3)}$$

2.3 ระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานของรัฐเป็นระบบที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานรองลงมาจากระบบปรับอากาศ โดยระบบแสงสว่างภายในอาคารต้องมีความสว่างตามมาตรฐานการส่องสว่างที่กำหนดไว้ตามกฎหมาย

2.2.1 ชนิดของหลอดไฟ

สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดหลัก ๆ ตามหลักการกำเนิดแสง

1) หลักการเผาไส้ให้ร้อน (Incandescent)

1.1) หลอดไส้ (Normal Incandescent)

1.2) หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten halogen)

2) หลักการปล่อยประจุในก๊าซ (Gas discharge)

2.1) ความดันไอสูง (High Pressure)

- หลอดไอปรอท/หลอดแสงจันทร์ (High pressure mercury)
- หลอดเมตัลฮาไลด์ (Metal halide)
- หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High pressure sodium)

2.2) ความดันไปต่ำ (Low Pressure)

- หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low pressure sodium)
- หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (Fluorescent)

ตารางที่ 2.1

ตารางสรุปลักษณะการใช้งานของหลอดไฟแบบต่าง ๆ ที่ใช้ภายในอาคาร

ชนิดของหลอดไฟ	**ปริมาณแสงที่ให้ (ลูเมน)**	**ประสิทธิผล (ลูเมนต่อวัตต์)**	**อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)**
หลอดไส้ (Normal Incandescent)	90 - 3,150	10 - 25	1,000
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen)	60 – 44,000	8 - 35	1,500 - 3,000
หลอดไอปรอท/หลอดแสงจันทร์ (High pressure Mercury)	1,800 – 58,000	30 – 60	20,000 – 24,000
หลอดเมตัลฮาไลด์ (Metal Halide)	2,400 – 240,000	60 – 120	8,000 – 15,000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High pressure Sodium)	2,400 – 130,000	70 - 130	18,000 – 24,000
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low pressure Sodium)	1,800 – 32,000	100 – 180	22,000 - 24,000
หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ทรงกระบอกยาว (Tubular Fluorescent)	1,300 – 5,200	73 - 93	8,000 – 12,000
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซ็นต์ (Compact Fluorescent)	200 – 3,200	35 - 80	7,500 – 10,000
หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode, LED)	420	25 - 64	50,000

หมายเหตุ. จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 2553.

2.4 กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอาคารราชการ พบว่ามีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องคือ ข้อกำหนดมาตรฐานอาคารประเภทที่ทำการของราชการ 2521 ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ว่าด้วยเรื่องของการกำหนดขนาดพื้นที่ทำงานของข้าราชการในแต่ละระดับ และวัสดุพื้นฐานในการก่อสร้าง เพื่อให้อาคารที่ทำการของทางราชการอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และมีราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละชั้นเฉลี่ยตารางเมตรละไม่เกินจำนวนเงินที่สำนักงบประมาณกำหนด อีกทั้งเป็นข้อกำหนดการก่อสร้างซึ่งออกมาก่อนที่จะมีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ทำให้อาคารราชการไทยมีลักษณะใกล้เคียงกันและปัจจุบันยังไม่มีการปรับเปลี่ยน ทำให้ไม่มีการวางกรอบความคิดเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน แต่เนื่องจากค่าไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องของอาคารสำนักงานราชการทำให้ทางหน่วยงานรัฐบาลได้คิดนโยบายเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยนโยบายดังกล่าวมุ่งเน้นไปที่เรื่องของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร เช่นการปรับเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตั้งอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 25-26 องศาเซลเซียส แต่ยังคงไม่มีการกล่าวถึงการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้เล็งเห็นถึงอนาคตการออกแบบและปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจึงจัดทำข้อพิจารณาก่อนการปรับปรุง โดยการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารนั้นจะต้องดูความสัมพันธ์ของ 3 ปัจจัยหลักให้มีความสอดคล้องกัน ได้แก่การประเมินความเหมาะสมของวัสดุ การปรับปรุงช่องเปิดให้สัมพันธ์กับที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ และระบบภายในอาคาร ทั้งหมดต้องถูกออกแบบโดยคำนึงถึงการใช้งานของผู้ใช้อาคาร ซึ่งสิ่งที่ควรพิจารณาก่อนการปรับปรุงออกเป็น 4 ข้อได้แก่

1) ความคุ้มค่าทางด้านการลงทุน พิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุง โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบ ทั้งนี้ควรให้วิศวกรหรือสถาปนิกเสนอทางเลือกอย่างน้อย 2 หรือ 3 แนวทางเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ โดยพิจารณาจากผลประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกับการลงทุนในกรณีเปลี่ยนวัสดุต่าง

2) อาคารหลังปรับปรุงต้องมีสภาวะน่าสบาย (comfort condition) สำหรับผู้ใช้อาคาร ทั้งนี้ต้องให้ผู้ออกแบบแสดงข้อมูลยืนยันประกอบด้วย

3) ค่าใช้จ่ายด้านการดูแลรักษาอาคารควรจะลดลงหรืออย่างน้อยต้องไม่เพิ่มขึ้น

4) ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้อาคารต้องไม่ลดลง

เมื่อปี พ.ศ. 2557 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้จัดการประกวดออกแบบ “แนวคิดการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานภาครัฐ” เพื่อให้สอดคล้องกับแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี แต่ยังไม่มีข้อกำหนดควบคุม นโยบาย หรือแนวทางที่ประกาศออกมาเพื่อกำหนดลักษณะของการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

2.4.1 กระจกอนุรักษ์พลังงาน

ทางรัฐบาลได้กำหนดกฎกระทรวง กระจกอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 โดยกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ไม่มากกว่า และมีค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่าค่ามาตรฐานพลังงานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด ทั้งนี้ โดยคำนึงถึงสภาพเศรษฐกิจนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล ความพร้อมของการผลิตและจำหน่ายกระจก ตลอดจนการส่งเสริมและช่วยเหลือผู้ผลิตและผู้จำหน่ายกระจก ค่ามาตรฐานพลังงาน ให้กำหนดตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2

ค่ามาตรฐานกระจกอนุรักษ์พลังงาน

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)	๐.๕๕ - ๐.๓๐
ค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (LSG)	๑.๒๐ - ๑.๖๐

จากการศึกษาผู้วิจัยเห็นได้ว่าทางภาครัฐเริ่มมีการคำนึงถึงการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน แต่ยังขาดความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เป็นประโยชน์ในการสนับสนุนการวางนโยบายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานราชการ

2.5 ศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐ

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

1. การออกแบบ กำหนดให้ใช้ระบบประสานทางพิกัด (modular coordination) ตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

2. ลักษณะของอาคาร มีการกำหนดขนาดพื้นที่ใช้สอยของราชการแต่ละตำแหน่งเพื่อประโยชน์แก่การคำนวณเนื้อที่ทั้งหมดของอาคาร

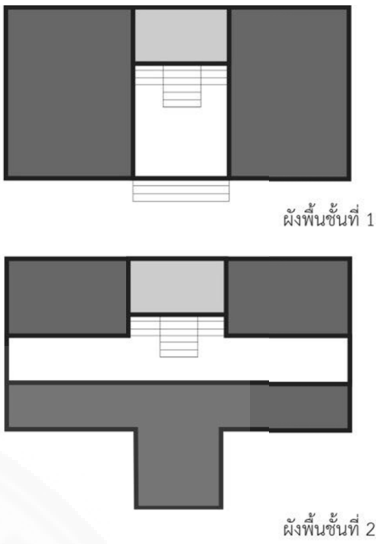
3. วัสดุก่อสร้าง มีการกำหนดวัสดุมาตรฐานในการก่อสร้าง เช่น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่ออิฐเผาแท่งตันหรืออิฐเผาโปร่ง คอนกรีตบล็อก

อาคารสำนักงานของรัฐที่สร้างโดยลักษณะรูปทรงใกล้เคียงกันในทุก ๆ จังหวัดนั้นประกอบไปด้วย

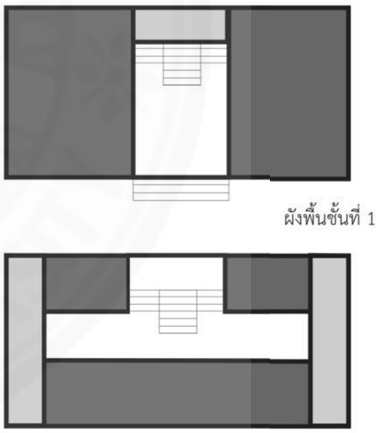
1. สถานีอนามัย
2. ที่ว่าการอำเภอ
3. สำนักงานที่ดิน
4. ศาลากลางจังหวัด
5. ศาลจังหวัด

มีลักษณะตัวอาคารและพื้นที่ใช้สอยดังภาพที่ 2.1-2.5

ภาพที่ 2.1 ภาพอาคารสถานีอนามัยในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร (จากภาพสถานีอนามัยของตำบลกระทุ่มแบน, บ่อวิน, คชสิทธิ์, เขาตาพัง, ดารา และ แม่รัง)



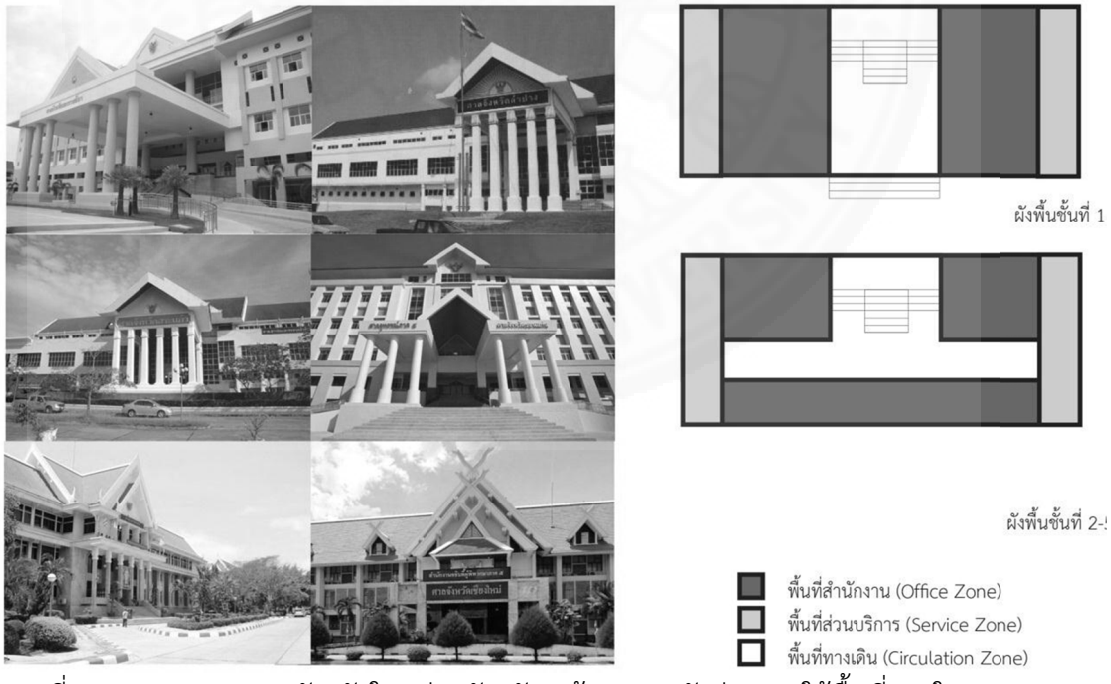
ภาพที่ 2.2 ภาพอาคารที่ว่าการอำเภอในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร (จากภาพที่ว่าการอำเภอเทพสถิต, พานทอง, บ้านตุง, บางกระทุ่มหลังเก่า, ท่าตูม และ จักราช)



ภาพที่ 2.3 ภาพอาคารสำนักงานที่ดินในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร (จากภาพสำนักงานที่ดินของจังหวัดยะลา, เชียงราย, กำแพงเพชร และ อุบลราชธานี)

ภาพที่ 2.4 ภาพอาคารศาลากลางจังหวัดในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร

(จากภาพศาลากลางจังหวัดของจังหวัดร้อยเอ็ด, อุตรดิตถ์, ตรัง, สุราษฎร์ธานี, อุดรธานี และ สงขลา)



ภาพที่ 2.5 ภาพอาคารศาลจังหวัดในแต่ละจังหวัด พร้อมแสดงสัดส่วนการใช้พื้นที่ภายในอาคาร

(จากภาพศาลจังหวัดของจังหวัดนครราชสีมา, ลำปาง, สระแก้ว, ขอนแก่น, สิงห์บุรี และ เชียงใหม่)

2.6 การคิดค่าไฟฟ้า

การคิดไฟฟ้าของอาคารในงานวิจัยนี้เป็นการคิดไฟฟ้าสำหรับอาคารประเภทที่ 6 ซึ่งหมายถึงการใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2543)

ตารางที่ 2.3

การคิดค่าไฟอัตราปกติ

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
1) แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	1.9712
2) แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	2.1412
3) แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	
- 10 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 10)	1.3576
- เกิน10 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	2.4482

ตารางที่ 2.4

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	
	Peak	Off Peak
1) แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	2.6136	1.1726
2) แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	2.6950	1.1914
3) แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	2.8408	1.2246
Peak : วันจันทร์ -ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ -ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน		

โดยการคำนวณค่าไฟในงานวิจัยนี้ใช้อัตราแบบปกติ ค่าไฟเท่ากับ 2.2947บาท/หน่วย ซึ่งเป็นอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย

2.7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การใช้พลังงานในอาคารเกิดจากปัจจัย 3 ส่วน ได้แก่

2.6.1 ที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ นับเป็นปัจจัยแรกที่ส่งผลในการใช้พลังงาน และ เป็นตัวกำหนดข้อจำกัดในการพัฒนาปรับปรุงอาคาร การเลือกใช้วัสดุ หรือระบบต่าง ๆภายในอาคาร

2.6.2 ตัวอาคารและงานระบบ เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยตรง โดยสามารถแบ่งได้เป็น

1) ตัวอาคาร เช่น ทิศทางการวางแกนอาคาร รูปทรงอาคาร สัดส่วนและตำแหน่งช่องเปิด เป็นต้น
2) วัสดุกรอบอาคาร เช่น การเลือกใช้วัสดุผนังที่ไม่ส่งผ่านความร้อน การเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน
3) ระบบภายในอาคาร เช่น การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสม การออกแบบแสงสว่างให้เหมาะสมแก่การใช้งาน
4) แนวคิดอื่นๆ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร เช่น การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (natural ventilation) การป้องกันการรั่วซึมของอากาศ การใช้แสงธรรมชาติ

2.6.3 ผู้ใช้อาคารและการบริหารจัดการ เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้งานอาคารซึ่งทางรัฐฯได้กำหนดนโยบายการประหยัดพลังงานจากพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อาคาร เช่น การเปิดเครื่องปรับอากาศหลังเวลาเริ่มงาน และปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาเลิกงาน

เมื่อศึกษาอาคารที่ทางกระทรวงพลังงานได้กำหนดให้เป็นอาคารสำนักงานต้นแบบในการอนุรักษ์พลังงาน พบว่าอาคารสำนักงานที่ออกแบบโดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยปัจจัยที่จะเน้นส่วนใหญ่คือวัสดุกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งมีความแตกต่างจากอาคารต่างประเทศในเรื่องของการใช้แสงธรรมชาติ และการใช้ลมระบายอากาศ (natural ventilation) (กระทรวงพลังงาน, 2555) ดังที่แสดงในตารางที่ 2.5 และ 2.6

ตารางที่ 2.5

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานภายในประเทศไทย

	วัสดุกรอบอาคาร	แสงธรรมชาติ	ตัวอาคาร	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	การระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ	ระบบน้ำ	การวางผังพื้นที่สีเขียว	พลังงานทดแทน
อาคารธนาคารแห่งประเทศไทย (แบงค์ชาติ)	✓	✓	✓	✓	✓				
อาคารธนาคารกสิกรไทย สำนักงานใหญ่แจ้งวัฒนะ	✓	✓		✓	✓		✓		✓
อาคารสำนักงานใหญ่ กฟผ. ท.102	✓	✓	✓					✓	✓
อาคาร SCG building 5 บางซื่อ กรุงเทพฯ	✓			✓	✓		✓	✓	✓
อาคารสภาสถาปนิกแห่งใหม่	✓	✓					✓	✓	✓
อาคารปาร์คเวนเชอร์ อีโคเพล็กซ์	✓			✓	✓		✓		✓
อาคารสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน นครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่	✓		✓	✓	✓		✓		✓
อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดปทุมธานี	✓	✓		✓	✓			✓	✓
อาคารศูนย์เอนเนอร์ยี่คอมเพล็กซ์	✓	✓		✓	✓		✓		✓
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550	✓	✓		✓				✓	✓

ตารางที่ 2.6

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในต่างประเทศ

	วัสดุกรอบอาคาร	แสงธรรมชาติ	ตัวอาคาร	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	การระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ	ระบบน้ำ	การวางผังพื้นที่สีเขียว	พลังงานทดแทน
อาคาร California academy of science ประเทศสหรัฐอเมริกา	✓	✓		✓					✓
อาคาร Chicago center for green technology เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา	✓	✓		✓	✓				
อาคาร Kroon Hall ของมหาวิทยาลัยเยล ประเทศสหรัฐอเมริกา	✓		✓	✓		✓	✓		✓
อาคาร Elithis Tower ประเทศฝรั่งเศส	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓
อาคาร Center for sustainable energy technology (CSET) ในประเทศจีน	✓	✓		✓		✓			
อาคาร Pearl River Tower ประเทศจีน	✓			✓					✓
อาคารไทเป 101 ประเทศไต้หวัน	✓	✓	✓	✓	✓				✓
อาคาร Pusat Tenaga ประเทศมาเลเซีย	✓	✓		✓					✓
อาคารพลังงานศูนย์ (Zero Energy Building,ZEB) ประเทศสิงคโปร์	✓	✓		✓		✓		✓	✓
อาคาร Council House2 ประเทศออสเตรเลีย	✓	✓	✓	✓		✓			

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดพลังงานในอาคารภาครัฐ ที่ผ่านมาเน้นการพัฒนาปรับปรุงอาคารใดอาคารหนึ่งเป็นกรณีศึกษา โดยพิจารณาเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในอาคารก่อนการปรับปรุงและพลังงานหลังการปรับปรุง ตัวอย่างการศึกษา เช่น การปรับปรุงแผงบังแดด และการปรับเปลี่ยนวัสดุ ทั้งบริเวณผนังและบริเวณกระจกของอาคารกรณีศึกษาอาคารสำนักงานเทศบาลนคร เพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เหมาะสมในเชิงเทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์ (ดลยา ศิริปรุ, 2548) กรณีศึกษาอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ ดอนเมือง ซึ่ง สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารได้ร้อยละ 10.18 ถึง 18.56 และมีมูลค่าการลงทุนระหว่าง 411,950 ถึง 1,050,910 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 10 ปี (ปริมลาภ วสุวัต, 2542) โดยผู้วิจัยทั้งสองได้ทำการจำลองตัวอาคารและคำนวณการใช้พลังงานจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2 ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงลักษณะภายนอกของอาคาร การเปลี่ยนวัสดุ มีผลทำให้การใช้พลังงานภายในอาคารลดลง แต่การวิจัยที่เกิดขึ้นนั้นเป็นแค่เพื่อการปรับปรุงลดพลังงานภายในอาคารกรณีศึกษาเท่านั้นยังไม่ใช่งานวิจัยเพื่อรองรับการพัฒนางานออกแบบในลักษณะการปรับปรุงแบบมาตรฐานอาคารของภาครัฐ โดยศาณิส ยี่โถขาว (2553) ได้ทำการศึกษาการหารูปแบบร่วมของศาลากลางในแต่ละแห่งแล้วพบว่ามีความคล้ายคลึงกันเหมาะที่จะศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงอาคารศาลากลาง โดยมีการเปรียบเทียบกับงบประมาณในการลงทุน และมีการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้น และมีการพิจารณาความเหมาะสมในด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ และ

เมื่อพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเมื่อมีการศึกษาเกี่ยวกับความคุ้มทุนในการลงทุนออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานจะเป็นงานวิจัยที่ทำการเลือกอาคารกรณีศึกษา และทำการปรับปรุงอาคารนั้น แต่หากเป็นการออกแบบในภาพรวมของอาคารแต่ละประเภทจะไม่มีการศึกษาด้านความคุ้มทุนในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	ตัวแปรที่ศึกษา														
	ทิศทางการวางตัวของอาคาร	รูปทรงอาคาร	วัสดุผนังทึบ	วัสดุหลังคา	ฉนวนกระจก	แผงกันแดด	การร้ัวของอากาศ	สัดส่วนช่องเปิด	ระบบปรับอากาศ	ระบบส่องสว่าง	พฤติกรรมผู้ใช้อาคาร	ความคุ้มในการลงทุน	ใช้โปรแกรมคำนวณผล	มีอาคารกรณีศึกษา	พรบ.การอนุรักษ์พลังงาน
ปริมลาภ วสุวัต, 2542	-	-	/	/	/	-	/	-	-	/	/	/	/	/	/
สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, 2543	-	-	/	/	/	-	-	-	/	/	/	-	/	/	-
ดลยา ศิริปรุ, 2548	/	/	/	/	/	/	-	/	-	-	-	-	/	/	/
ศาณิส ยี่โถขาว, 2553	-	-	/	-	/	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/
ธีรวัต วงษ์กมลเศรษฐ์, 2556	-	-	/	/	/	/	-	/	-	-	-	-	/	-	-
ยุทธจักร หินทอง, 2556	-	-	-	-	/	-	/	/	-	-	/	-	/	/	/
รฐา จิตติวิสุทธิกุล, 2557	/	/	/	-	-	/	-	/	-	-	-	-	/	-	-
Imran Iqbal , 2548	-	-	-	/	/	-	-	-	/	/	/	-	/	/	-
Yael Valerie Perez , 2552	/	-	-	/	/	/	/	/	-	-	-	-	/	/	-
Surapong Chirarattananon, 2554	-	-	-	-	-	-	-	/	-	-	-	-	/	/	-

จากการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการออกแบบเพื่อการลดการใช้พลังงานในอาคารทั่วไปได้มีการศึกษาไว้อย่างหลากหลายแนวทาง ทั้งการเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคาร วัสดุก่อสร้าง ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร แต่ยังขาดการศึกษาเชิงลึกในการหารูปแบบของอาคารภาครัฐที่มีจุดร่วมที่สามารถนำมาปรับปรุงได้ ขาดการศึกษาลักษณะการใช้อาคารของผู้ใช้งาน และขาดการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงกับนโยบายภาครัฐที่เน้นไปที่การปรับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งาน ส่วนในด้านการศึกษาการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น ยังขาดในด้านของเรื่องการเปรียบเทียบงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้าง ความเป็นไปได้ที่นำมาประยุกต์ใช้กับอาคารสำนักงานของรัฐ และระยะเวลาในการคืนทุน

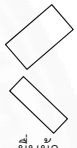
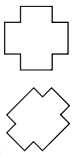
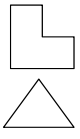
จากการศึกษาการประหยัดพลังงานจากการออกแบบรูปทรงอาคารพบว่าเมื่ออาคารมีประเภท และขนาดพื้นที่ใช้สอยที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้อัตราส่วนของรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ประหยัด

พลังงานไม่เหมือนกัน โดยการุณย์ ศุภมิตรโยธิน (2548) ได้ทำการทดลองจากการจำลองอาคารสำนักงานขนาดพื้นที่อาคาร 10,000 ตร.ม.พบว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมอัตราส่วน 1:1ประหยัดพลังงานมากที่สุด รองลงมาได้แก่อาคารอัตราส่วน 1:2 อาคารผืนผ้าอัตราส่วน 1:4 ตามลำดับ ซึ่งอรรจน์ เศรษฐบุตร (2550) ได้ทำการวิจัยทดลองคำนวณจากการจำลองอาคารทาวน์เฮ้าส์ขนาดพื้นที่ 150 ตร.ม.ได้ว่าอาคารอัตราส่วน 1:2 เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานที่สุดรองลงมาเป็นอาคารอัตราส่วน 1:1 ซึ่งแตกต่างจากผลการวิจัยของการุณย์ ศุภมิตรโยธิน ส่วนณัฐภูมิ รับคำอินทร์ (2552) และ ภาณิต ภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา (2556) ได้ผลออกมาเหมือนกันคืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าอัตราส่วน 1:1.3 เป็นอาคารรูปทรงที่ประหยัดพลังงานที่สุด และอาคารในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นไม่ควรมีอัตราส่วนของอาคารเกิน 1:3 (Olgyay V., 1992) ดังตารางที่ 2.8

ด้านของเทคนิคการประหยัดพลังงานจากการมีแผงกันแดดพบว่า อธิวัฒน์ อัศวพิทยานนท์ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ผนังเอียงเปรียบเทียบกับแผงกันแดดพบว่าในระยะยื่นที่เท่ากันแผงกันแดดจะให้ค่าการประหยัดพลังงานที่สูงกว่า ซึ่ง รฐา จิตติวิสุทธิกุล (2557) ได้วิจัยเพิ่มเติมในเรื่องของตัวแปรการยื่นชั้นอาคาร พบว่าการยื่นของชั้นอาคารสามารถทำให้อาคารลดการใช้พลังงานได้ดีที่สุด และในด้านของการเปลี่ยนวัสดุผนัง พบว่าการเสริมฉนวนในผนังฉนวนใยแก้วที่มีความหนามากกว่า 2 นิ้วไม่ได้ช่วยให้อาคารมีผลการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น (ภัทริน จินดาวัฒนานนท์, 2551)

ตารางที่ 2.8

ตารางสรุปงานวิจัยเรื่องรูปทรงอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน

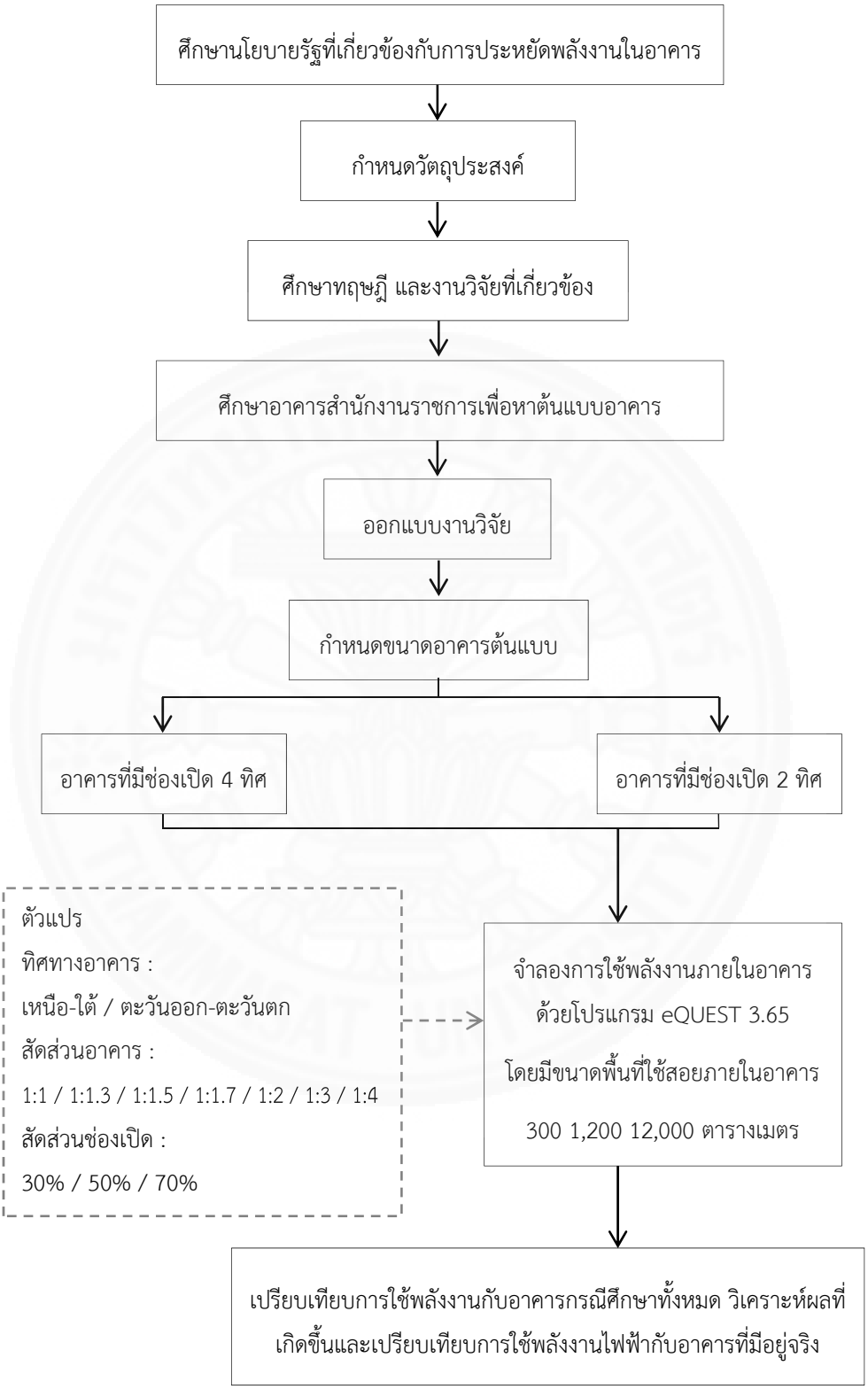
ผู้วิจัย	ประเภทอาคาร	พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	รูปทรงอาคาร ใช้พลังงานน้อย ---> มาก					
การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548	อาคารสำนักงาน	10,000	ทรงกระบอก	จัตุรัส	ผืนผ้า 1:2	ผืนผ้า 1:4	ตัวแอล	มีคอร์ดกลาง
อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2550	ทาวน์เฮ้าส์	150	ทรงกระบอก	ผืนผ้า 1:2	จัตุรัส	 ผืนผ้าเปลี่ยนทิศ		 ตัวแอล/สามเหลี่ยม
ณัฐภูมิ รับคำอินทร์, 2552	สำนักงาน / ห้างสรรพสินค้า / โรงแรม	-	ผืนผ้า 1:1.3 / ผืนผ้า 1:1.7	ผืนผ้า 1:1 / 1:1.1 / 1:1.2 / 1:2.5 / 1:3				ผืนผ้า 1:2 / ผืนผ้า 1:4 ขวางตะวัน
ภาณิตภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา, 2556	อาคารสำนักงาน	58,600	ผืนผ้า 1:1.3	จัตุรัส	ผืนผ้า 1:1.7	ผืนผ้า 1:3		
Olgyay V., 1992			ไม่ควรมีสัดส่วนอาคารมากกว่า 1 : 3					

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการหาจุดรูปแบบอาคารของภาครัฐที่มีจุดร่วมเหมือนกัน และศึกษาความเป็นไปได้ของนโยบายการปรับการใช้งานอาคารของผู้ใช้งาน โดยศึกษาเก็บข้อมูลจากลักษณะอาคารที่มีอยู่จริงและนำหาเอกลักษณ์นำมาใช้เป็นกรณีพื้นฐาน และมาเปรียบเทียบกับกรณีอื่น ๆ จากการคำนวณด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 เพื่อแนวทางในการออกแบบอาคารรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

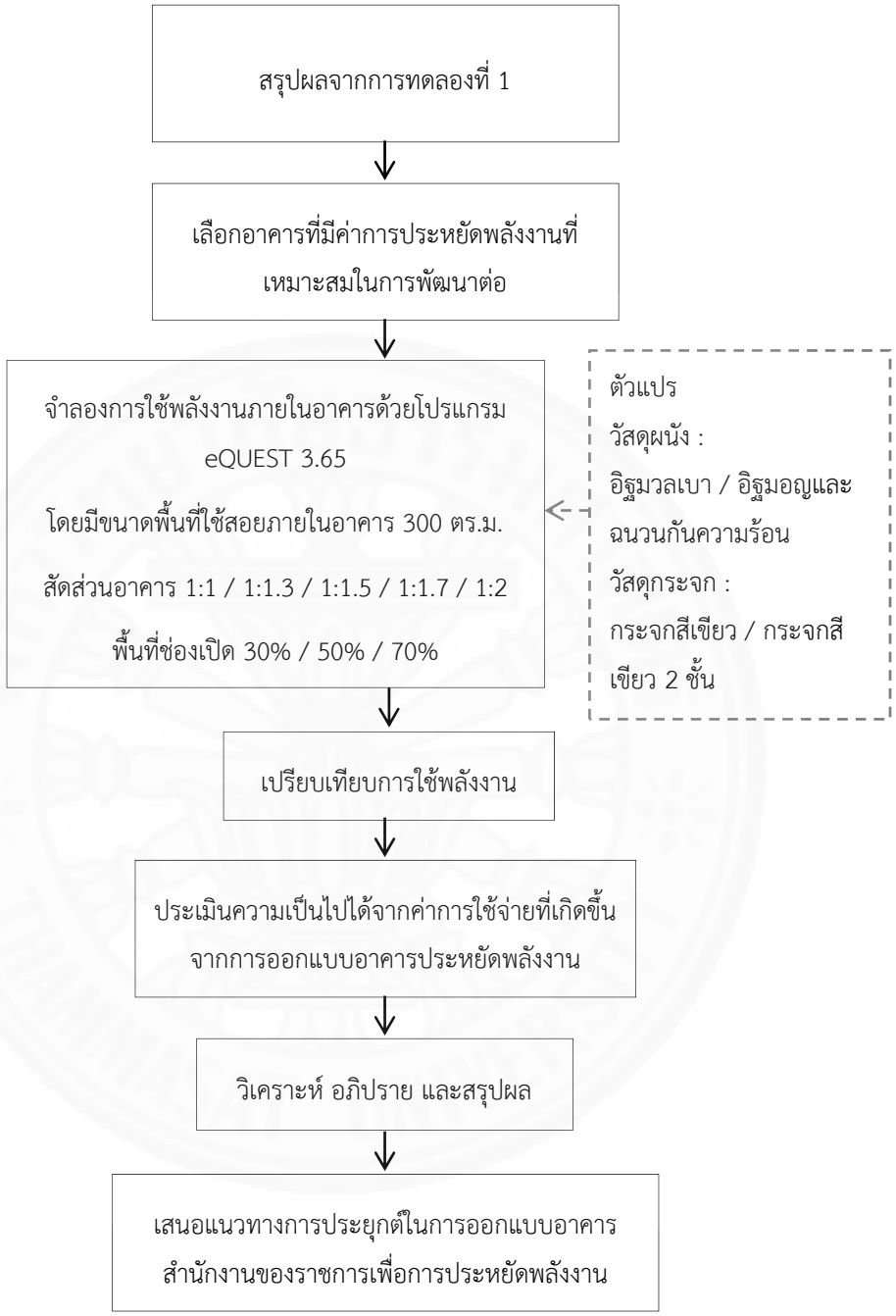
บทที่ 3
วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของทิศทางการวางแกนของอาคาร รูปทรงและสัดส่วนของอาคาร สัดส่วนช่องเปิด วัสดุผนังทึบ วัสดุกระจก และเทคนิคการลดการใช้พลังงานในอาคาร ที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานราชการ

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยในช่วงที่ 1 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานเพื่อทำการกำหนดตัวแปร พร้อมทั้งศึกษาลักษณะอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อนำมาใช้เป็นอาคารต้นแบบ ช่วงที่ 2 ทำการทดลองเปรียบเทียบโดยทำการจำลองผ่านโปรแกรม eQUEST 3.65 ซึ่งตัวแปรในการทดลองประกอบไปด้วย ขนาดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ทิศทางอาคาร อัตราส่วนรูปทรงอาคาร สัดส่วนช่องเปิด วัสดุผนัง วัสดุกระจก และการติดตั้งแผงบังแดด ขั้นตอนงานวิจัยทั้งหมดเป็นไปดังภาพที่ 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3.1 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดอาคารต้นแบบ

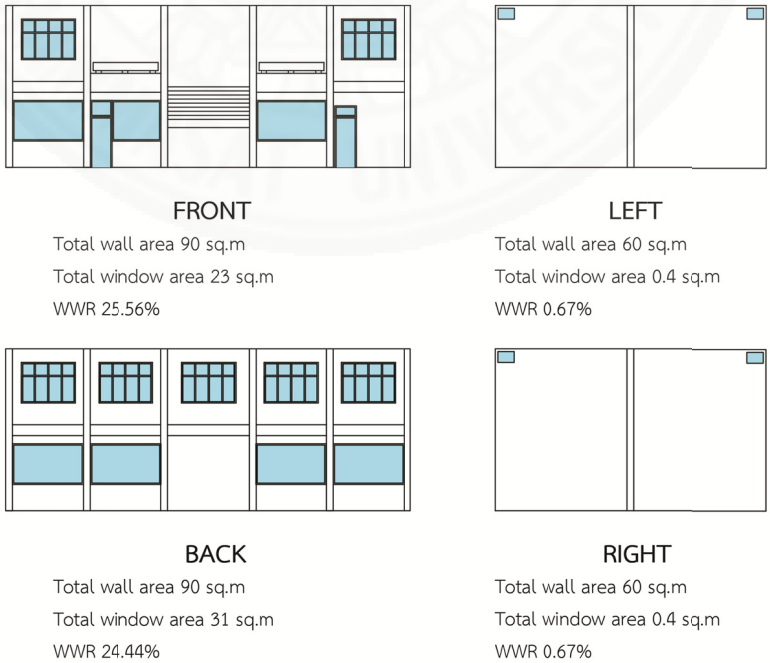
3.1.1 ขนาดพื้นที่ใช้สอย

ในการกำหนดอาคารต้นแบบ (Base case building) เพื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม eQUEST 3.65 ได้พิจารณาจากรูปแบบและลักษณะอาคารสำนักงานราชการประกอบด้วย อาคารสถานีอนามัย ที่ว่าการอำเภอ สำนักงานที่ดิน ศาลากลางจังหวัด ศาลจังหวัด ซึ่งเมื่อทำการศึกษาจะพบว่าอาคารสำนักงานราชการจะมีพื้นที่ใช้สอยแบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด ดังต่อไปนี้

1) 300 ตารางเมตร
2) 1,200 ตารางเมตร
3) 12,000 ตารางเมตร

3.1.2 อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร และสัดส่วนช่องเปิด

และเมื่อศึกษาถึงอัตราส่วนของรูปทรงอาคาร และสัดส่วนช่องเปิด จะได้ว่าอาคารสถานีอนามัยจะมีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าอัตราส่วน 1:1.5 หรือ 1:2 และมีสัดส่วนช่องเปิดด้านหน้า 25.5% ด้านหลัง 34.44% และด้านข้างด้านละ 0.67% ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ภาพสัดส่วนช่องเปิดของอาคารสถานีอนามัย

3.2 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย

ตัวแปรที่เลือกมาศึกษาในงานวิจัย เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบัน หรือเกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร ที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดลองขั้นที่ 1

เป็นการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนรูปทรง ที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยที่มีขนาดแตกต่างกัน หาสัดส่วนของช่องเปิดที่เหมาะสม และทำการเปรียบเทียบลักษณะของทิศทางการเปิดช่องเปิด

3.2.1.1 ตัวแปรควบคุม

1) จำนวนชั้นของอาคาร เพื่อให้ได้ผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจน จึงกำหนดจำนวนชั้นของอาคารที่ใช้ในการทดลองไว้ที่ 2 ชั้น

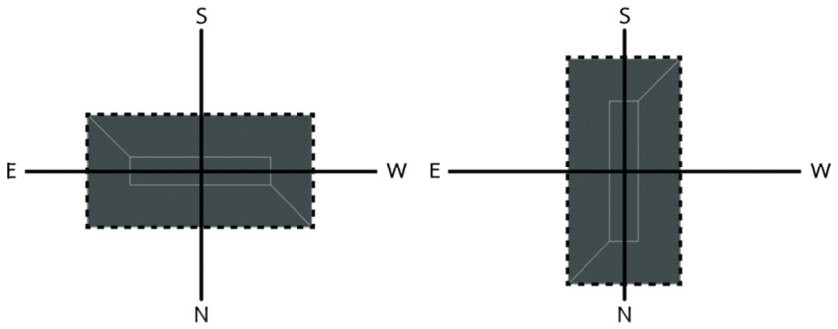
2) ระบบปรับอากาศ กำหนดให้ระบบปรับอากาศเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

3) วัสดุผนังทึบ และวัสดุกระจก ในขั้นการทดลองที่ 1 ได้กำหนดให้วัสดุผนังทึบ และวัสดุกระจก เป็นตัวแปรควบคุม เนื่องจากเป็นการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหารูปทรงอาคารที่เหมาะสม ได้กำหนดไว้เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน และกระจกใสธรรมดา ตามลำดับ

3.2.1.2 ตัวแปรต้น

1) พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จากการเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานราชการ พบว่าอาคารส่วนใหญ่มีพื้นที่ใช้สอยที่สามารถแบ่งได้ประมาณ 3 กลุ่มได้แก่ 300 ตารางเมตร 1,200 ตารางเมตร และ 12,000 ตารางเมตร

2) ทิศทางการวางแกนตามยาวของอาคาร ในการทดลองนี้ต้องการทราบผลการทดลองในกรณีที่ดีที่สุดซึ่งคือกรณีที่อาคารโดนรังสีจากดวงอาทิตย์ในด้านที่มีพื้นที่ผิวอาคารน้อย และกรณีที่แย่ที่สุดคือกรณีที่อาคารโดนรังสีจากดวงอาทิตย์ในด้านที่มีพื้นที่ผิวอาคารมาก จึงได้กำหนดตัวแปรให้มี 2 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ-ทิศใต้ และทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ทิศทางการวางแกนตามยาวของอาคาร

3) อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้กำหนดไว้ทั้งหมด 7 อัตราส่วน ได้แก่

อัตราส่วน 1:1 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 1 ส่วน

อัตราส่วน 1:1.3 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 1.3 ส่วน

อัตราส่วน 1:1.5 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 1.5 ส่วน

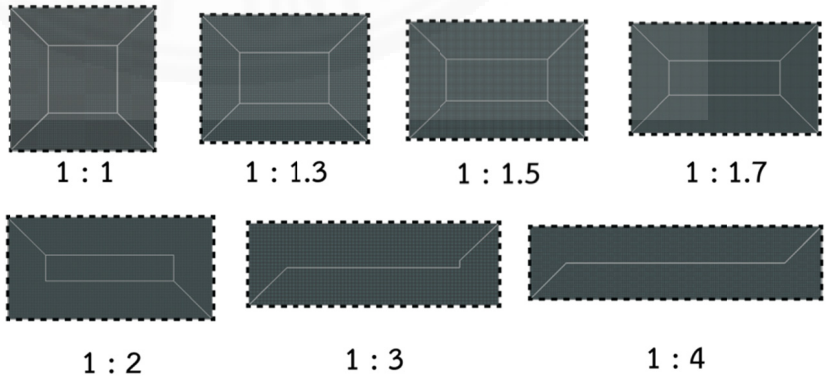
อัตราส่วน 1:1.7 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 1.7 ส่วน

อัตราส่วน 1:2 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 2 ส่วน

อัตราส่วน 1:3 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 3 ส่วน และ

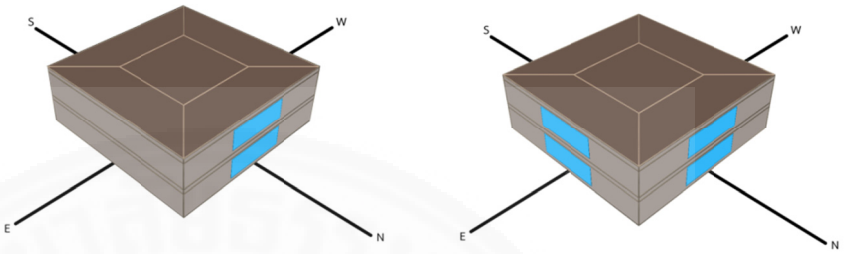
อัตราส่วน 1:4 หมายถึงความกว้าง 1 ส่วน ต่อ ความยาว 4 ส่วน

ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร

4) จำนวนทิศทางการเปิดช่องเปิด มี 2 กรณี ได้แก่ เปิดช่องเปิด 2 ทิศทาง และ 4 ทิศทาง เนื่องจาก อาคารสำนักงานของราชการมีการเปิดช่องเปิด 2ทิศทาง แต่อาคารสำนักงานปกติทั่วไปเปิดช่องเปิด 4 ทิศทาง ทางผู้วิจัยจึงกำหนดตัวแปรเรื่องจำนวนทิศทางช่องเปิดขึ้นเพื่อดูความเป็นไปได้ในการเพิ่มช่องเปิดให้กับอาคารสำนักงานของราชการ ดังภาพที่ 3.5



ช่องเปิด 2 ทิศทาง **ช่องเปิด 4 ทิศทาง**

ภาพที่ 3.5 จำนวนทิศทางการเปิดช่องเปิด

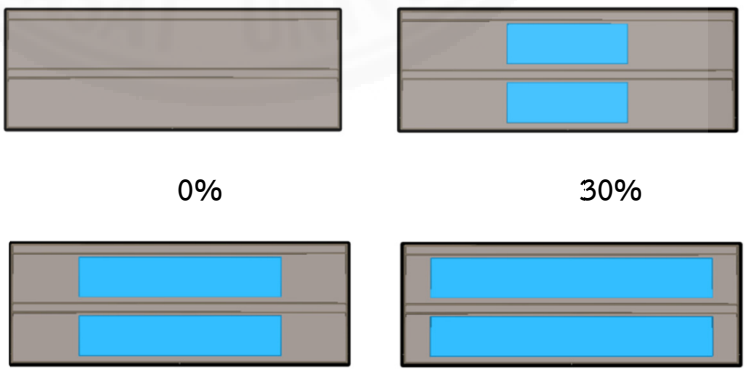
5) สัดส่วนของช่องเปิด (Window to Wall ratio) ได้แก่

5.1) 0% เนื่องจากต้องการทราบถึงอิทธิพลของ ทิศทางการวางแกนอาคารและสัดส่วนของรูปทรงอาคารในแต่ละขนาดพื้นที่ใช้สอยโดยไม่มีช่องเปิดมาเกี่ยวข้อง

5.2) 30%

5.3) 50% และ

5.4) 70% ดังภาพที่ 3.6



0% **30%**

50% **70%**

ภาพที่ 3.6 สัดส่วนของช่องเปิด

3.2.1.3 ตัวแปรตาม

1) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

2) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ตารางที่ 3.1

ตารางสรุปจำนวนตัวแปรในการทดลองที่ 1

ตัวแปร	รายละเอียด	กรณี		รวม
พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	300 , 1200 , 12000	3	3	336 กรณี
ทิศทางการวางแกนของอาคาร	เหนือ-ใต้ , ตะวันออก-ตะวันตก	2	6	
อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร	1:1, 1:1.3, 1:1.5, 1:1.7, 1:2, 1:3, 1:4	7	42	
จำนวนทิศทางการเปิดช่องเปิด	2 ทิศ , 4 ทิศ	2	84	
สัดส่วนของช่องเปิด	0% , 30% , 50% , 70%	4	336	

ทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน จากนั้นจึงเลือกกรณีที่เหมาะสมที่จะทำการทดลองต่อในขั้นที่ 2

3.2.2 การทดลองขั้นที่ 2

3.2.2.1 ตัวแปรควบคุม

1) พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร กำหนดไว้ที่ 300 ตร.ม. เป็นการเลือกอาคารจากการทดลองที่ 1 มาทำการทดลองศึกษาต่อ โดยวิเคราะห์จากผลการส่งผ่านความร้อนต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร

3.2.2.2 ตัวแปรต้น

1) วัสดุผนัง

1.1) ผนังอิฐมวลเบา

1.2) ผนังอิฐมอญพร้อมฉนวน

ตารางที่ 3.2

ตารางค่าตัวแปรของวัสดุผนัง

	ความหนา (ซม.)	ค่าการนำความร้อน ($W/(m^2.K)$)	ค่าความต้านทานความร้อน (m^2K/W)	ราคา* (บาท/ตร.ม.)
อิฐมอญ	10	2.365	6.809	139.00
อิฐมวลเบา	10	0.426	27.453	274.89
ฉนวน	5	0.142		113.98
อิฐมอญพร้อมฉนวน	15		48.392	252.98

หมายเหตุ.* จาก บริษัท เหรียญไทยโฮมบิวเดอร์ จำกัด ข้อมูล ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2558

2) วัสดุกระจก

ได้กำหนดชนิดกระจกที่เลือกมาทำการทดลองได้กำหนดจากราคา ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนรังสีอาทิตย์ (SHGC) และ ค่า Light to Solar Gain Ratio (LSG) ตามที่กฎหมายว่าด้วยการอนุรักษ์พลังงานกำหนด คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนรังสีอาทิตย์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.55 และค่า Light to Solar Gain Ratio อยู่ระหว่าง 1.20 - 1.60 ได้แก่

2.1) กระจกสีเขียว

2.2) กระจกสีเขียว 2 ชั้น

ตารางที่ 3.3

ตารางค่าตัวแปรของวัสดุกระจก

วัสดุ	ความหนา (มม.)	SHGC	LSG	ราคา* (บาท/ตร.ม.)
กระจกใส	6	0.81	1.086	445
กระจกสีเขียว	6	0.61	1.230	700
กระจกสีเขียว 2 ชั้น	18	0.50	1.320	1836

หมายเหตุ.* บริษัทไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี้ กลาส จำกัด ข้อมูล ณ วันที่ 6 มิถุนายน 2556

3.2.2.3 ตัวแปรตาม

1) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

2) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ตารางที่ 3.4

ตารางสรุปจำนวนตัวแปรในการทดลองที่ 2

ตัวแปร	รายละเอียด	กรณี		รวม
ทิศทางการวางแกนของอาคาร	เหนือ-ใต้ , ตะวันออก-ตะวันตก	2	2	160 กรณี
อัตราส่วนของรูปทรงอาคาร	1:1, 1:1.3, 1:1.5, 1:1.7, 1:2	5	10	
จำนวนทิศทางการเปิดช่องเปิด	2 ทิศ , 4 ทิศ	2	20	
สัดส่วนของช่องเปิด	30% , 50% , 70%	3	60	
วัสดุผนัง	อิฐมวลเบา , ฉนวน	2	80	
วัสดุกระจก	กระจกชั้นเดียวสีเขียว , กระจก 2ชั้น	2	160	

3.3 ค่าพื้นฐานแบบจำลองอาคาร

ตารางที่ 3.5

ค่าพื้นฐานแบบจำลองอาคาร

ข้อมูลทั่วไป	
ประเภทของอาคาร	Office Bldg, Two story
ข้อมูลสภาพอากาศ	THA_Bangkok
ไฟฟ้า	-custom-
พื้นที่อาคาร	3,230 ft^2 (300 sq.m.) 12,917 ft^2 (1,200 sq.m.) 129,167 ft^2 (12,000 sq.m.)
จำนวนชั้นของอาคาร	Above Grade = 2 Below Grade = 0
ระบบทำความเย็น	DX Coils
ระบบทำความร้อน	-none-
ปีที่ใช้ในการคำนวน	2014
การควบคุมแสงธรรมชาติ	No
ชั่วโมงการใช้งานอาคาร	Simplified Schedules

ข้อมูลอาคาร	
รูปร่างอาคาร	Rectangle
โซนของอาคาร	Condition zone
Footprint Dimensions **300 sq.m.** square	X1 = 56.76 ft Y1 = 56.76 ft
Rectangle 1:1.3	X1 = 50.03 ft Y1 = 65.04 ft
Rectangle 1:1.5	X1 = 46.59 ft Y1 = 69.88 ft
Rectangle 1:1.7	X1 = 43.64 ft Y1 = 74.18 ft
Rectangle 1:2	X1 = 40.19 ft Y1 = 80.38 ft
Rectangle 1:3	X1 = 32.81 ft Y1 = 98.43 ft
Rectangle 1:4	X1 = 28.54 ft Y1 = 114.17 ft

Floor Heights	Flr-To-Flr: 10 ft (3m) Flr-To-Ceil: 8.5 ft (2.6m)
ข้อมูลกรอบอาคาร	
หลังคา	Construction: Metal Frame, 24 in. o.c. Ext Finish/Color: Aluminum/Brown, medium Exterior Insulation: -no ext board insulation- Add'l Insulation: -no batt or rad barrier-
ผนัง	Construction: Brick wall Exterior Insulation: -no ext board insulation- Interior Insulation: -no furred insul-
พื้น	Exposure: Earth Contact Interior Finish: Ceramic/stone Tile Construction: 6 in. Concrete Ext/Cav Insul: -no perimeter insulation-
การรั่วของอากาศ (Shell Tightness)	Perim: 0.038 CFM/ft^2 (ext wall area) Core: 0.001 CFM/ft^2 (floor area)
ข้อมูลวัสดุภายในอาคาร	
ฝ้าเพดานชั้นบนสุด (below attic)	Int. Finish: Drywall Finish Framing: Metal Stud, 24 in. o.c. Batt Insulation: -no batt- Rigid Insulation: -no board insulation-
ฝ้าเพดาน	Int. Finish: Drywall Finish Batt Insulation: -no ceiling Insulation-
ผนังภายใน	Wall Type: Trame Batt Insulation: -no wall Insulation-
วัสดุปิดผิวพื้น	Int. Finish: Ceramic/Stone Tile Construction: 6 in. Concrete

	Concrete Cap: -no concrete cap- Rigid Insulation: -no board insulation-
หน้าต่าง	Window Area Specification Method: Percent of Net Wall Area (floor to ceiling) Glass Category: Single Clr/Tint (Single Clear 1/4in (1001)
สัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร (floor to ceiling, including frame)	0% 30% 50% 70%
แผงกันแดด	Overhangs: None Fins: None

การใช้งานพื้นที่

ประเภทการใช้งานของพื้นที่	Percent Area (%)	Design Max Occup (sf/person)	Design Ventilation (CFM/per)
สำนักงาน	70.0	225.0	20.00
พื้นที่ทางเดิน	10.0	150.0	7.50
โถงต้อนรับ	5.0	150.0	15.00
ห้องน้ำ	5.0	52.5	50.00
ห้องประชุม	4.0	22.5	20.00
ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า	4.0	450.0	22.50
ห้องถ่ายเอกสาร	2.0	187.5	93.75

การใช้พลังงานตามประเภทพื้นที่การใช้งาน

ประเภทการใช้งานของพื้นที่	Lighting (W/sqFt)	Task Lt (W/sqFt)	Plug Lds (W/sqFt)
สำนักงาน	1.30	.00	1.50
พื้นที่ทางเดิน	.60	.00	.20
โถงต้อนรับ	1.10	.00	.50
ห้องน้ำ	.60	.00	.20
ห้องประชุม	1.60	.00	1.00
ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า	.70	.00	.20
ห้องถ่ายเอกสาร	1.50	.00	3.00

ข้อมูลการใช้งานอาคาร										
	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Hol	CD	HD
Day 1	●	●	●	●	●				●	●
Day 2						●	●	●		

เวลาเริ่มใช้งานอาคาร	8 am
เวลาเลิกใช้งานอาคาร	6 pm
พื้นที่ถูกใช้งาน %	90%
ใช้แสง %	90%
เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ %	90%

ข้อมูลระบบทำความเย็น		
Cooling Source	DX Coils	
System Type	Split System Single Zone Dx (no heating)	
Return Air Path	Direct	
Thermostats		
	Occupied	Unoccupied
Cooling Setpoints	76.0˚F	82.0˚F
Thermostat Location	Within Zone	
Design Temperatures and Air Flows		
	Indoor	Supply
Cooling Design Temp	75.0˚F	55.0˚F
Minimum Design Flow	.50 cfm/ft^2	

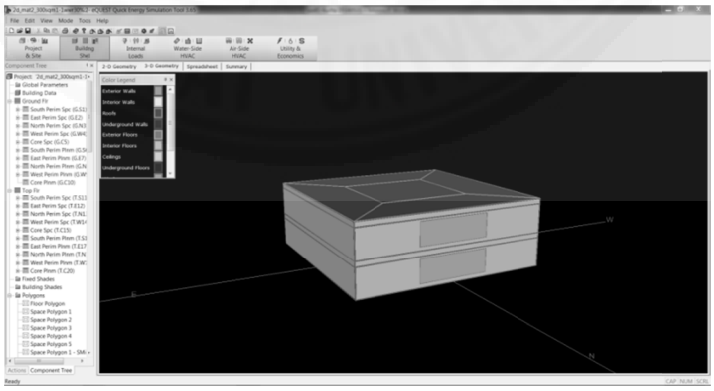
Packaged HVAC Equipment		
Overall Size	Auto-size	
Typical Unit Size	135-240 kBtuh or 11.25-20 tons	
Condenser Type	Air-cooled	
Efficiency	EER	11.00

HVAC System Fans			
Power & Mtr Eff	1.00	In. WG	High
Fan Flow & OSA	Auto-size Flow (with 1.15 safety factor)		

HVAC System #1 Fan Schedules										
Operate fans 1 hours before open and 1 hours after close.										
	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Hol	CD	HD
Day 1	●	●	●	●	●				●	●
Day 2						●	●	●		
On at							8 am			
Off at							6 pm			

3.4 เครื่องมือที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน มีการศึกษาถึงเรื่องพลังงานรวมที่ใช้ในอาคาร และวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคาร ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในวัสดุ ระบบปรับอากาศ ภาระการทำความเย็น ระบบส่องสว่าง พลังงานจากอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน ทางผู้วิจัยจึงเลือกโปรแกรม eQUEST 3.65 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัวแปร และการใช้พลังงานรวม โดยโปรแกรม eQUEST 3.65 ถูกใช้อย่างกว้างขวางเพื่อเป็นอุปกรณ์ในการช่วยออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากสามารถจำลองการทำงานของอาคารทั้งอาคารได้ตลอดทั้งกระบวนการออกแบบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย อีกทั้งยังใช้เครื่องมือ DOE-2 ซึ่งได้รับการยอมรับในการคำนวณ และโปรแกรม eQUEST 3.65 ถูกทดสอบตาม ASHRAE Satandard 140 (U.S. Department of Energy, 2011)



ภาพที่ 3.7 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลในงานวิจัยชิ้นนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ

3.5.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแปร ว่าตัวแปรได้ให้ผลในการประหยัดพลังงานภายในอาคารมากที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเป็นตัวแปรควบคุม โดยการจำลองผลผ่านโปรแกรม eQUEST ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรตามที่กำหนดไว้ และคัดเลือกผลการทดลองเพื่อที่จะนำเปรียบเทียบในการทดลองที่ 2

1) พื้นที่ใช้สอยและจำนวนทิศทางช่องเปิดส่งผลกับการออกแบบอัตราส่วนรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน
2) พื้นที่ใช้สอยและทิศทางการวางแกนของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
3) พื้นที่ใช้สอยและสัดส่วนช่องเปิดของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
4) แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละพื้นที่ใช้สอย และแนวทางการพัฒนาการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

3.5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและสรุปผล

1) การเปลี่ยนวัสดุกระจกอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
2) การเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
3) การเปลี่ยนวัสดุกระจกควบคู่กับการเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
4) แนวทางการออกแบบวัสดุอาคาร

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.65 ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นค่าการใช้พลังงานภายในอาคารที่ได้จากการเปลี่ยนค่าตัวแปร ได้แก่ พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร การกำหนดจำนวนทิศทางของช่องเปิด ทิศทางการวางแกนตามด้านยาวของอาคาร อัตราส่วนรูปทรงของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด วัสดุผนังอาคาร และ วัสดุกระจก โดยระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณคือ 1 ปี หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าพลังงาน คือ กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/Sq.m/yr) การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในบทนี้เพื่อแสดงให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อหาอัตราส่วนรูปทรงของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด ที่เหมาะสมที่ช่วยในการออกแบบอาคารในแต่ละขนาดพื้นที่ใช้สอยให้มีประสิทธิภาพประหยัดพลังงาน ผนวกกับการใช้เทคนิคในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานด้านอื่นๆ ได้แก่ การเปลี่ยนวัสดุผนังอาคาร และ วัสดุกระจก โดยสามารถแบ่งผลการทดลองได้ 2 ช่วงหลักดังนี้

1. เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 1
    - 1.1 พื้นที่ใช้สอยและจำนวนทิศทางช่องเปิดส่งผลกับการออกแบบอัตราส่วนรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน
    - 1.2 พื้นที่ใช้สอยและทิศทางการวางแกนของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
    - 1.3 พื้นที่ใช้สอยและสัดส่วนช่องเปิดของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
    - 1.4 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละพื้นที่ใช้สอย และแนวทางการพัฒนาการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

2. เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 2
    - 2.1 การเปลี่ยนวัสดุกระจกอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
    - 2.2 การเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
    - 2.3 การเปลี่ยนวัสดุกระจกควบคู่กับการเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร
    - 2.4 แนวทางการออกแบบวัสดุอาคาร

4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาอัตราส่วนของรูปทรงอาคารที่เหมาะสมในการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน เมื่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ทิศทางการวางแกนอาคาร และสัดส่วนของช่องเปิดแตกต่างกัน

4.1.1 พื้นที่ใช้สอยและจำนวนทิศทางช่องเปิดส่งผลกับการออกแบบอัตราส่วนรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไม่สามารถสรุปการออกแบบอัตราส่วนรูปทรงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานได้ชัดเจน จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยจากการศึกษาพื้นที่ใช้สอยของอาคารสำนักงานราชการสามารถแบ่งได้ประมาณ 3 กลุ่ม ได้แก่ 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร และจำนวนทิศทางช่องเปิดของอาคารสำนักงานสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ทิศทางช่องเปิด 2 ทิศทางซึ่งจะพบในอาคารสำนักงานของรัฐ และทิศทางช่องเปิด 4 ทิศทางซึ่งจะพบในอาคารสำนักงานทั่วไป ซึ่งเมื่อคำนวณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจะพบว่า อัตราส่วนรูปทรงที่ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานจะแตกต่างกันหากมีขนาดพื้นที่ใช้สอย และจำนวนทิศทางช่องเปิดที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.1

พบว่าจากการศึกษาสัดส่วนการประหยัดพลังงานจะส่งผลมากต่ออาคารขนาด 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยเฉพาะกับอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง สังเกตจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารของรูปทรงที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดเปรียบเทียบกับรูปทรงที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด อาคารช่องเปิด 2 ทิศทางและ 4 ทิศทางในแต่ละขนาดพื้นที่ใช้สอย 300 ตารางเมตร มีอัตราส่วนรูปทรงที่เหมาะสมต่ออาคารต่างกัน ได้แก่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ แต่ในขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร มีอัตราส่วนรูปทรงที่เหมาะสมต่ออาคารได้แก่ อัตราส่วน 1:1 1:1.3 และ 1:1.5 ขึ้นอยู่กับทิศทางการวางแกนอาคาร

ทั้งนี้เพราะการใช้พลังงานของอาคาร จะขึ้นอยู่กับความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร เมื่อเป็นอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง เมื่อเทียบจากการวางทิศทางของตัวอาคารในทิศทางเดียวกันแนวเหนือ-ใต้ หรือตะวันออก-ตะวันตก การใช้พลังงานของอาคารได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ของผนังมากกว่าพื้นที่ช่องเปิดจึงส่งผลให้อาคารที่มีพื้นที่กรอบอาคารน้อยที่สุดได้แก่ อาคารอัตราส่วน 1:1 จึงเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด สำหรับอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง อาคารได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ของช่องเปิดจึงส่งผลให้อาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดน้อยที่สุด ในแต่ละกรณีเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานที่สุด

ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยแต่ละขนาด ในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

Area		Direction	1:1	1:1.3	1:1.5	1:1.7	1:2	1:3	1:4	Max-Min (%)
300 Sq.m.		North-south	141.37	141.48	141.88	141.33	140.75	141.78	144.33	2.48
		East-west	141.33	141.58	142.02	141.50	140.65	142.02	144.60	2.73
		North-south	149.08	150.32	151.38	151.40	151.07	154.72	159.08	6.29
		East-west	150.52	152.10	153.37	153.58	152.90	157.30	162.35	7.29
		North-south	153.65	154.83	156.33	156.75	157.15	162.45	167.95	8.51
		East-west	156.50	158.97	160.78	161.48	161.62	167.92	174.33	10.23
		North-south	157.35	159.97	161.87	162.65	163.57	170.28	176.77	10.98
		East-west	162.08	165.38	167.70	168.83	169.82	177.95	185.57	12.65
1,200 Sq.m.		North-south	132.88	132.95	133.02	133.11	133.36	134.11	135.07	1.62
		East-west	132.90	132.99	133.08	132.98	133.25	134.06	135.08	1.61
		North-south	138.25	137.67	138.06	138.45	137.91	139.91	141.93	3.00
		East-west	137.38	138.14	138.64	139.12	139.92	142.25	144.55	4.96
		North-south	138.20	139.15	139.75	140.35	141.30	144.07	146.75	5.83
		East-west	140.43	141.63	142.39	143.12	144.26	147.59	150.74	6.84
		North-south	140.46	141.74	142.54	143.31	144.52	148.03	151.31	7.17
		East-west	143.26	144.87	145.88	146.84	148.30	152.56	156.50	8.46
12,000 Sq.m.		North-south	238.36	240.53	240.58	240.62	240.80	241.28	241.68	1.38
		East-west	241.17	241.19	241.28	241.34	241.56	242.13	242.60	0.59
		North-south	243.40	242.58	242.85	243.53	243.53	244.79	245.84	1.33
		East-west	243.43	243.88	244.23	245.08	245.08	246.63	247.90	1.81
		North-south	243.88	244.43	244.83	245.75	245.83	247.61	249.10	2.09
		East-west	245.52	246.26	246.78	248.03	248.03	250.24	252.08	2.60
		North-south	245.47	246.23	246.78	248.07	248.07	250.34	252.25	2.69
		East-west	247.54	248.58	249.27	250.90	250.90	253.47	255.85	3.25

ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยแต่ละขนาด ในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง

Area		Direction	1:1	1:1.3	1:1.5	1:1.7	1:2	1:3	1:4	Max-Min (%)
300 Sq.m.		North-south	141.37	141.48	141.88	141.33	140.75	141.78	144.33	2.48
		East-west	141.33	141.58	142.02	141.50	140.65	142.02	144.60	2.73
		North-south	157.92	157.97	158.45	157.98	155.77	158.82	162.52	4.15
		East-west	157.93	158.55	159.35	159.17	157.47	160.67	165.23	4.70
		North-south	168.57	168.53	168.63	168.18	165.38	169.75	174.15	5.03
		East-west	168.57	169.47	170.52	170.55	168.15	173.05	178.67	5.89
		North-south	178.57	177.98	178.57	178.20	174.75	179.93	185.00	5.54
		East-west	178.57	179.72	180.98	181.22	178.40	184.55	191.15	6.67
1,200 Sq.m.		North-south	132.88	132.95	133.02	133.11	133.36	134.11	135.07	1.62
		East-west	132.90	132.99	133.08	132.98	133.25	134.06	135.08	1.61
		North-south	141.11	141.13	141.24	141.39	141.18	142.55	144.20	2.14
		East-west	141.12	141.40	141.67	141.96	142.53	144.36	146.37	3.59
		North-south	146.53	146.50	146.02	146.22	146.68	148.43	150.49	2.97
		East-west	146.53	146.96	147.34	147.76	148.53	151.04	153.71	4.67
		North-south	151.62	150.93	151.08	151.31	151.87	153.97	156.43	3.52
		East-west	151.61	152.16	152.65	153.18	154.13	157.27	160.55	5.57
12,000 Sq.m.		North-south	238.36	240.53	240.58	240.62	240.80	241.28	241.68	1.38
		East-west	241.17	241.19	241.28	241.34	241.56	242.13	242.60	0.59
		North-south	245.86	245.80	245.31	245.39	245.66	246.54	247.36	0.83
		East-west	245.87	246.02	246.21	246.39	246.79	248.03	249.11	1.30
		North-south	249.28	248.90	248.99	249.08	249.41	250.53	251.62	1.08
		East-west	249.28	249.52	249.78	250.05	250.59	252.28	253.79	1.78
		North-south	252.91	252.46	252.56	252.69	253.08	254.43	255.79	1.30
		East-west	252.91	253.23	253.58	253.93	254.59	256.72	258.65	2.22

อัตราส่วนรูปทรงค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตร**สูงสุด** เมื่อเทียบในอาคารขนาดพื้นที่ สัดส่วนช่องเปิด ทิศทางการวางตัวอาคาร เดียวกัน

อัตราส่วนรูปทรงค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตร**ต่ำสุด** เมื่อเทียบในอาคารขนาดพื้นที่ สัดส่วนช่องเปิด ทิศทางการวางตัวอาคาร เดียวกัน

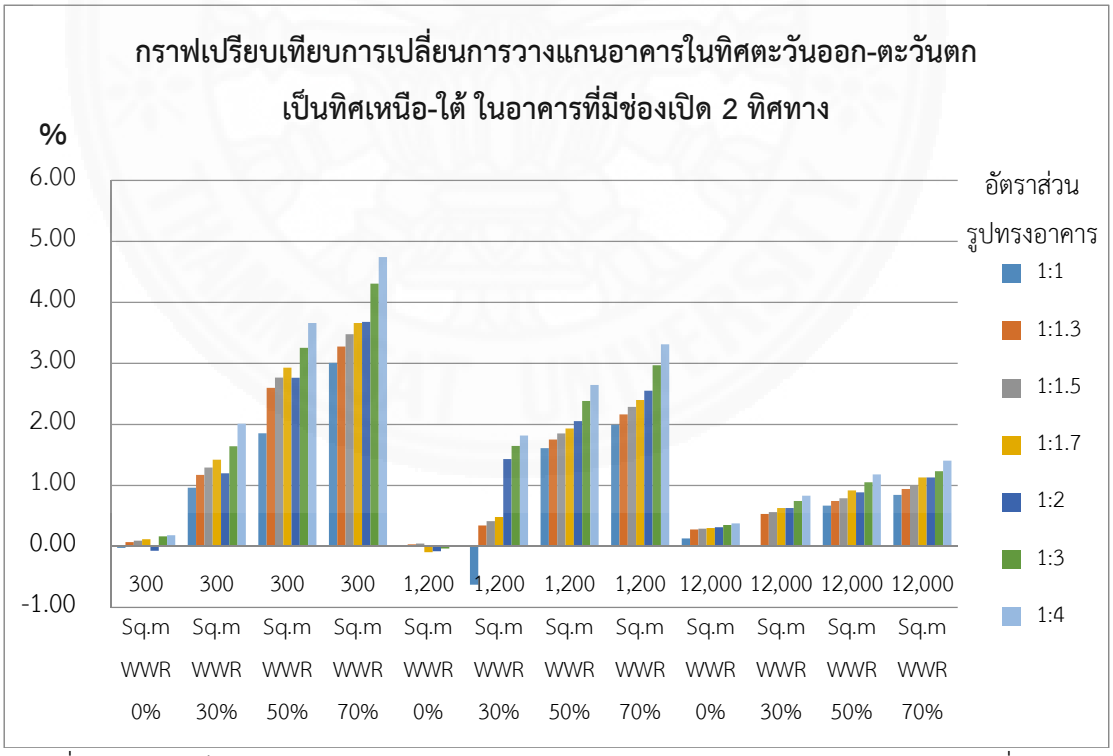
เปอร์เซ็นต์ที่มีการประหยัดพลังงาน**สูงสุด** 10 อันดับ

ภาพที่ 4.1 อัตราส่วนรูปทรงที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร

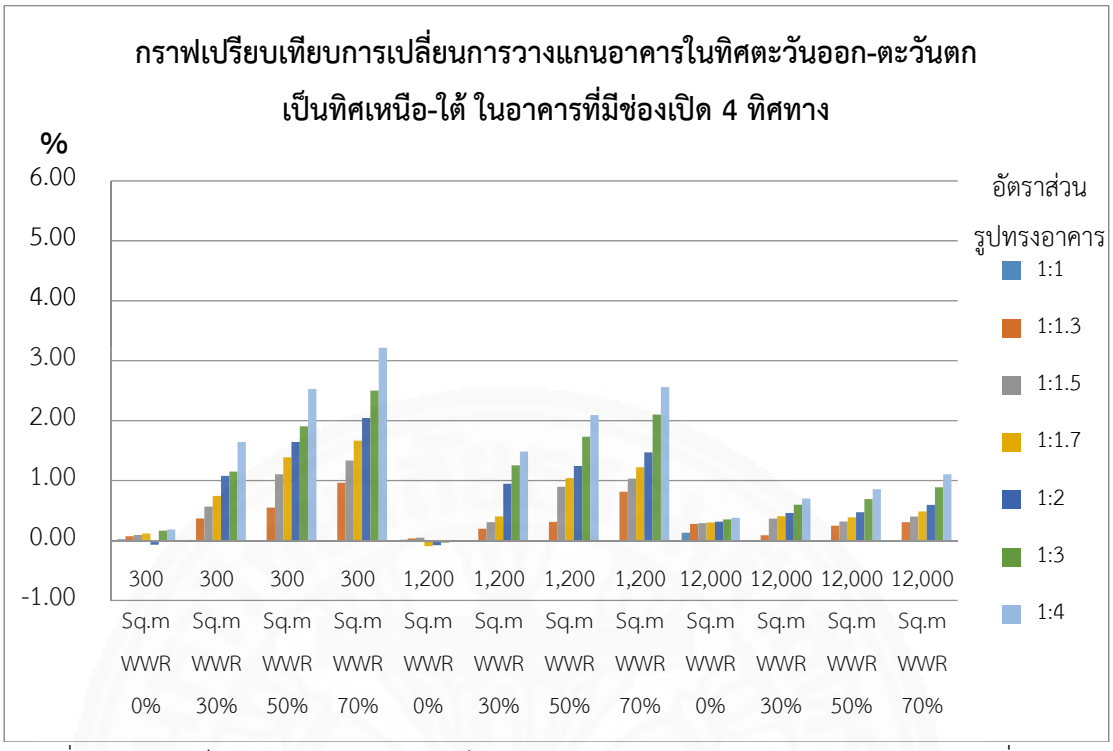
4.1.2 พื้นที่ใช้สอยและทิศทางการวางแกนของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

จากการคำนวณการใช้พลังงานและทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของการใช้พลังงานภายในอาคารจากนำค่าการใช้พลังงานของการวางแกนอาคารในทิศเหนือ-ใต้ เปรียบเทียบกับการวางแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก พบว่าการเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคารจะส่งผลในการประหยัดพลังงานต่ออาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทางมากกว่าอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง เนื่องจากในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง เมื่อเกิดการเปลี่ยนการวางแกนของอาคารช่องเปิดจึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ความร้อนเข้าสู่อาคารแตกต่างกัน แต่สำหรับอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง ได้รับความร้อนจากทั้ง 4 ทิศอยู่แล้ว เมื่อเกิดการเปลี่ยนการวางแกนของอาคารจึงส่งผลน้อยต่อการใช้พลังงานของอาคาร

และจะส่งผลกับอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมาก ทำให้การประหยัดพลังงานส่งผลมากต่ออัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:4 1:3 1:2 1:1.7 1:1.5 1:1.3 และ 1:1 ตามลำดับ และส่งผลต่ออาคารขนาด 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ตามลำดับดังภาพที่ 4.2 และ 4.3



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างการใช้ไฟฟ้าของการวางทิศทางของตัวอาคารในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง



ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างการใช้ไฟฟ้าของการวางทิศทางของตัวอาคารในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง

เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากส่วนต่างของการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ค่าไฟฟ้าลดลง โดยในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทางค่าไฟฟ้าต่อปีลดลงน้อยที่สุด คือ 23.57 บาท ได้แก่อาคาร 12,000 ตารางเมตร อัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1 สัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 30% เนื่องจากผลการประหยัดพลังงานส่งผลน้อยกับอาคาร 12,000 ตารางเมตร ยิ่งเมื่อมีพื้นที่ช่องเปิดน้อยทำให้การเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคารไม่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน และลดลงมากที่สุด 10,882.00 บาท ได้แก่อาคาร 300 ตารางเมตร อัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:4 สัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 70% เนื่องจากผลการประหยัดพลังงานส่งผลมากกับอาคาร 12,000 ตารางเมตร ยิ่งเมื่อมีพื้นที่ช่องเปิดมากทำให้การเปลี่ยนทิศทางการวางแกนของอาคารมีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารมาก

ตารางที่ 4.1

ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนการวางแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก เป็นทิศเหนือ-ใต้ ในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง

พื้นที่อาคาร	สัดส่วนช่องเปิด	อัตราส่วนรูปทรงอาคาร						
		1:1	1:1.3	1:1.5	1:1.7	1:2	1:3	1:4
		(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)
300 ตร.ม.	WWR 0%	-54.11	162.07	215.44	270.28	-163.15	377.02	423.18
	WWR 30%	2,206.20	2,690.48	2,967.50	3,262.13	2,751.44	3,768.58	4,617.20
	WWR 50%	4,256.36	5,966.51	6,351.04	6,726.13	6,341.96	7,470.59	8,402.20
	WWR 70%	6,902.82	7,515.65	7,981.96	8,404.08	8,445.50	9,886.32	10,882.00
1,200 ตร.ม.	WWR 0%	28.78	79.08	107.77	-215.69	-179.38	-78.45	7.08
	WWR 30%	-1,438.55	789.03	951.73	1,106.49	3,286.93	3,777.45	4,173.62
	WWR 50%	3,694.43	4,023.54	4,250.44	4,436.01	4,712.28	5,474.06	6,076.41
	WWR 70%	4,574.29	4,963.08	5,249.93	5,508.69	5,853.93	6,812.53	7,600.33
12,000 ตร.ม.	WWR 0%	298.31	634.27	665.75	689.34	720.38	805.55	867.05
	WWR 30%	23.57	1,223.17	1,291.93	1,443.50	1,443.50	1,705.81	1,905.31
	WWR 50%	1,536.80	1,708.35	1,813.26	2,104.80	2,035.42	2,414.75	2,708.21
	WWR 70%	1,939.78	2,161.69	2,293.78	2,591.33	2,591.33	2,829.14	3,228.81

ตารางที่ 4.2

ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนการวางแกนอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก เป็นทิศเหนือ-ใต้ ในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง

พื้นที่อาคาร	สัดส่วนช่องเปิด	อัตราส่วนรูปทรงอาคาร						
		1:1	1:1.3	1:1.5	1:1.7	1:2	1:3	1:4
		(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)
300 ตร.ม.	WWR 0%	-54.11	162.07	215.44	270.28	-163.15	377.02	423.18
	WWR 30%	24.22	844.26	1,296.03	1,706.01	2,477.34	2,642.24	3,772.81
	WWR 50%	0.00	1,263.80	2,534.46	3,184.28	3,775.60	4,375.91	5,800.97
	WWR 70%	0.00	2,213.19	3,064.11	3,819.93	4,694.87	5,740.38	7,382.90
1,200 ตร.ม.	WWR 0%	28.78	79.08	107.77	-215.69	-179.38	-78.45	7.08
	WWR 30%	6.78	453.03	701.89	922.73	2,173.48	2,881.04	3,403.28
	WWR 50%	0.00	715.67	2,057.07	2,387.75	2,851.72	3,975.37	4,802.14
	WWR 70%	-18.92	1,866.22	2,367.61	2,802.60	3,374.56	4,821.03	5,878.04
12,000 ตร.ม.	WWR 0%	2,703.61	634.27	665.75	689.34	720.38	805.55	867.05
	WWR 30%	7.78	202.09	838.81	931.32	1,053.79	1,372.36	1,612.04
	WWR 50%	0.00	567.12	727.29	887.11	1,083.59	1,584.22	1,966.56
	WWR 70%	0.00	702.27	920.02	1,114.55	1,367.01	2,040.99	2,535.87

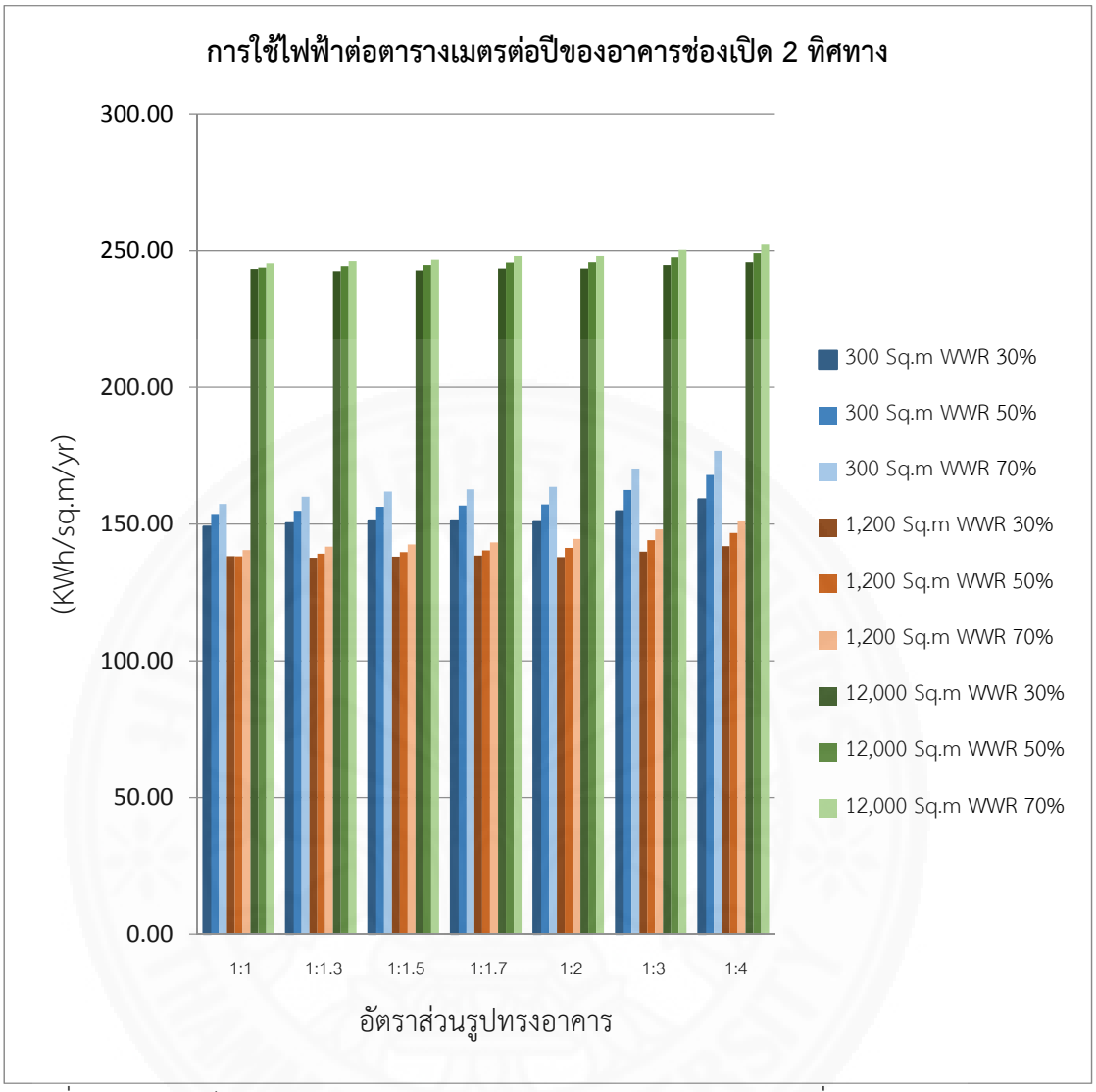
4.1.3 พื้นที่ใช้สอยและสัดส่วนช่องเปิดของอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

สัดส่วนช่องเปิดอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโดยตรง จากการศึกษาได้กำหนดให้พื้นที่ช่องเปิดได้แก่ 30% 50% และ 70% โดยจากผลการทดลองเปรียบเทียบจากอาคารที่วางตัวในทิศเหนือ-ใต้ พบว่า สัดส่วนช่องเปิดจะส่งผลกับอาคารที่มีทิศทางช่องเปิด 4 ทิศทางมากกว่าอาคารที่มีทิศทางช่องเปิด 2 ทิศทาง เนื่องจากในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง อาคารจะได้รับความร้อนที่ผ่านมาทางช่องเปิดทั้ง 4 ทิศโดยเฉพาะใน ทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ตามลำดับ สัดส่วนช่องเปิดจะมีผลกับอาคารขนาด 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.4 และ 4.5

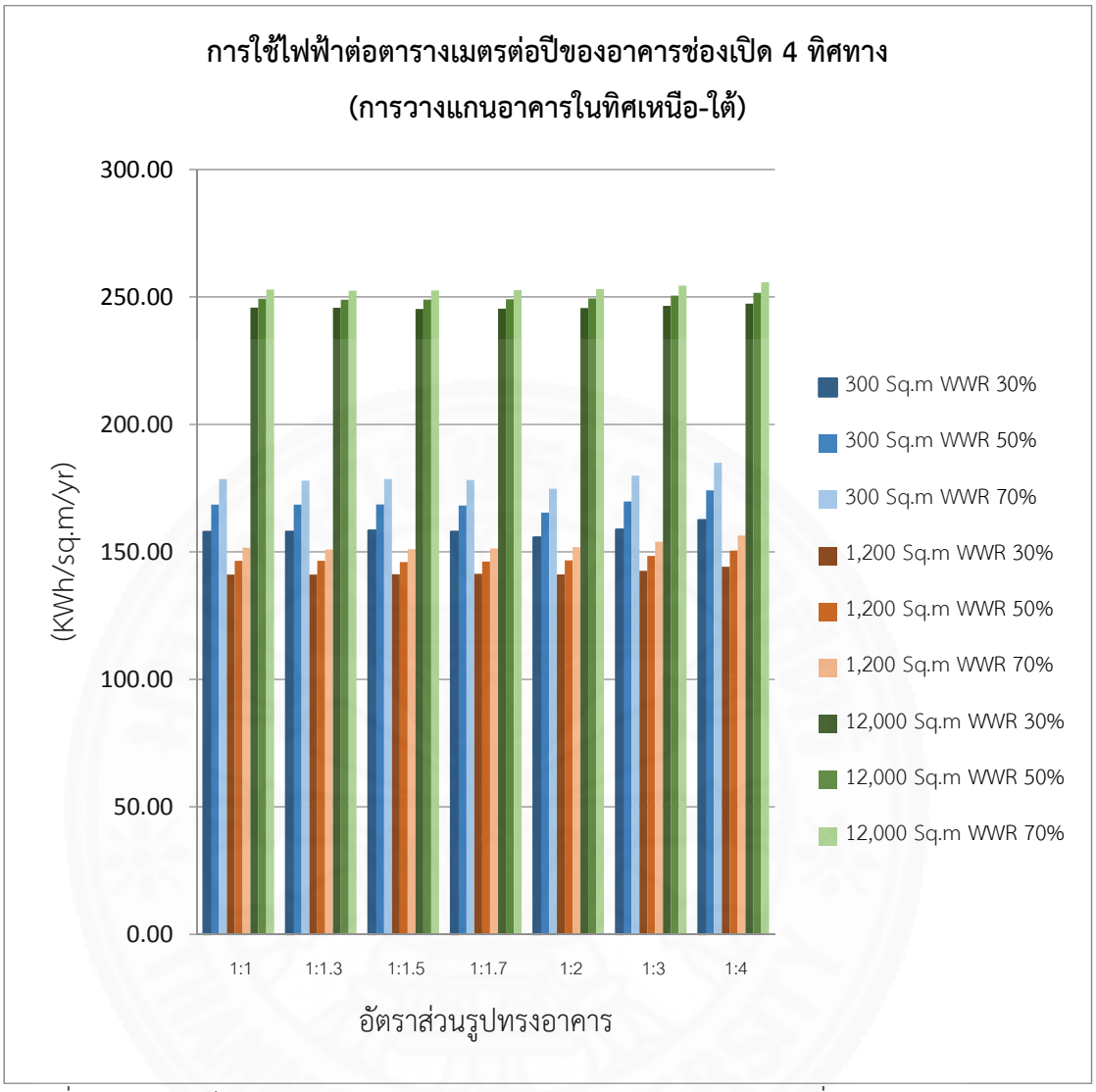
ในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง อาคารขนาด 300 ตารางเมตร เมื่อเทียบจากอัตราส่วนรูปทรง 1:4 แล้ว อาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด 30% สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารที่สัดส่วนช่องเปิด 70% เป็นจำนวน 10.00% สำหรับอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร สามารถประหยัดพลังงาน 6.20% และอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร สามารถประหยัดพลังงาน 2.54%

ในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง อาคารขนาด 300 ตารางเมตร เมื่อเทียบจากอัตราส่วนรูปทรง 1:4 แล้ว อาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด 30% สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารที่สัดส่วนช่องเปิด 70% เป็นจำนวน 12.51% สำหรับอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร สามารถประหยัดพลังงาน 7.82% และอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร สามารถประหยัดพลังงาน 3.30%

ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคารในส่วนที่เป็นช่องเปิด ส่งผลกับอาคารมากกว่าส่วนที่เป็นผนังทึบ เมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังทึบมีพื้นที่ลดลงส่งผลให้อาคารมีภาระการทำความเย็นที่ลดลง ทำให้การใช้พลังงานรวมของอาคารลดลง



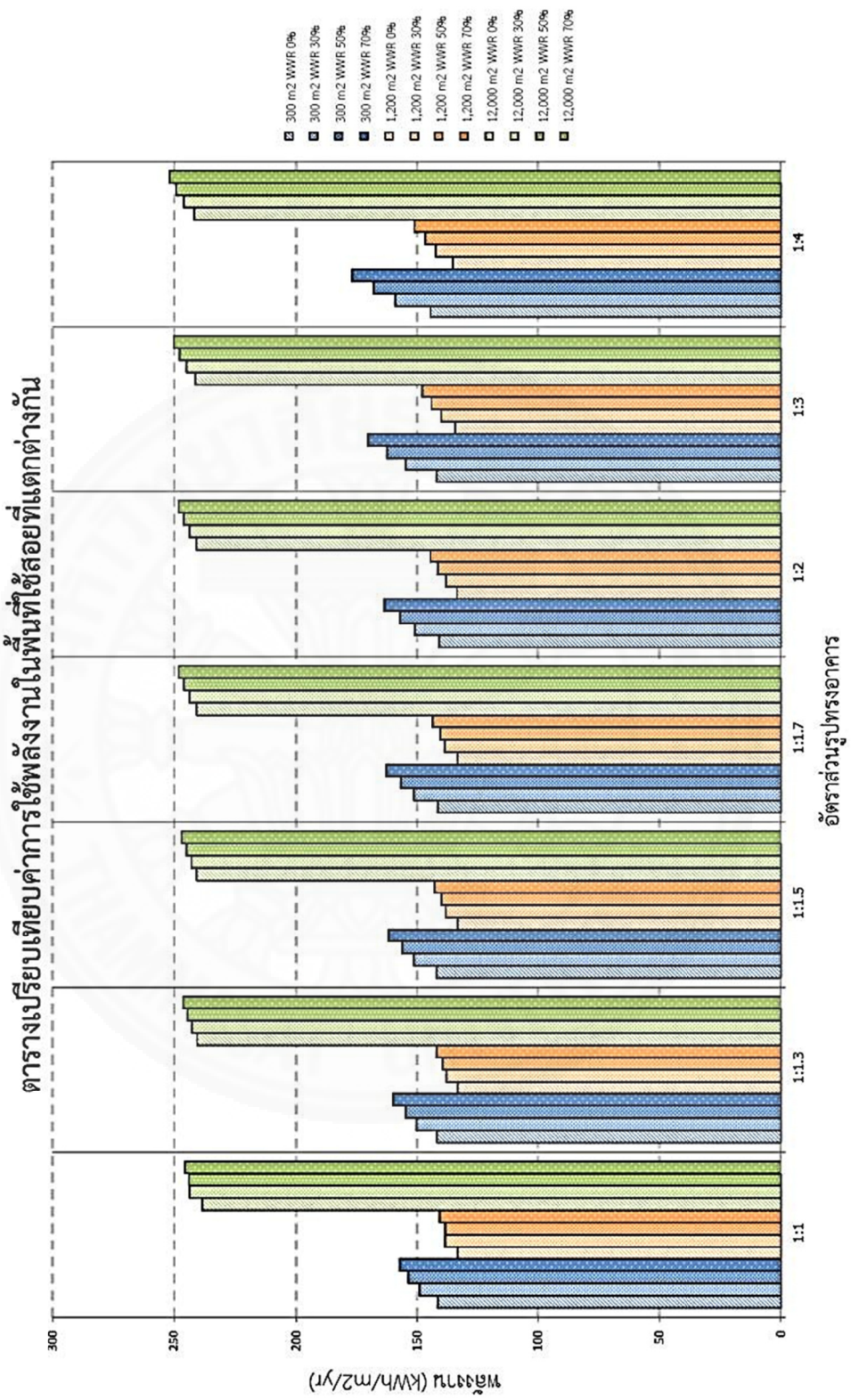
ภาพที่ 4.4 พลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง ที่มีการวางแกนอาคารในทิศเหนือ-ใต้



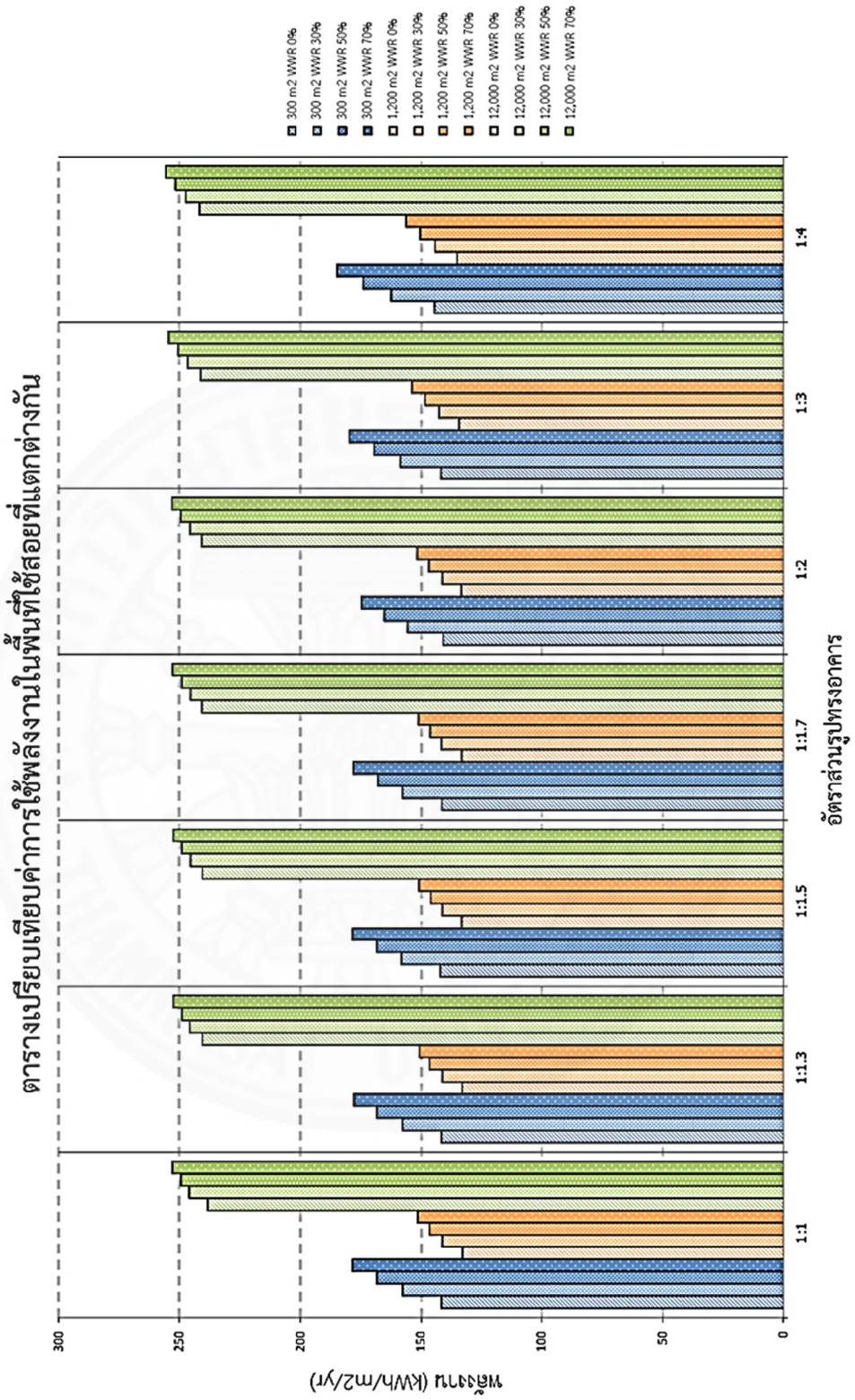
ภาพที่ 4.5 พลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง ที่มีการวางแกนอาคารในทิศเหนือ-ใต้

4.1.4 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละพื้นที่ใช้สอย และแนวทางการพัฒนาการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานภายในอาคาร พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรวมต่อตารางเมตรในกรณีที่อาคารขนาดมีพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกัน แต่มีสัดส่วนช่องเปิด ทิศทางการวางแกนของอาคาร และอัตราส่วนรูปทรงของอาคารเดียวกัน พบว่า ค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร มีค่ามากที่สุด รองลงมาคืออาคารขนาด 300 ตารางเมตร และอาคารที่มีค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุดคืออาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร ดังภาพที่ 4.6 และ 4.7



ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของการเปิดช่องเปิด 2 ทิศทาง จากพื้นที่ใช้สอย 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ในทุกสัดส่วนช่องเปิด

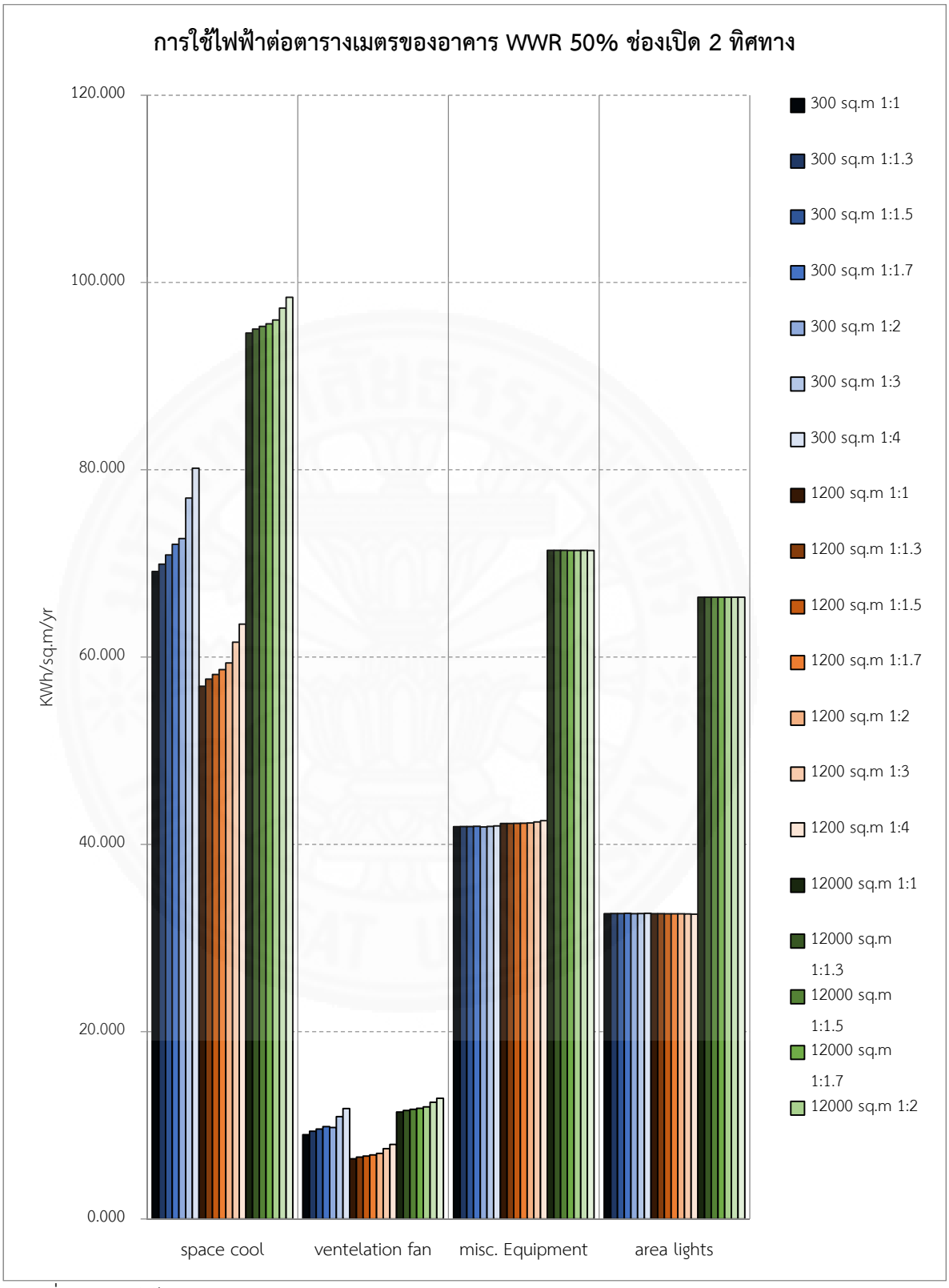


ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรของการเปิดช่องเปิด 4 ทิศทาง จากพื้นที่ใช้สอย 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ในทุกสัดส่วนช่องเปิด

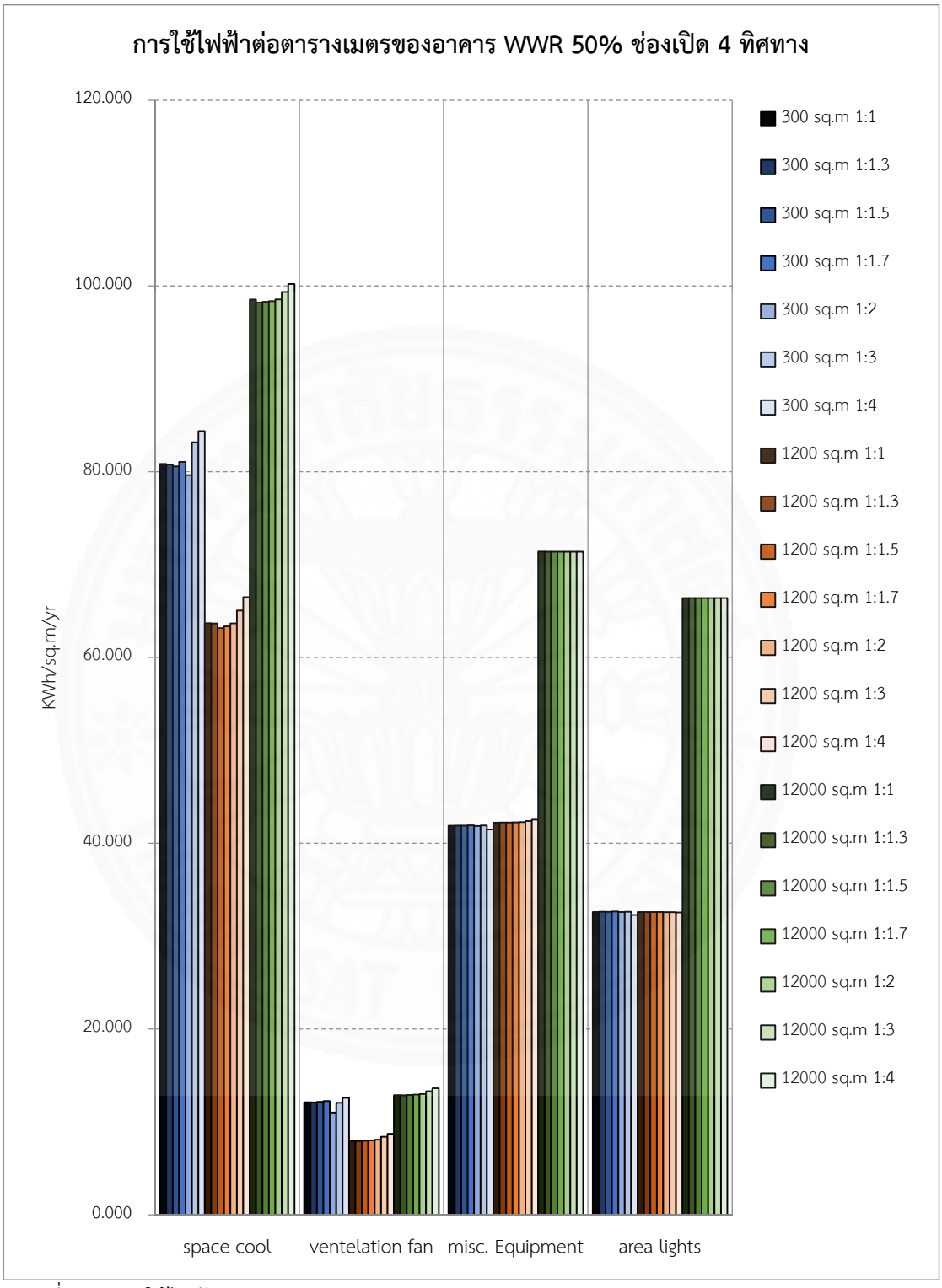
เมื่อศึกษาเพิ่มเติมในแต่ละส่วน พบว่า ค่าการใช้พลังงานและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 50% พบว่า การใช้พลังงานอาคารในส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่มีทิศทางช่องเปิด 2 ทิศทาง และ 4 ทิศทางให้ผลการใช้พลังงานออกมามีแนวโน้มเดียวกัน

จากภาพที่ 4.8 และ 4.9 การใช้พลังงานต่อตารางเมตรในส่วนของการทำความเย็นภายในอาคาร (space cool) และ ส่วนพัดลมระบายอากาศ (ventilation fan) อาคารขนาด 1,200 ตร.ม ใช้พลังงานน้อยที่สุด รองลงมาคืออาคารขนาด 300 ตารางเมตร และอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร ใช้พลังงานเยอะที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากภาพที่ 4.10 และ 4.11 สังเกตได้ว่าค่าการส่งผ่านความร้อนต่อตารางเมตรจากกรอบอาคาร ได้แก่ การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง (wall conduction) การส่งผ่านความร้อนทางกระจก (window glass conduction, window glass solar) โดยอาคารขนาด 300 ตารางเมตร จะมีการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบอาคารมากที่สุด รองลงมาคืออาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร และ อาคาร 12,000 ตารางเมตร มีการส่งผ่านความร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากเมื่อคิดสัดส่วนของพื้นที่กรอบอาการต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร อาคารขนาด 300 ตารางเมตร จะมีพื้นที่ของกรอบอาคารต่อตารางเมตรมากที่สุด และอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร มีพื้นที่ของกรอบอาคารต่อตารางเมตรน้อยที่สุด และเมื่อศึกษาค่าความร้อนจากส่วนอื่น ๆ ได้แก่ การใช้งานในพื้นที่ไฟส่องสว่าง และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า พบว่า อาคารขนาด 300 และ 1,200 ตารางเมตร มีค่าความร้อนที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน ส่วนอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร มีค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากส่วนอื่น ๆ มากที่สุด เมื่อรวมค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารทำให้ได้ผลออกมาว่า อาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร ใช้พลังงานน้อยที่สุด รองลงมาคืออาคารขนาด 300 ตารางเมตร เนื่องจากอาคารขนาด 300 ตารางเมตร มีค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังมากกว่าอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร และอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร ใช้พลังงานเยอะที่สุด

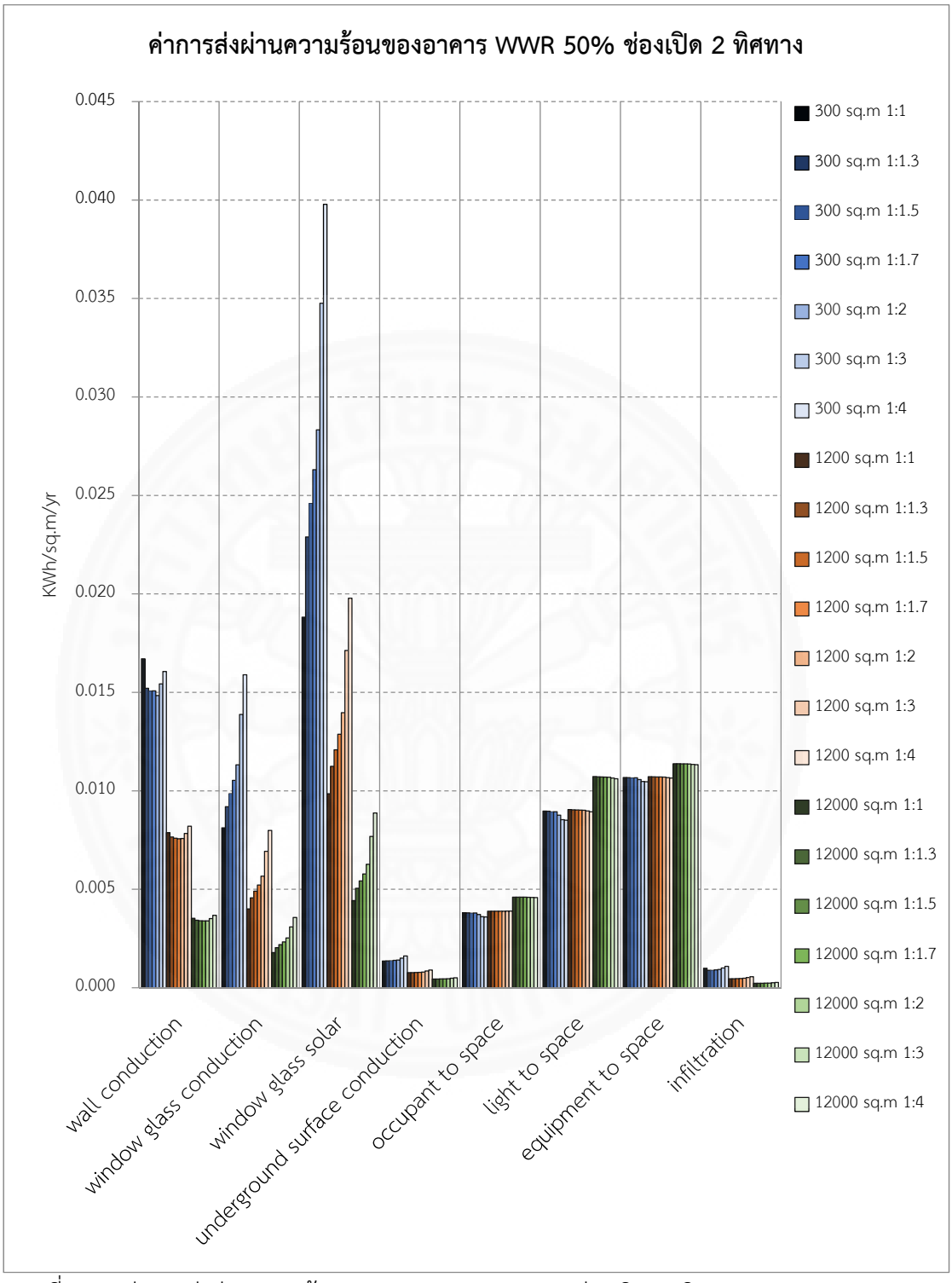
ส่วนของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ (Miscellaneous Equipment) และ ไฟภายในอาคาร (area lights) อาคารขนาด 300 และ 1,200 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานใกล้เคียงกัน ส่วนอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร ใช้พลังงานเยอะที่สุด ดังภาพที่ 4.8 และ 4.9



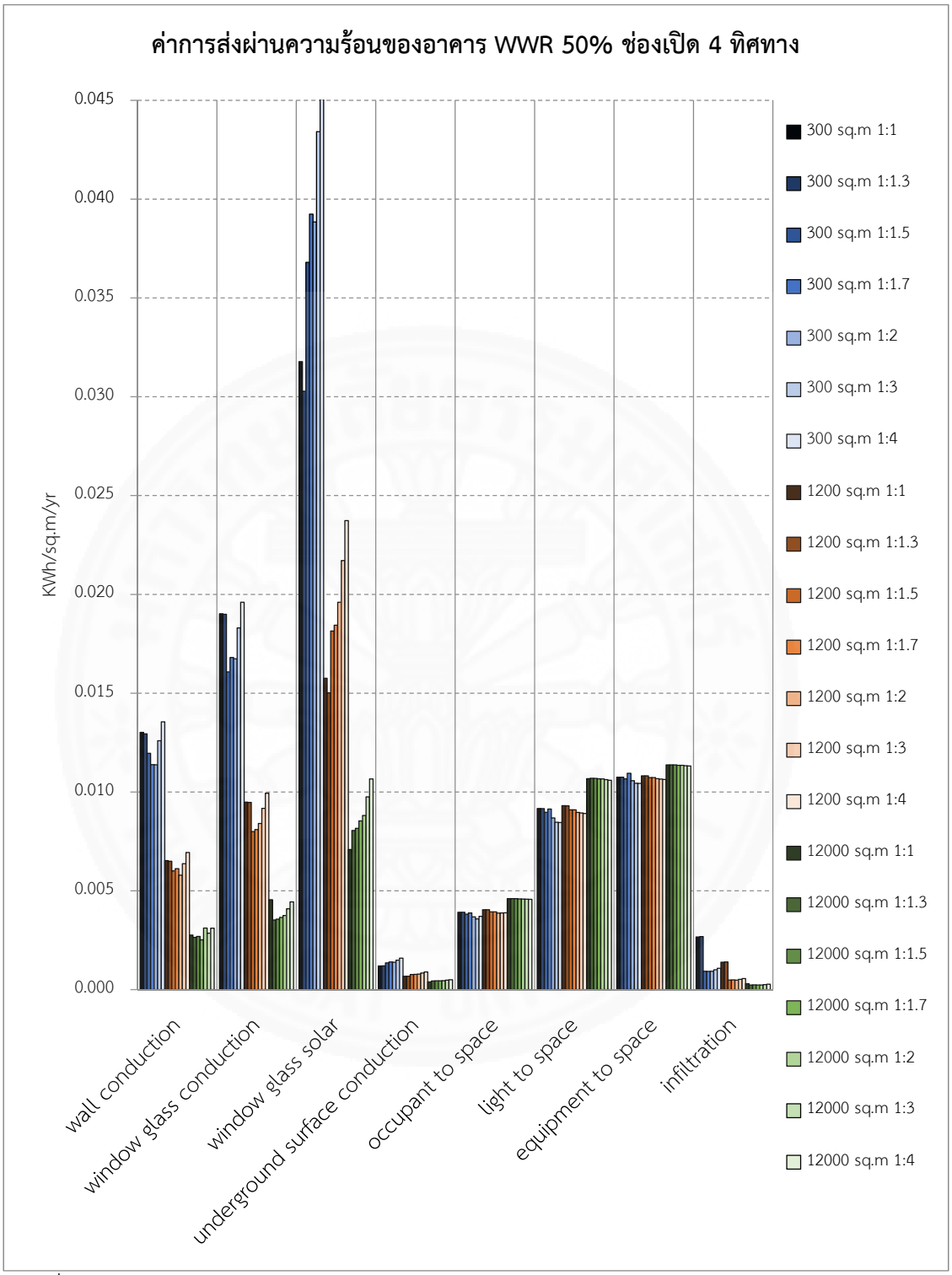
ภาพที่ 4.8 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง



ภาพที่ 4.9 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 4 ทิศทาง



ภาพที่ 4.10 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง



ภาพที่ 4.11 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 4 ทิศทาง

4.1.4.1 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐขนาด 12,000 ตร.ม. เพื่อการประหยัดพลังงาน

จากการทดลองที่ 1 พบว่าหากต้องการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐขนาด 12,000 ตารางเมตร เพื่อการประหยัดพลังงาน ควรเน้นไปด้านของระบบการทำความเย็นเป็นหลัก เนื่องจากค่าการใช้พลังงานของระบบทำความเย็นสูงที่สุด ถัดลงมา คือ เรื่องของการพัฒนาระบบแสงสว่างภายในอาคาร และเสริมด้วยการออกแบบ เนื่องจากถึงแม้ว่าจะส่งผลน้อยกว่าการพัฒนาระบบต่างๆภายในอาคาร และการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่เกิดขึ้นทั้งอัตราส่วนรูปทรงอาคาร ทิศทางการวางแกนอาคาร และสัดส่วนช่องเปิดอาคารจะส่งผลการประหยัดพลังงานให้กับอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร น้อยกว่าอาคารขนาด 300 และ 1,200 ตารางเมตร แต่เมื่อทดลองเทียบค่าไฟที่เกิดขึ้นทั้งอาคารจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนรูปทรงอาคาร โดยหาส่วนต่างค่าไฟที่เกิดขึ้นจากการนำเอาค่าไฟของอัตราส่วนนั้น ๆ ไปเปรียบเทียบกับค่าไฟของอัตราส่วนที่ให้ผลที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด ในอาคาร 12,000 ตารางเมตร ที่มีช่องเปิด 2 ทิศทางซึ่งเป็นแบบพื้นฐานอาคารสำนักงานของรัฐสามารถลดการจ่ายค่าไฟฟ้าไปได้น้อยที่สุด 13,010 บาท/ปี หากเปลี่ยนจากการออกแบบอาคารที่อัตราส่วนรูปทรง 1:1.3 เป็นอัตราส่วนรูปทรง 1:1 และสามารถลดการจ่ายค่าไฟฟ้าไปได้มากที่สุด 123,397 บาท/ปี เมื่อเปลี่ยนจากการออกแบบอาคารที่อัตราส่วนรูปทรง 1:4 เป็นอัตราส่วนรูปทรง 1:1 โดยลดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าเมื่อเทียบกับอาคารขนาด 1,200 และ 300 ตารางเมตร ซึ่งลดการจ่ายค่าไฟฟ้าได้มากสุด 40,449 บาท/ปี และ 16,913 บาท/ปี ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

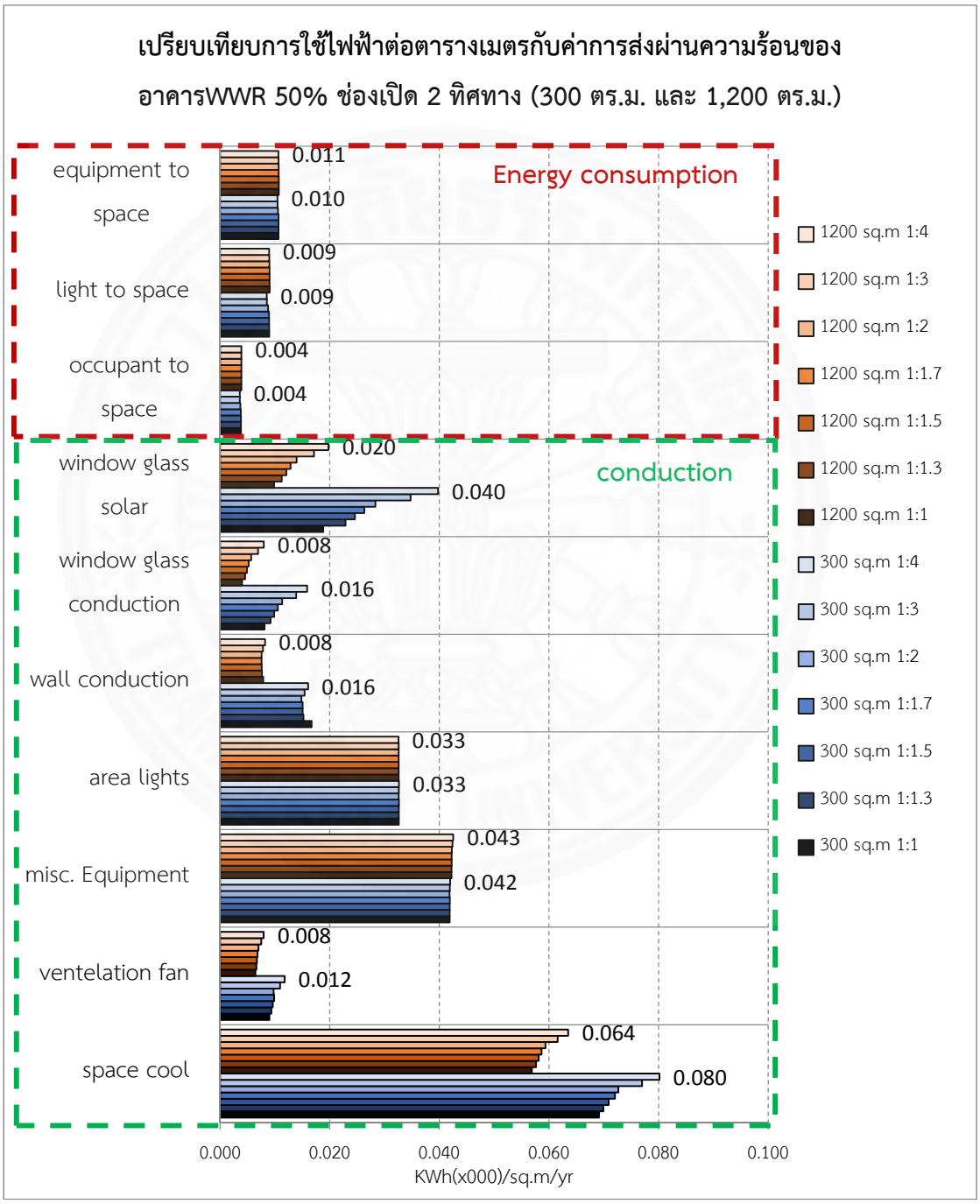
ผลต่างค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนรูปทรงอาคาร

		อัตราส่วนรูปทรงอาคาร						
		1 : 1 (บาท/ปี)	**1 : 1.3** (บาท/ปี)	**1 : 1.5** (บาท/ปี)	**1 : 1.7** (บาท/ปี)	**1 : 2** (บาท/ปี)	**1 : 3** (บาท/ปี)	**1 : 4** (บาท/ปี)
12,000 ตร.ม.	ช่องเปิด 2 ทิศทาง	5,768,717	5,781,727	5,791,188	5,800,256	5,814,646	5,857,027	5,892,114
	ส่วนต่าง	**0**	**13,010**	**22,472**	**31,539**	**45,929**	**88,310**	**123,397**
	ช่องเปิด 4 ทิศทาง	5,896,451	5,887,777	5,889,946	5,891,917	5,899,604	5,926,216	5,951,841
	ส่วนต่าง	**8,673**	**0**	**2,168**	**4,140**	**11,827**	**38,438**	**64,064**
1,200 ตร.ม.	ช่องเปิด 2 ทิศทาง	653,808	658,282	661,160	663,959	668,473	681,582	694,257
	ส่วนต่าง	**0**	**4,475**	**7,353**	**10,152**	**14,666**	**27,774**	**40,449**
	ช่องเปิด 4 ทิศทาง	693,212	693,074	690,827	691,734	693,929	702,181	711,958
	ส่วนต่าง	**2,385**	**2,247**	**0**	**907**	**3,103**	**11,354**	**21,131**
300 ตร.ม.	ช่องเปิด 2 ทิศทาง	181,725	183,124	184,879	185,391	185,864	192,133	198,638
	ส่วนต่าง	**0**	**1,400**	**3,154**	**3,666**	**4,140**	**10,408**	**16,913**
	ช่องเปิด 4 ทิศทาง	199,367	199,328	199,446	198,894	195,602	200,767	205,971
	ส่วนต่าง	**3,765**	**3,726**	**3,844**	**3,292**	**0**	**5,165**	**10,369**

4.1.4.2 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐขนาด 1,200 ตร.ม.เพื่อการประหยัดพลังงาน

จากการทดลองพบว่าอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร เป็นอาคารที่มีผลค่าการใช้พลังงานต่อตารางเมตรน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารขนาด 12,000 และ 300 ตารางเมตร เนื่องจากอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร จะมีค่าการส่งผ่านความร้อนที่ผ่านทางกรอบอาคารเมื่อเทียบต่อตารางเมตรแล้วน้อยกว่าอาคารขนาด 300 ตารางเมตร และมีค่าความร้อนที่เกิดจากการใช้งานอุปกรณ์อื่น ๆ เท่ากับอาคารขนาด 300 ตารางเมตร จึงส่งผลให้อาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร

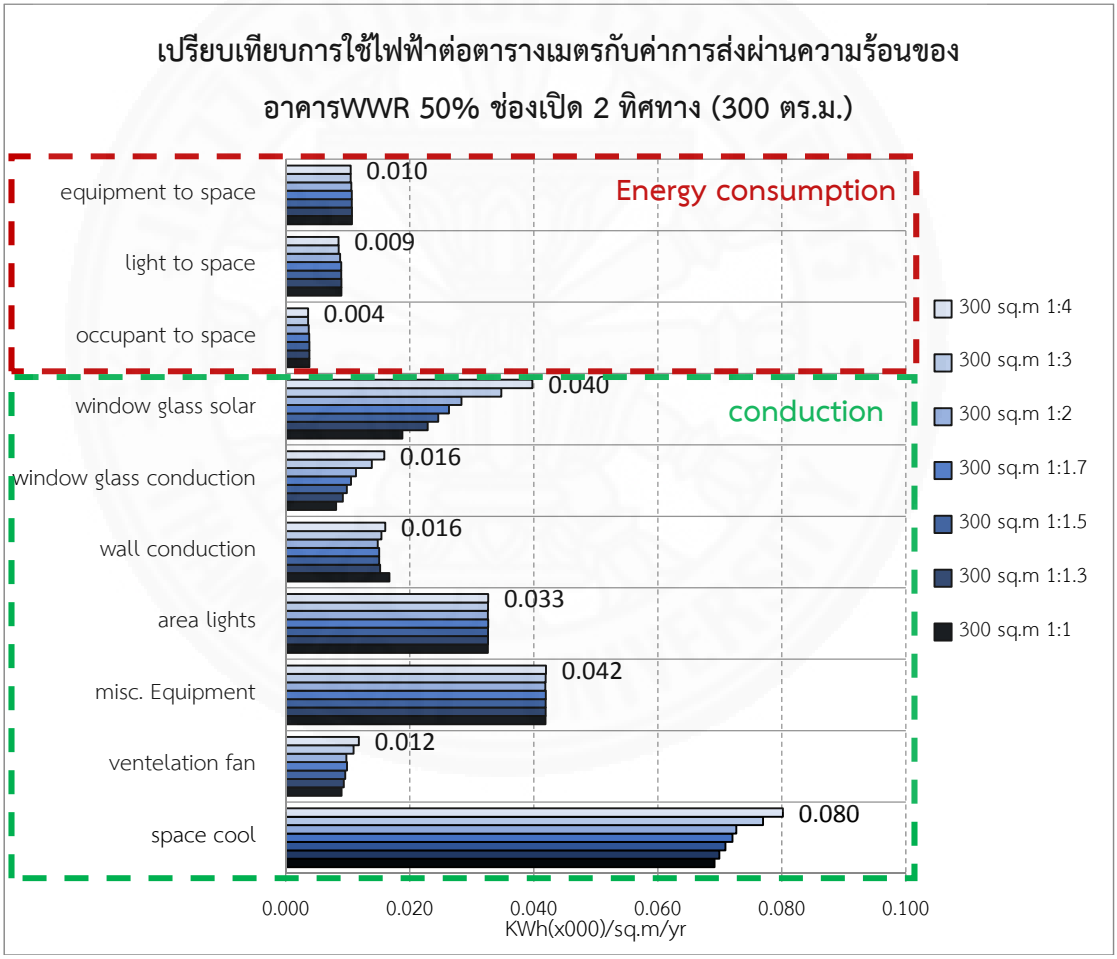
ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยกว่าอาคารขนาด 300 ตารางเมตร แต่ค่าพลังงานที่ใช้ในส่วนของอุปกรณ์อื่น ๆ มีการใช้งานเท่า ๆ กัน เป็นผลให้เมื่อรวมค่าการใช้งานต่อตารางเมตรอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร จึงใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารขนาด 300 ตารางเมตร ทั้งอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางและอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรกับค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง ของอาคารขนาด 300 ตร.ม. และ 1,200 ตร.ม.

4.1.4.3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐขนาด 300 ตร.ม.เพื่อการประหยัดพลังงาน

อาคารขนาด 300 ตารางเมตร เป็นอาคารที่สมควรได้รับการออกแบบด้านรอบอาคารเพื่อลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร เนื่องจากผลการคำนวณของการทดลอง ได้ว่าการใช้พลังงานของอาคารขนาด 300 ตารางเมตร ความร้อนที่แตกต่างกันในแต่ละอัตราส่วนรูปทรงอาคารนั้นส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นภายในอาคาร โดยที่ความร้อนที่เกิดภายในอาคารนั้นมาจากการส่งผ่านความร้อนทางกรอบอาคารมากที่สุด โดยเฉพาะค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านทางกระจก ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรกับค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคาร WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทาง ของอาคารขนาด 300 ตร.ม.

เนื่องจากในการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนวัสดุ เพื่อลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคารจึงได้เลือกอาคารขนาด 300 ตารางเมตร มาทำการทดลองที่ 2

4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับตัวแปรเทคนิคเรื่องการออกแบบประหยัดพลังงานซึ่งได้เน้นไปที่การลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคาร โดยทำการเลือกอาคารกรณีศึกษาจากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาต่อ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกอาคารทั้งหมด 3 ข้อดังตารางที่ 4.4 ได้แก่

1. อาคารต้องมีการใช้พลังงานต่อตารางเมตรสูงที่เป็นผลมากจากการส่งผ่านความร้อนทางกรอบอาคาร
2. อาคารต้องเป็นอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรงอาคารอยู่จริง ซึ่งมาจากการศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐในบทที่ 2
3. อาคารที่นำมาเปรียบเทียบต้องเป็นอาคารที่มีอัตราส่วนที่ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด

ตารางที่ 4.4

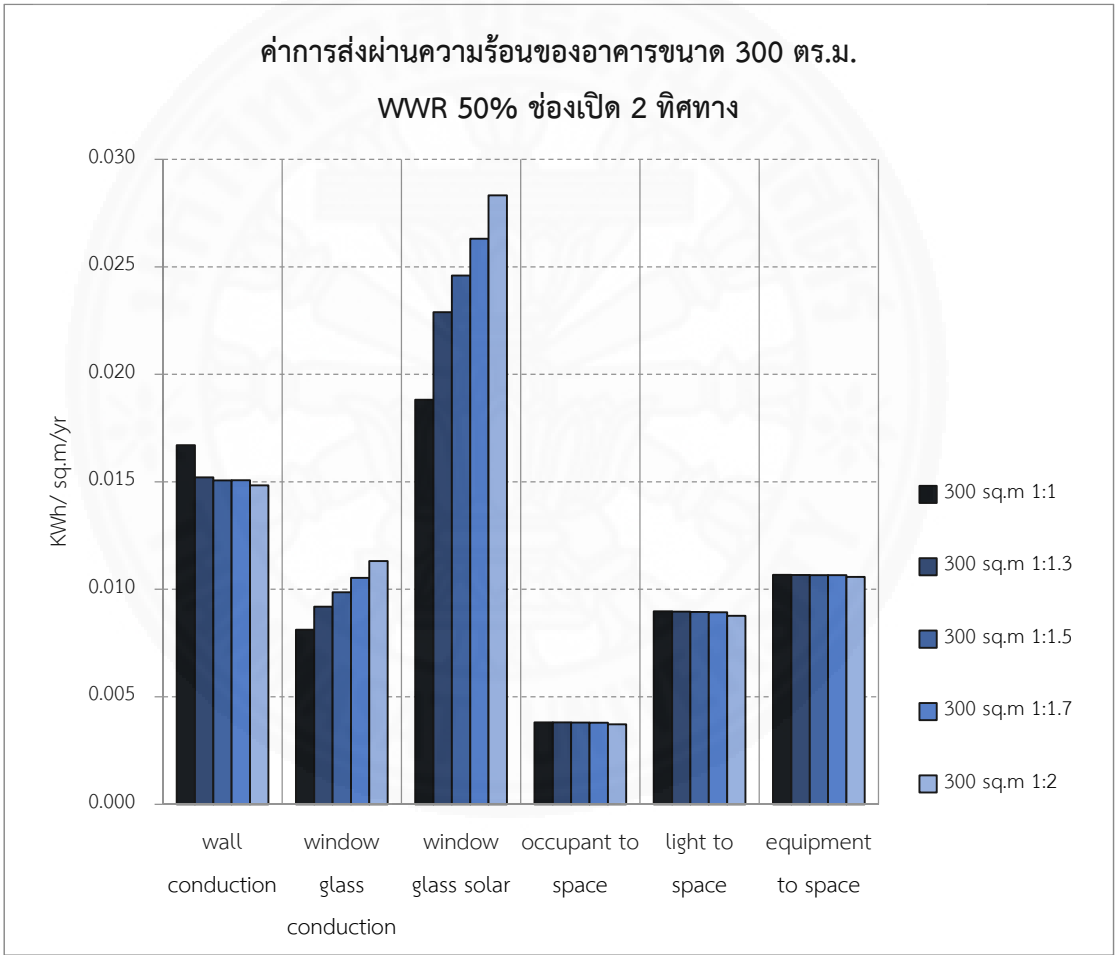
เกณฑ์ในการคัดเลือกอาคารในการทดลองที่ 2

เกณฑ์ในการคัดเลือกอาคาร	300 sq.m 1:1	300 sq.m 1:1.3	300 sq.m 1:1.5	300 sq.m 1:1.7	300 sq.m 1:2	300 sq.m 1:3	300 sq.m 1:4	1,200 sq.m 1:1	1,200 sq.m 1:1.3	1,200 sq.m 1:1.5	1,200 sq.m 1:1.7	1,200 sq.m 1:2	1,200 sq.m 1:3	1,200 sq.m 1:4	12,000 sq.m 1:1	12,000 sq.m 1:1.3	12,000 sq.m 1:1.5	12,000 sq.m 1:1.7	12,000 sq.m 1:2	12,000 sq.m 1:3	12,000 sq.m 1:4
การส่งผ่านความร้อนทางกรอบอาคารมาก	/	/	/	/	/	/	/														
อาคารมีอยู่จริง		/	/	/					/	/	/	/							/		
เป็นอาคารประหยัดพลังงาน	/				/			/							/	/					

พบว่าอาคารที่ตรงกับเกณฑ์ และได้ทำการคัดเลือกมาทำการทดลองต่อในการทดลองที่ 2 ได้แก่อาคารขนาด 300 ตร.ม อัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1, 1:1.3, 1:1.5, 1:1.7 และ 1:2 โดยที่สัดส่วนช่องเปิดที่นำมาศึกษาต่อในการทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 30%, 50% และ 70% มี

จำนวนทิศทางของช่องเปิดของอาคาร 2 ทิศทาง และ 4 ทิศทาง และสำหรับทิศทางการวางแกนอาคาร ให้มี 2 ทิศดังเช่นการทดลองที่ 1 โดยตัวแปรที่เลือกศึกษาในการทดลองนี้ได้แก่ วัสดุกระจก และ วัสดุผนัง

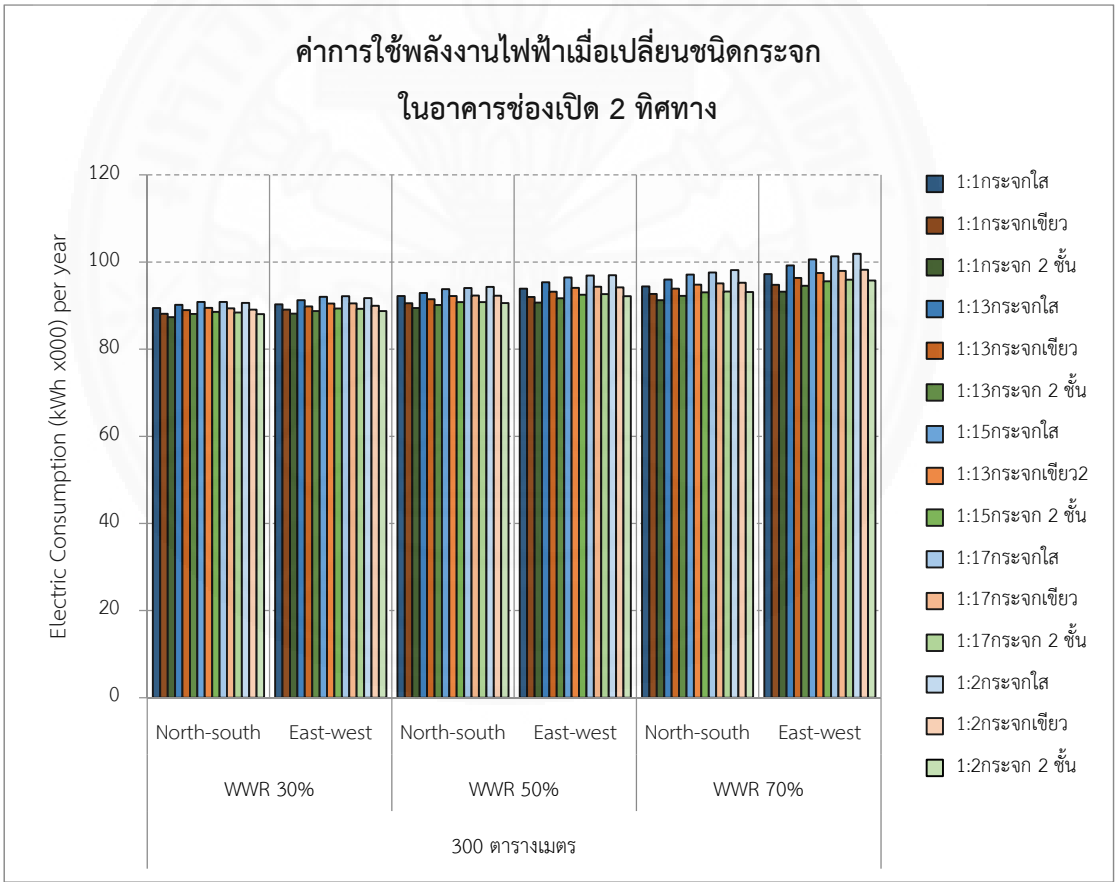
จากการสังเกตค่าการส่งผ่านความร้อนที่กรอบอาคารที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1 ของอาคาร 300 ตารางเมตร พบว่า ค่าความร้อนเกิดจากการส่งความร้อนผ่านกระจกมากที่สุดดังภาพที่ 4.14 จึงได้ทำการเลือกเปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนวัสดุผนัง



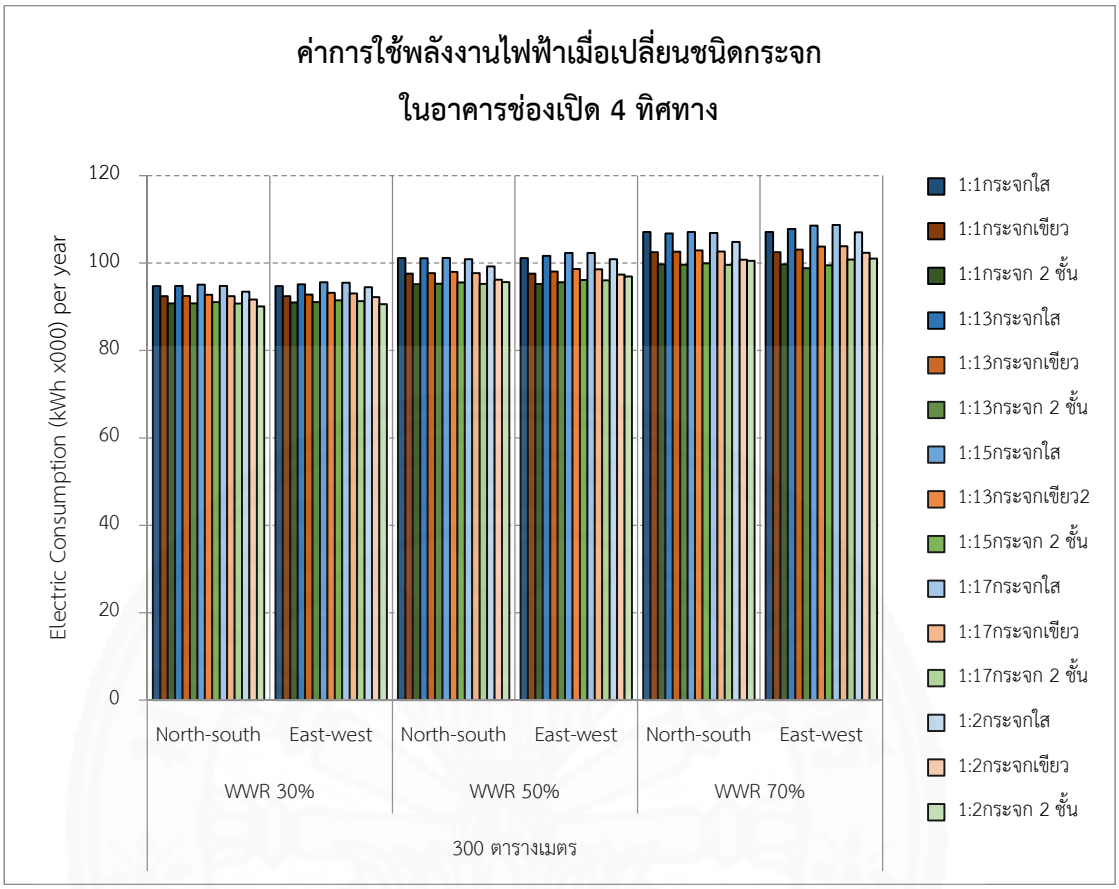
ภาพที่ 4.14 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคารขนาด300 ตร.ม. WWR 50% ช่องเปิด 2 ทิศทางของอาคารขนาด

4.2.1 การเปลี่ยนวัสดุกระจกอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

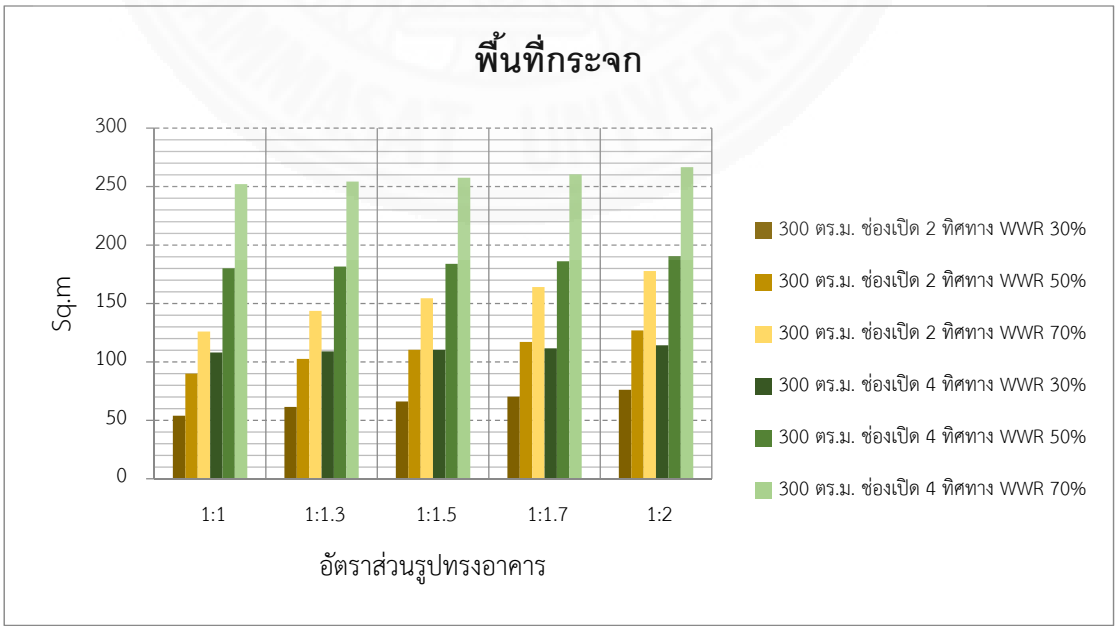
โดยชนิดกระจกที่เลือกมาทำการทดลองได้แก่ กระจกเขียว และกระจกเขียว 2 ชั้น จากการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพบว่าการเปลี่ยนกระจกส่งผลประหยัดพลังงานในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางมากกว่าอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง และส่งผลมากกับสัดส่วนช่องเปิดที่ 70% 50% และ 30% ตามลำดับ โดยเฉพาะกับอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:2 ดังภาพที่ 4.15 และ 4.16 ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่ของกระจกที่มีในอาคารแต่ละอัตราส่วนดังภาพที่ 4.17 เมื่อมีพื้นที่ของกระจกมากก็จะส่งผลการประหยัดพลังงานมากและในทางเดียวกันเมื่อมีพื้นที่ของกระจกน้อยก็จะส่งผลการประหยัดพลังงานน้อย



ภาพที่ 4.15 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

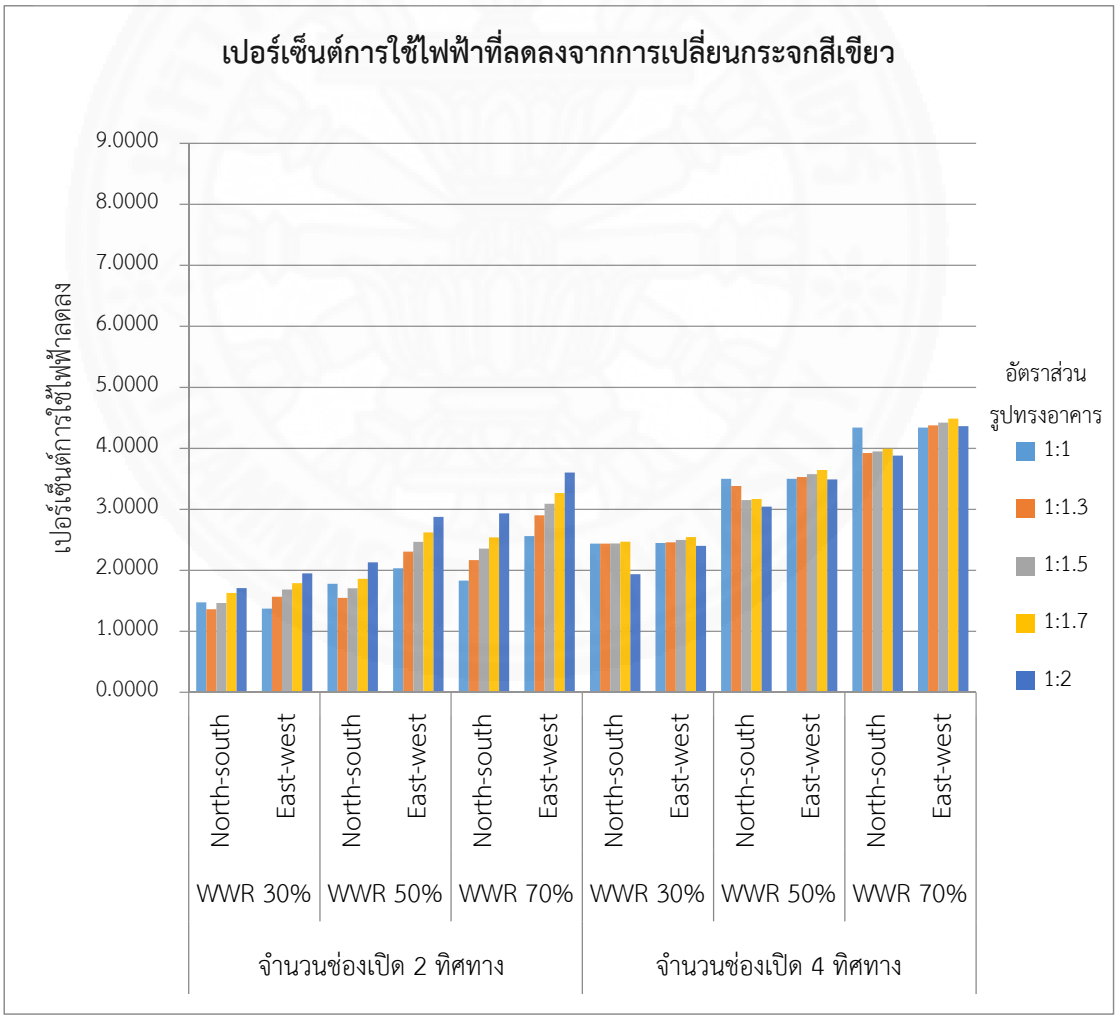


ภาพที่ 4.16 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง

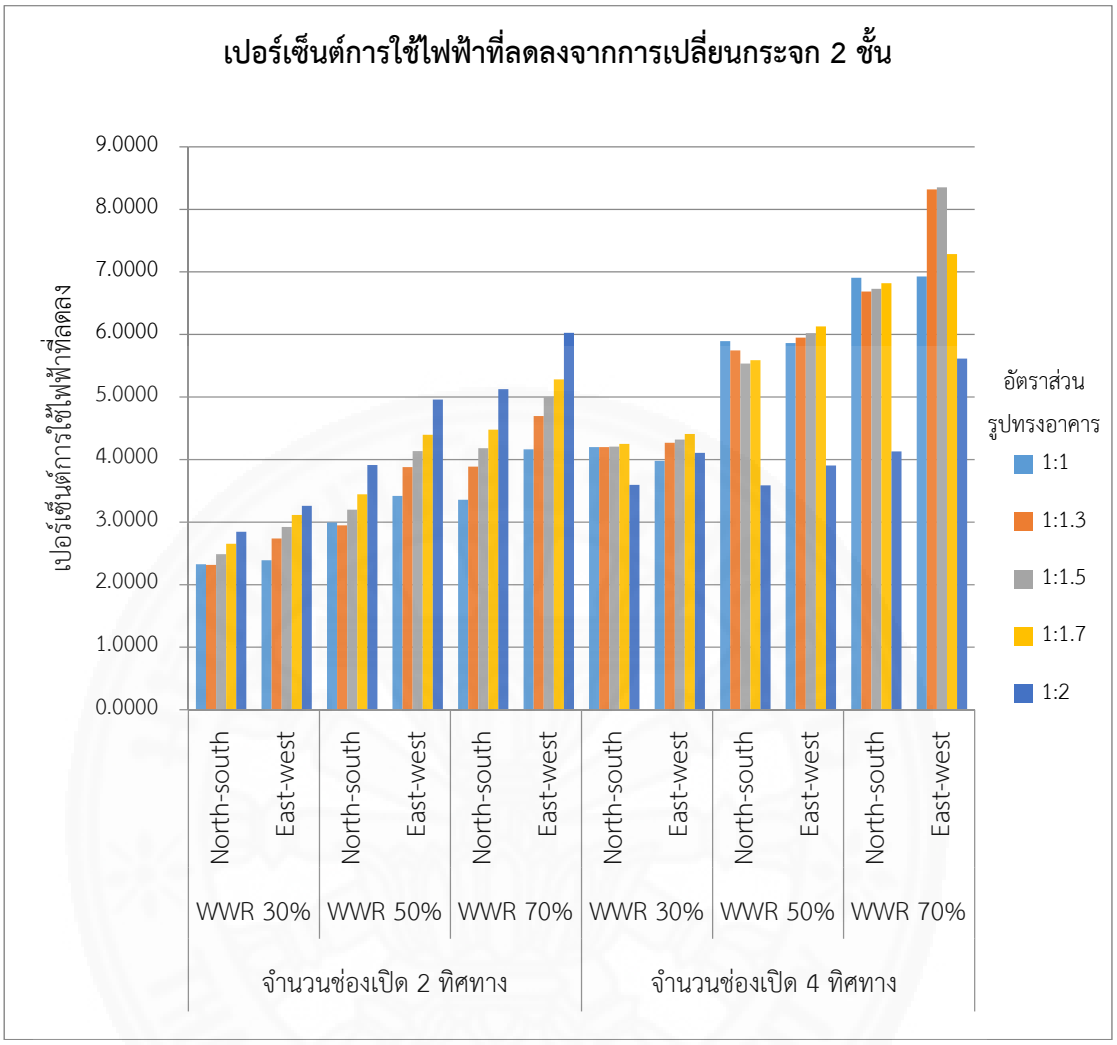


ภาพที่ 4.17 ตารางเมตรของกระจก

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนชนิดของกระจก โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า การใช้ไฟฟ้าลดลงในทุกกรณีศึกษา และมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ลดเท่ากันเมื่อมีพื้นที่ช่องเปิดเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเป็นอาคารที่มีทิศทางช่องเปิด 2 ทิศทาง สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจะแปรผันตามกับพื้นที่ของกระจก แต่เมื่อเป็นอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจะไม่ได้แปรผันตามพื้นที่ของกระจก แต่จะแปรผกผันตามอัตราส่วนรูปทรงของอาคารที่ประหยัดพลังงาน อ้างอิงผลจากการทดลองที่ 1 อัตราส่วนรูปทรงที่ให้ผลการประหยัดพลังงานมากคืออัตราส่วนรูปทรง 1:1 เนื่องจากอาคารมีการใช้พลังงานน้อยเพราะความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกรอบอาคารน้อยกว่าในรูปทรงอื่นๆ จึงให้เปอร์เซ็นต์ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกระจกน้อยที่สุด โดยกระจก 2 ชั้นจะลดการใช้ไฟฟ้าได้มากกว่ากระจกสีเขียว ดังภาพที่ 4.18 และ 4.19



ภาพที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกระจกสีเขียว



ภาพที่ 4.19 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกระจก 2 ชั้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อเปลี่ยนกระจกกับผลการลดค่าไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 4.5 โดยที่กระจก 2 ชั้นมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนมากกว่ากระจกสีเขียว 1,136 บาท/ตร.ม. แต่ก็มีประสิทธิภาพในการลดค่าใช้ไฟฟ้าได้มากกว่า โดยเมื่อเทียบอัตราส่วนที่ประหยัดพลังงานที่สุดของช่วงเปิด 2 ทิศทาง ได้อัตราส่วน 1:1 จะได้ว่ากระจกสีเขียวสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 5.05 บาท/ตร.ม./ปี หรือเท่ากับ 3,030 บาท/อาคาร/ปี โดยที่เสียเงินลงทุนในการติดตั้ง 13,773.53 บาท และสำหรับกระจก 2 ชั้นสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 7.95 บาท/ตร.ม./ปี หรือเท่ากับ 4,770 บาท/อาคาร/ปี โดยที่เสียเงินลงทุนในการติดตั้ง 75,133.23 บาท

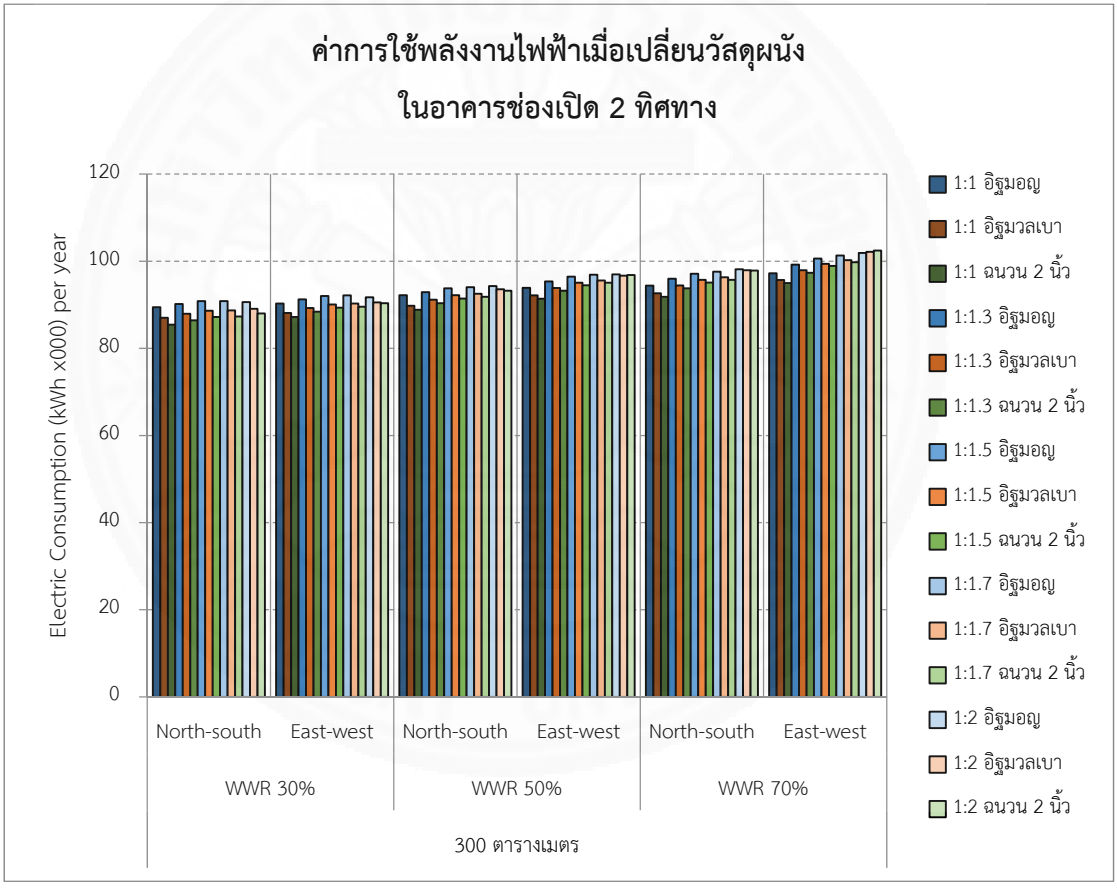
ตารางที่ 4.5

ค่าใช้จ่ายและส่วนต่างค่าไฟที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนชนิดกระจก

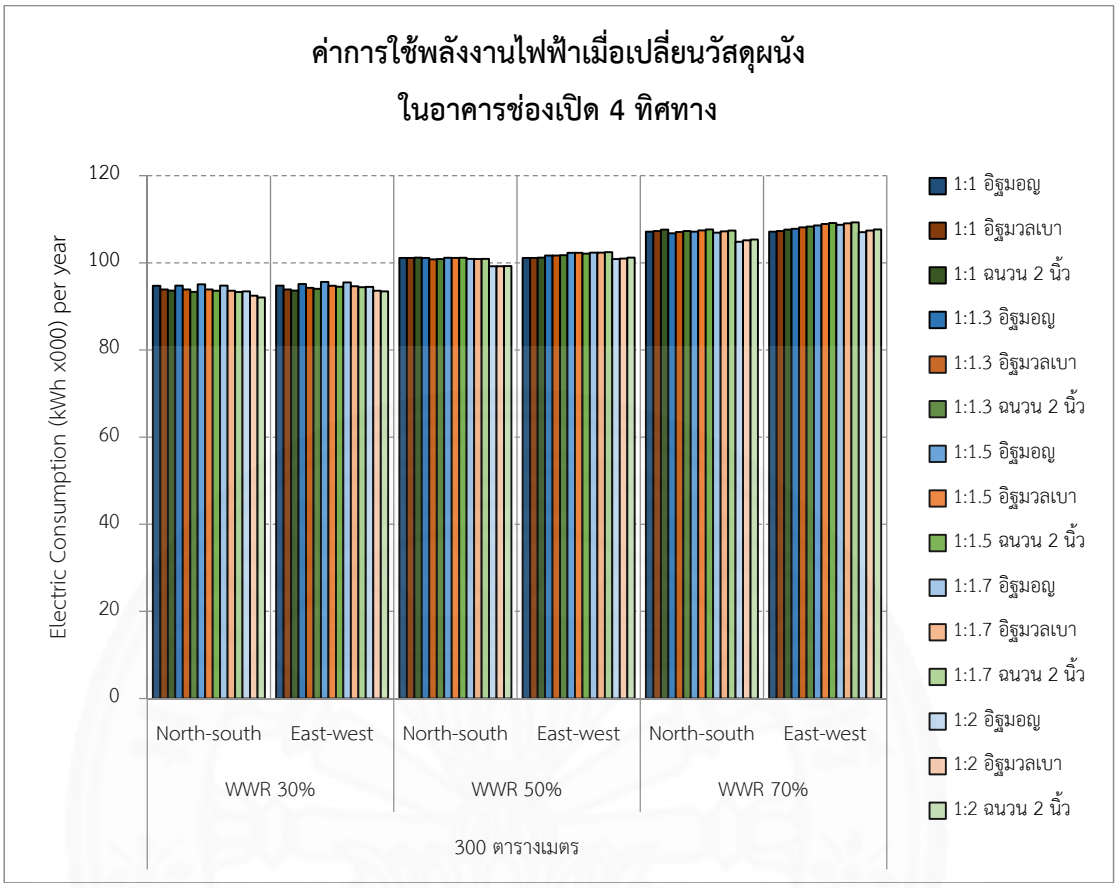
	อาคารวางตัวในทิศเหนือ - ใต้							
	ช่องเปิด 2 ทิศทาง				ช่องเปิด 4 ทิศทาง			
	1:1							
	ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น
30%	13,773.53	75,133.23	-5.05	-7.95	27,547.05	150,266.47	-8.83	-15.22
50%	22,955.88	125,222.06	-6.27	-10.56	45,911.75	250,444.11	-13.54	-22.79
70%	32,138.23	175,310.88	-6.62	-12.12	64,276.45	350,621.76	-17.78	-28.30
	1:1.3							
	ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น
30%	13,773.53	75,133.23	-4.70	-7.99	27,788.69	151,584.59	-8.83	-15.22
50%	22,955.88	125,222.06	-5.51	-10.48	46,314.49	252,640.99	-13.08	-22.22
70%	32,138.23	175,310.88	-7.95	-14.27	64,840.28	353,697.39	-17.78	-28.30
	1:1.5							
	ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น
30%	13,773.53	75,133.23	-5.09	-8.64	28,144.05	153,523.02	-8.87	-15.30
50%	22,955.88	125,222.06	-6.12	-11.47	46,906.27	255,869.11	-12.20	-21.42
70%	32,138.23	175,310.88	-8.76	-15.53	65,668.97	358,217.79	-16.18	-27.57
	1:1.7							
	ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น
30%	13,773.53	75,133.23	-5.66	-9.22	28,470.03	155,301.20	-8.95	-15.41
50%	22,955.88	125,222.06	-6.69	-12.39	47,450.20	258,836.19	-12.24	-21.57
70%	32,138.23	175,310.88	-9.48	-16.71	66,430.37	362,371.18	-16.33	-27.88
	1:2							
	ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่ากระจก (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น	กระจกสีเขียว	กระจก 2 ชั้น
30%	13,773.53	75,133.23	-5.93	-9.87	29,141.88	158,966.11	-6.92	-12.85
50%	22,955.88	125,222.06	-7.69	-14.11	48,569.80	264,943.51	-11.55	-13.62
70%	32,138.23	175,310.88	-11.01	-19.24	67,997.72	370,920.91	-15.57	-16.56

4.2.2 การเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

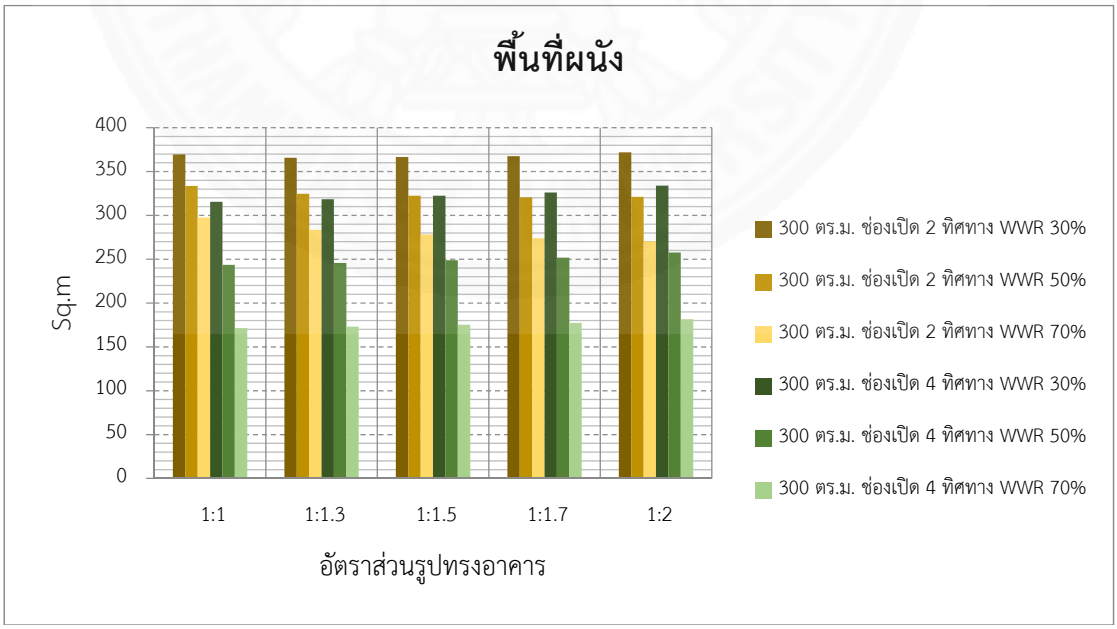
ผนังที่เลือกมาทำการทดลอง ได้แก่ อิฐมวลเบา และฉนวน 2 นิ้ว จากการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพบว่าการเปลี่ยนวัสดุผนังส่งผลประหยัดพลังงานในอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทางมากกว่าอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง ซึ่งแตกต่างจากผลที่ได้จากการเปลี่ยนกระจก และส่งผลมากกับสัดส่วนช่องเปิดที่ 30%, 50% และ 70% ตามลำดับ โดยหากอาคารมีสัดส่วนช่องเปิดมากขึ้นการเปลี่ยนผนังจะไม่ช่วยให้อาคารมีการประหยัดพลังงานมากขึ้นทั้งยังทำให้เกิดการใช้พลังงานภายในอาคารมากขึ้นด้วย ดังภาพที่ 4.20 และ 4.21 โดยมีความเกี่ยวเนื่องกับตารางเมตรของผนังที่มีในอาคารแต่ละอัตราส่วนดังภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.20 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนวัสดุผนังในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

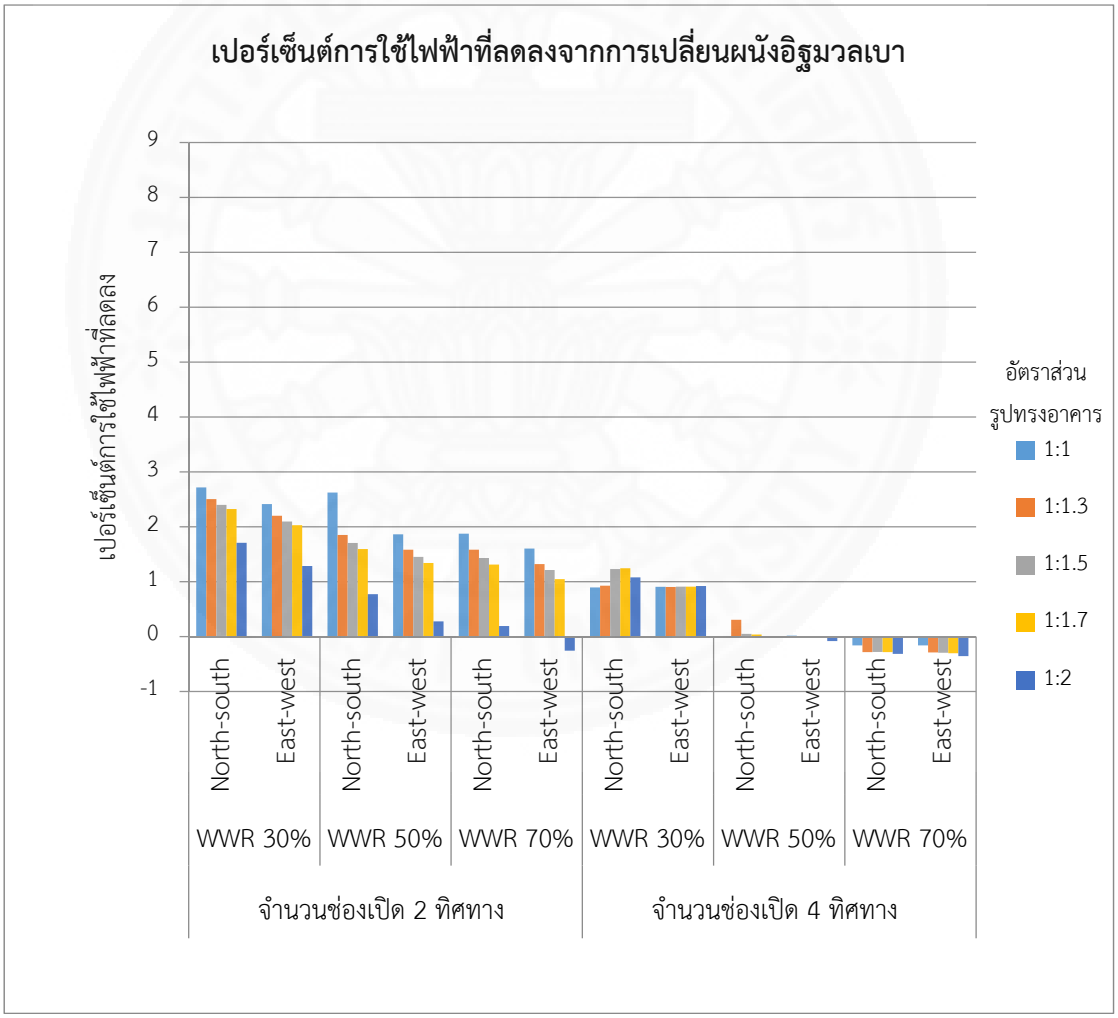


ภาพที่ 4.21 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนวัสดุผนังในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง

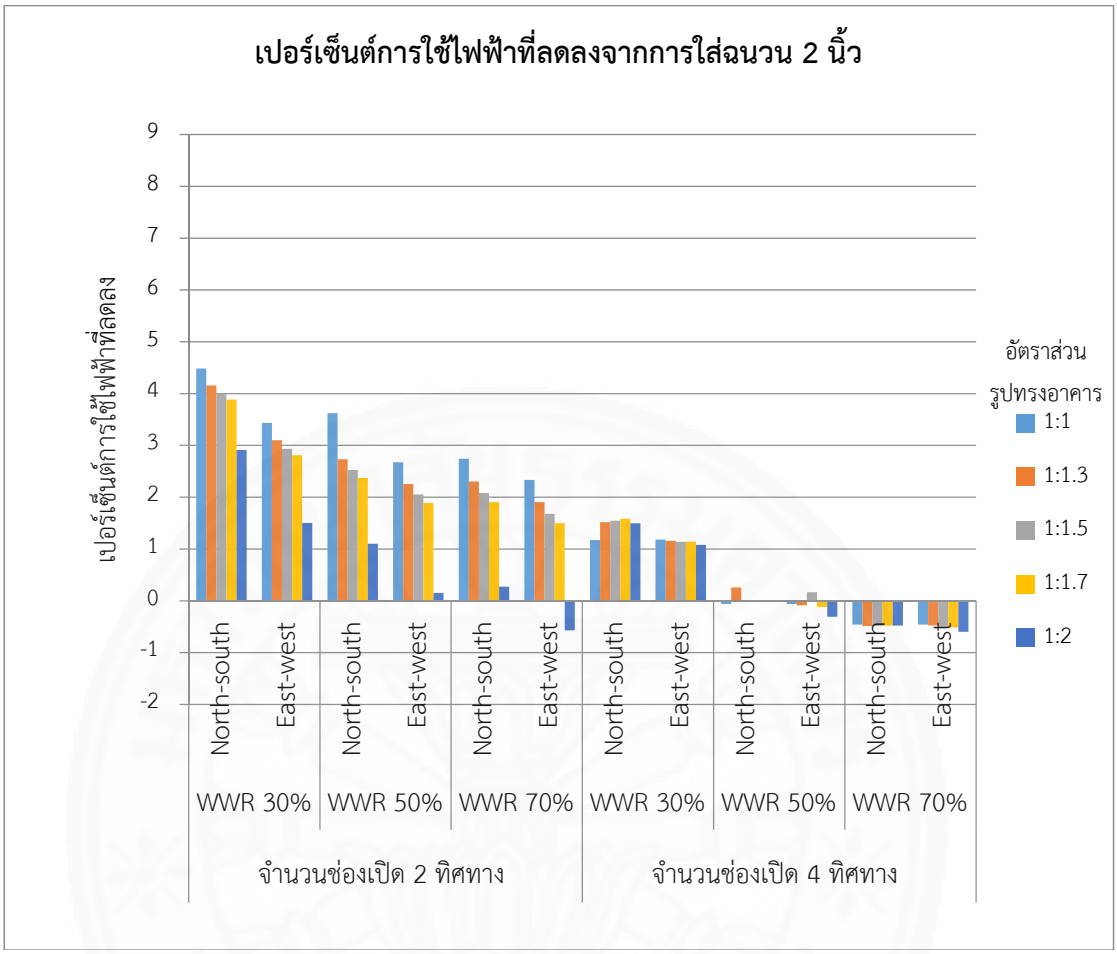


ภาพที่ 4.22 พื้นที่ของผนัง

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนวัสดุของผนัง พบว่า ค่าไฟฟ้าไม่ได้ลดลงเสมอทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนทิศทางของช่องเปิด และสัดส่วนช่องเปิด โดยเมื่อทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ทั้งอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง และอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางในทุกทิศทางการวางแกนอาคาร และทุกอัตราส่วนของรูปทรงอาคารจะมีสัดส่วนการเพิ่มหรือลดของการไฟฟ้าที่เท่ากัน โดยเมื่อเป็นอาคารที่มีทิศทางช่องเปิด 2 ทิศทางสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจะแปรผันตามกับพื้นที่ตารางเมตรของผนัง โดยการใส่ฉนวน 2 นิ้วจะลดการใช้ไฟฟ้าได้มากกว่าอิฐมวลเบา แต่เมื่อเกิดการเพิ่มของการใช้ไฟฟ้าฉนวน 2 นิ้วก็ทำให้การใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้อิฐมวลเบา แต่เมื่อเป็นอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางสัดส่วนค่าไฟฟ้าจะลดลงแค่อาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดที่ 30% และจะเพิ่มขึ้นเมื่ออาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 70% ดังภาพที่ 4.23 และ 4.24



ภาพที่ 4.23 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนผนังอิฐมวลเบา



ภาพที่ 4.24 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการใส่ฉนวน 2 ชั้น

การออกแบบวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานไม่สมควรใช้กับอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางที่มีสัดส่วนช่องเปิดมากกว่า 50%

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อเปลี่ยนผนังกับผลการลดค่าไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 4.6 โดยที่อิฐมวลเบามีค่าใช้จ่ายในการลงทุนมากกว่าการใส่ฉนวน 2 นิ้ว 21.92 บาท/ตร.ม. โดยเมื่อเทียบอัตราส่วนที่ประหยัดพลังงานที่สุดของช่วงเปิด 2 ทิศทาง ได้อัตราส่วน 1:1 จะได้ว่าอิฐมวลเบาสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 9.29 บาท/ตร.ม./ปี หรือเท่ากับ 5,574 บาท/อาคาร/ปี โดยที่เสียเงินลงทุนในการติดตั้ง 50,228.21 บาท และสำหรับฉนวน 2 นิ้วสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 15.34 บาท/ตร.ม./ปี หรือเท่ากับ 9,204 บาท/อาคาร/ปี โดยที่เสียเงินลงทุนในการติดตั้ง 42,126.05 บาท

ตารางที่ 4.6

ค่าใช้จ่ายและส่วนต่างค่าไฟที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนชนิดผนัง

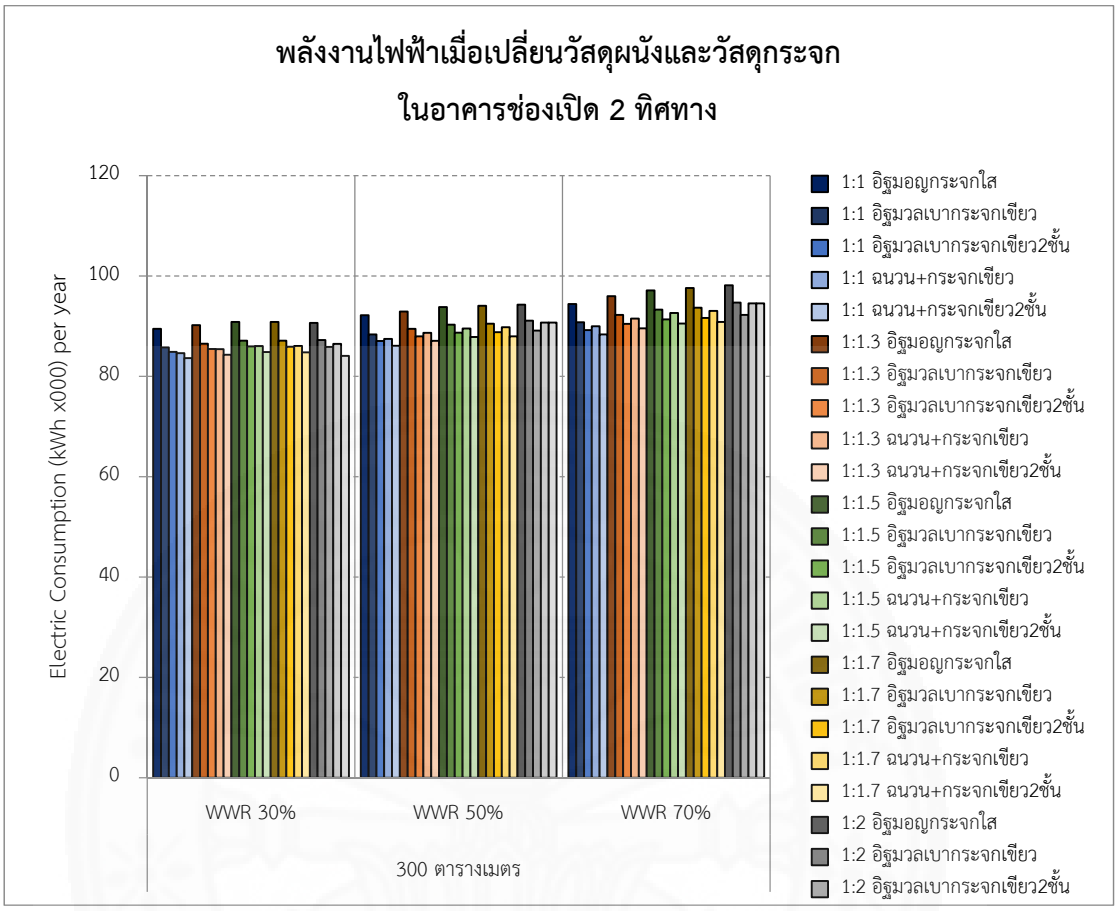
	อาคารวางตัวในทิศเหนือ - ใต้							
	ช่องเปิด 2 ทิศทาง				ช่องเปิด 4 ทิศทาง			
	1:1							
	ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว
30%	50,228.21	42,126.05	-9.29	-15.34	42,888.27	35,970.10	-3.25	-4.25
50%	45,334.92	38,022.08	-9.26	-12.77	33,101.69	27,762.15	-0.04	0.23
70%	40,441.62	33,918.11	-6.77	-9.91	23,315.10	19,554.21	0.65	1.87
	1:1.3							
	ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว
30%	49,703.03	41,685.58	-8.64	-14.34	43,264.48	36,285.62	-3.37	-5.51
50%	44,122.96	37,005.62	-6.58	-9.71	33,392.05	28,005.68	-1.19	-0.99
70%	38,542.89	32,325.65	-5.81	-8.45	23,519.62	19,725.74	1.15	1.99
	1:1.5							
	ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว
30%	49,817.03	41,781.19	-8.34	-13.88	43,817.57	36,749.49	-4.47	-5.62
50%	43,817.95	36,749.81	-6.12	-9.06	33,818.89	28,363.67	-0.19	-0.04
70%	37,818.99	31,718.53	-5.32	-7.73	23,820.34	19,977.95	1.15	1.99
	1:1.7							
	ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว
30%	49,945.04	41,888.56	-8.07	-13.50	44,325.45	37,175.45	-4.51	-5.74
50%	43,576.82	36,547.57	-5.74	-8.53	34,210.88	28,692.43	-0.15	-0.04
70%	37,208.72	31,206.69	-4.90	-7.11	24,096.44	20,209.51	1.15	1.95
	1:2							
	ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)		ส่วนต่างค่าผนัง (บาท)		ส่วนต่างค่าใช้ไฟฟ้า(บาท/ตร.ม./ปี)	
WWR	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว	อิฐมวลเบา	ฉนวน 2 นิ้ว
30%	50,547.86	42,394.14	-5.93	-10.10	45,371.28	38,052.57	-3.86	-5.35
50%	43,645.75	36,605.38	-2.79	-3.98	35,018.10	29,369.44	-0.04	0.08
70%	36,743.63	30,816.63	-0.73	-1.03	24,664.92	20,686.30	1.26	1.91

4.2.3 การเปลี่ยนวัสดุกระจกควบคู่กับการเปลี่ยนวัสดุผนังอาคารส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

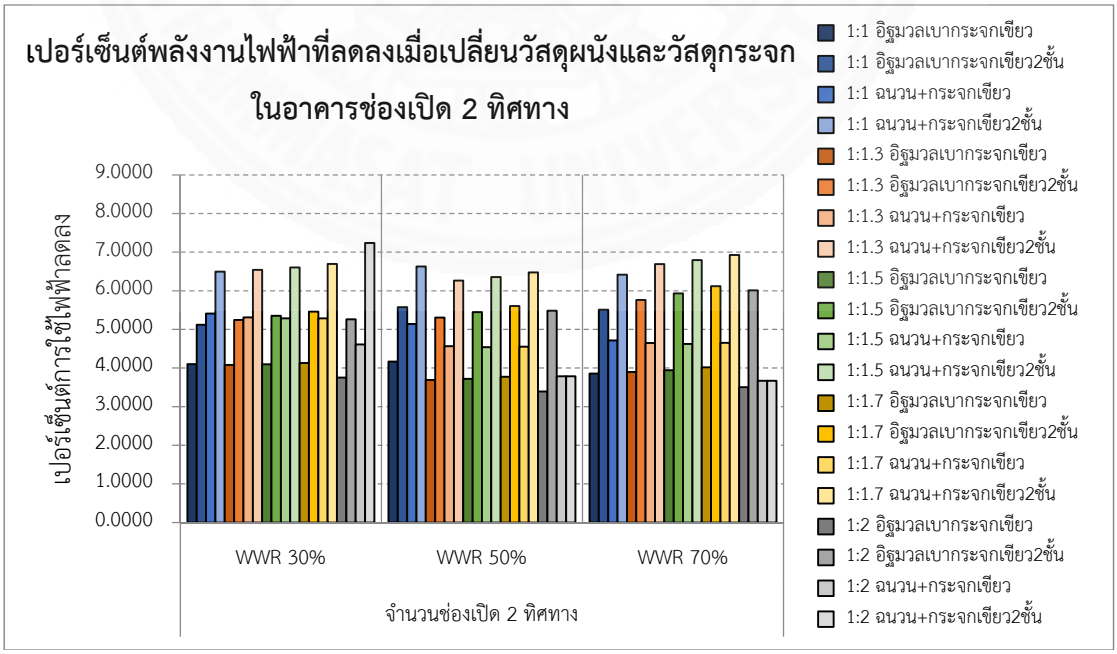
จากการหัวข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ทำการเปลี่ยนวัสดุกระจกหรือวัสดุผนังเพียงอย่างเดียว ในหัวข้อนี้จะทำการเปลี่ยนวัสดุกระจกควบคู่ไปกับวัสดุผนัง ในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง และอาคารช่องเปิด 4 ทิศทางที่วางตัวอาคารในทิศเหนือ-ใต้ โดยชนิดกระจกและผนังที่เลือกมาทำการทดลองได้แก่ กระจกเขียว กระจกเขียว 2 ชั้น อิฐมวลเบา และฉนวน 2 นิ้ว จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพบว่าในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของผนังโดยการเปลี่ยนวัสดุผนังควบคู่ไปกับการเปลี่ยนกระจกจากภาพที่ 4.25 และ 4.26 พบว่า

1. อาคารสัดส่วนช่องเปิด 30% การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นให้ผลการประหยัดพลังงานมากที่สุด รองลงมาคือการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้น ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว และการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียวให้ผลการประหยัดพลังงานน้อยที่สุด

2. อาคารที่มีสัดส่วนของช่องเปิด 50% และอาคารที่มีสัดส่วนของช่องเปิด 70% การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นให้ผลการประหยัดพลังงานมากที่สุด รองลงมาคือการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้น ถัดมาคือการเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว ซึ่งให้ผลแตกต่างจากอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด 30% เนื่องจากอาคารมีพื้นที่กระจกมากกว่า การเปลี่ยนกระจกจึงส่งผลการประหยัดพลังงานมาก และการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว ให้ผลการประหยัดพลังงานน้อยที่สุด ยกเว้นอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:2 การเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นให้ผลการประหยัดพลังงานมากที่สุด



ภาพที่ 4.25 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

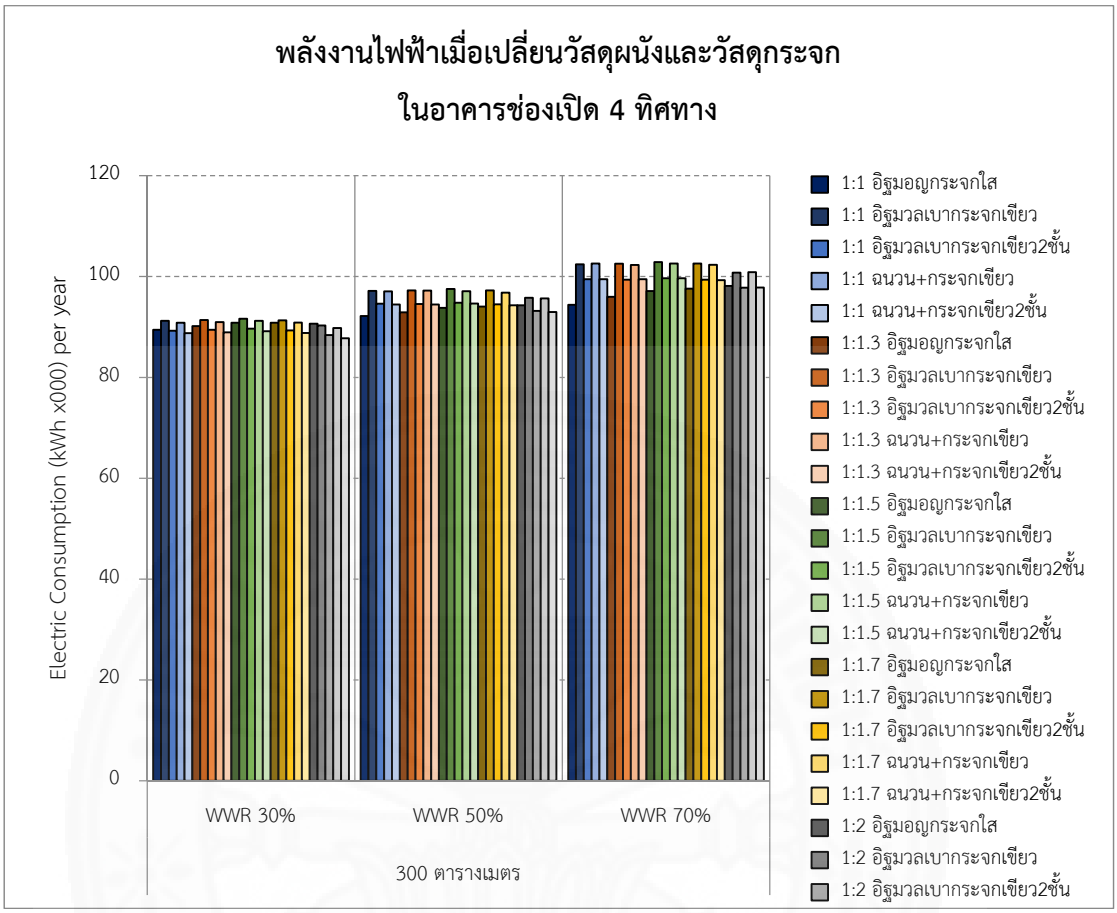


ภาพที่ 4.26 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

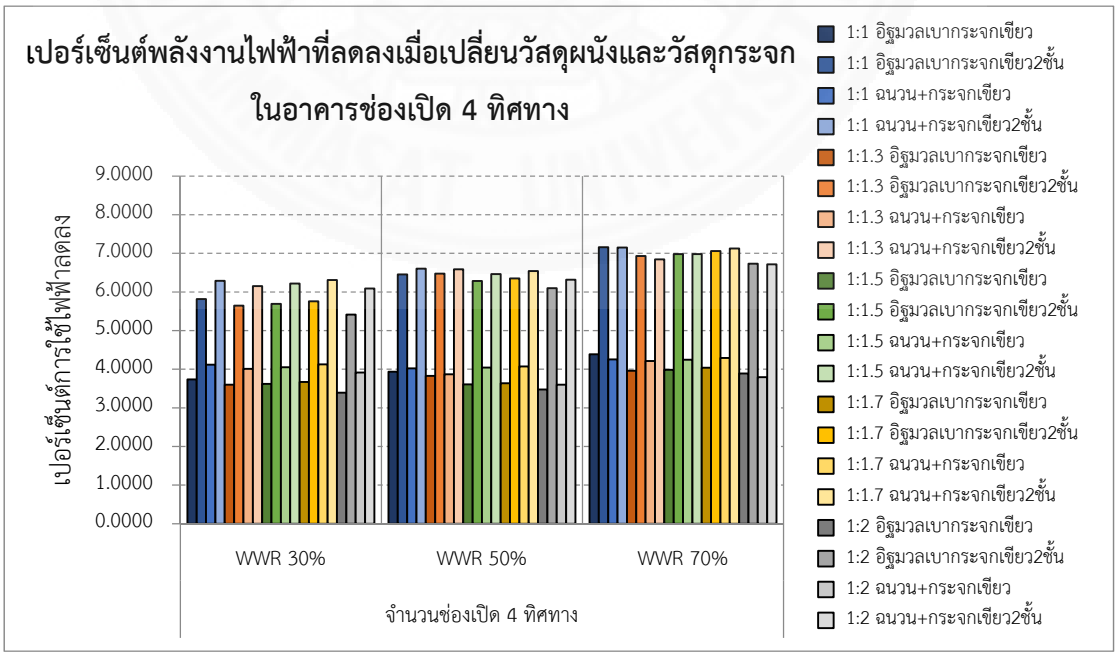
จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นพบว่าในอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนของผนังโดยการเปลี่ยนวัสดุผนังควบคู่ไปกับการเปลี่ยนกระจก จากภาพที่ 4.27 และ 4.28 พบว่า

1. อาคารสัดส่วนช่องเปิด 30% การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นให้ผลการประหยัดพลังงานมากที่สุด รองลงมา คือ การเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้น การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว ให้ผลการลดพลังงานใกล้เคียงกับการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว โดยให้ผลการประหยัดพลังงานน้อยที่สุด

2. อาคารสัดส่วนช่องเปิด 50% และอาคารสัดส่วนช่องเปิด 70% การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นซึ่งให้ผลการลดพลังงานใกล้เคียงกับการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้นให้ผลการประหยัดพลังงานมากที่สุด รองลงมา คือ การเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว 2 ชั้น ถัดมา คือ การเสริมผนังด้วยฉนวน 2 นิ้วและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว และการเปลี่ยนผนังเป็นอิฐมวลเบาและเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกเขียว ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ช่องเปิดของอาคารมีมากการเปลี่ยนวัสดุผนังจึงส่งผลกระทบกับการลดการใช้พลังงานในอาคารน้อยมาก



ภาพที่ 4.27 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 4 ทิศทาง

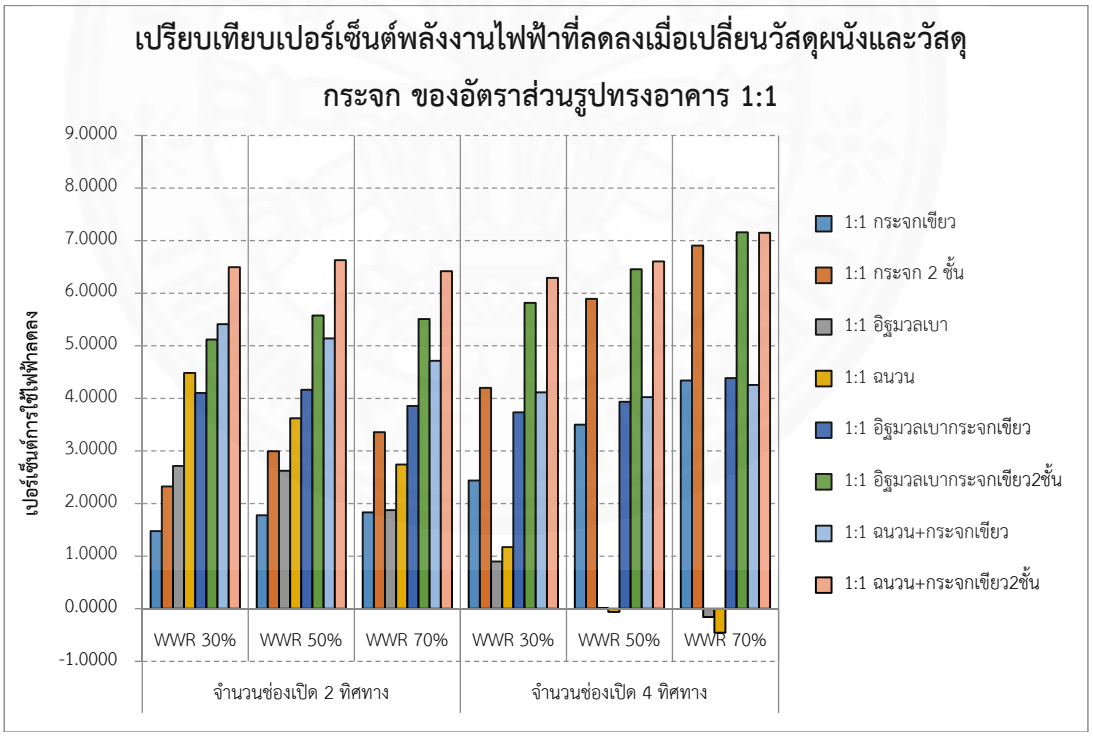


ภาพที่ 4.28 เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนกรอบอาคารของอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง

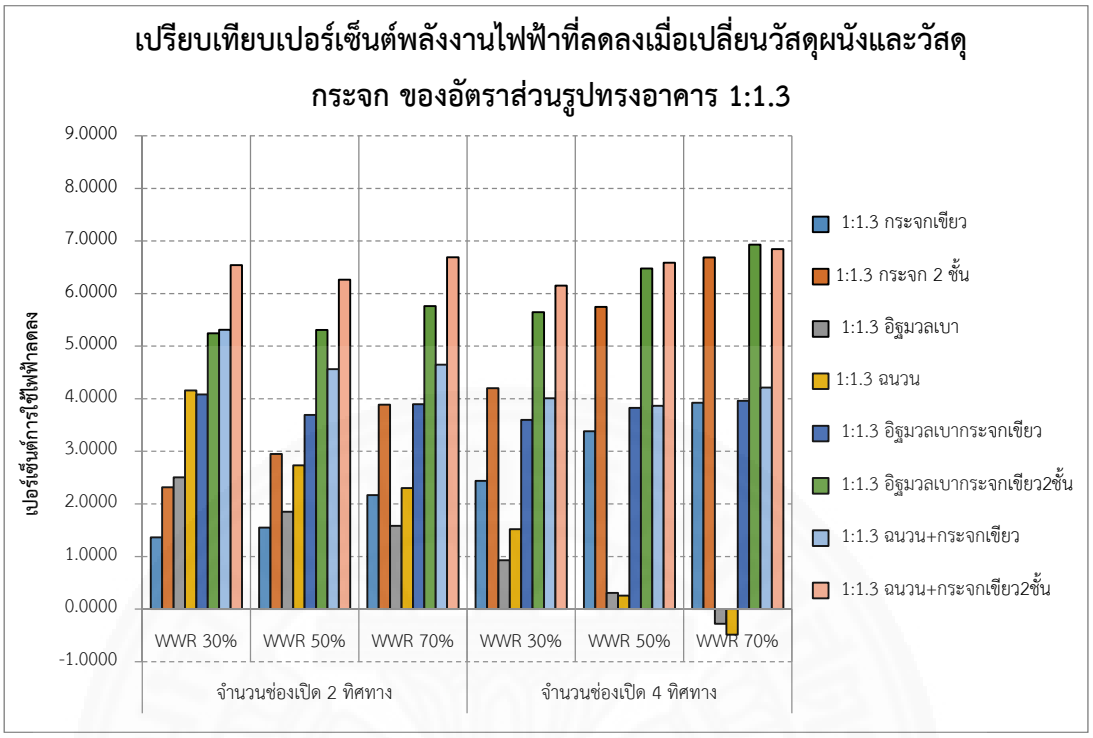
4.2.4 แนวทางการออกแบบวัสดุอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การลดการใช้พลังงานที่เกิดขึ้น จากภาพ 4.29-4.33 พบว่า สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ของช่องเปิดเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีการออกแบบวัสดุอาคาร โดยหากมีสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดมากกว่า 50% ควรใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพมากในการต้านทานความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทางที่มีสัดส่วนช่องเปิดมากกว่า 70% ไม่ควรออกแบบการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงผนังเพียงอย่างเดียวเพราะนอกจากจะไม่ช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานแล้วยังเป็นผลให้การใช้พลังงานภายในอาคารเพิ่มขึ้นอีกด้วย หากต้องการออกแบบโดยใช้วัสดุผนังควรใช้ควบคู่ไปกับวัสดุกระจก

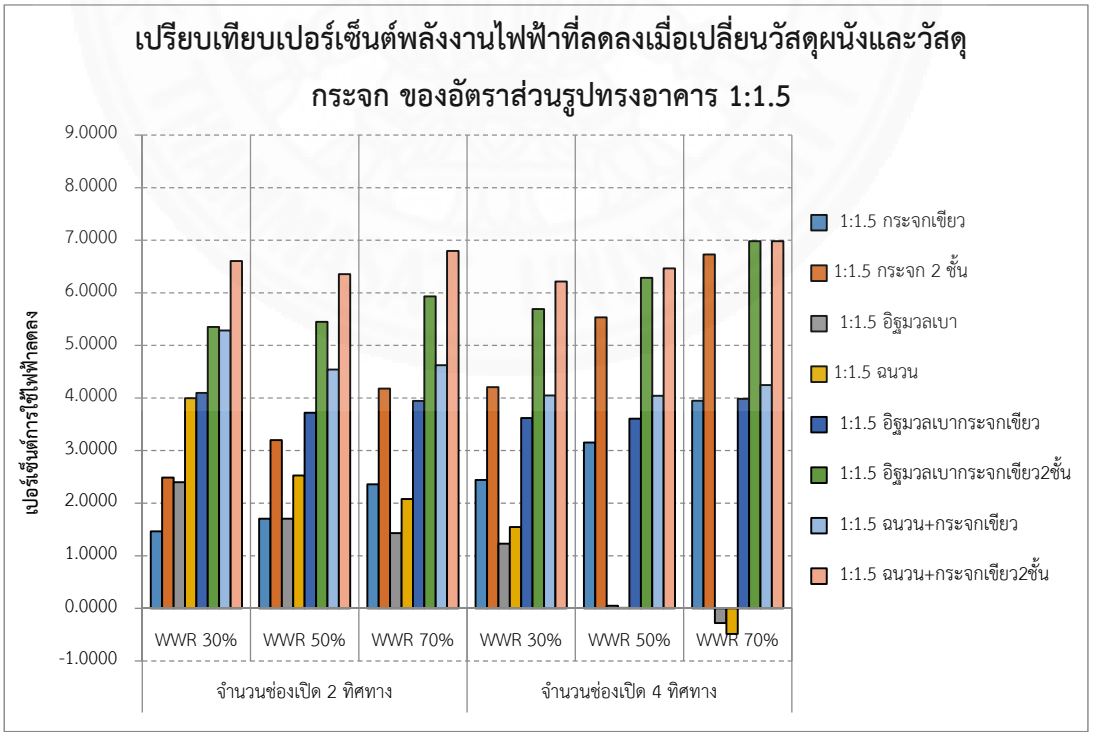
อาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดน้อยกว่า 50% ควรเน้นไปที่การออกแบบวัสดุผนัง เพราะนอกจากจะให้ผลการประหยัดพลังงานที่ดีกว่าการออกแบบวัสดุกระจกแล้วยังมีค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรที่น้อยกว่าการใช้วัสดุกระจก



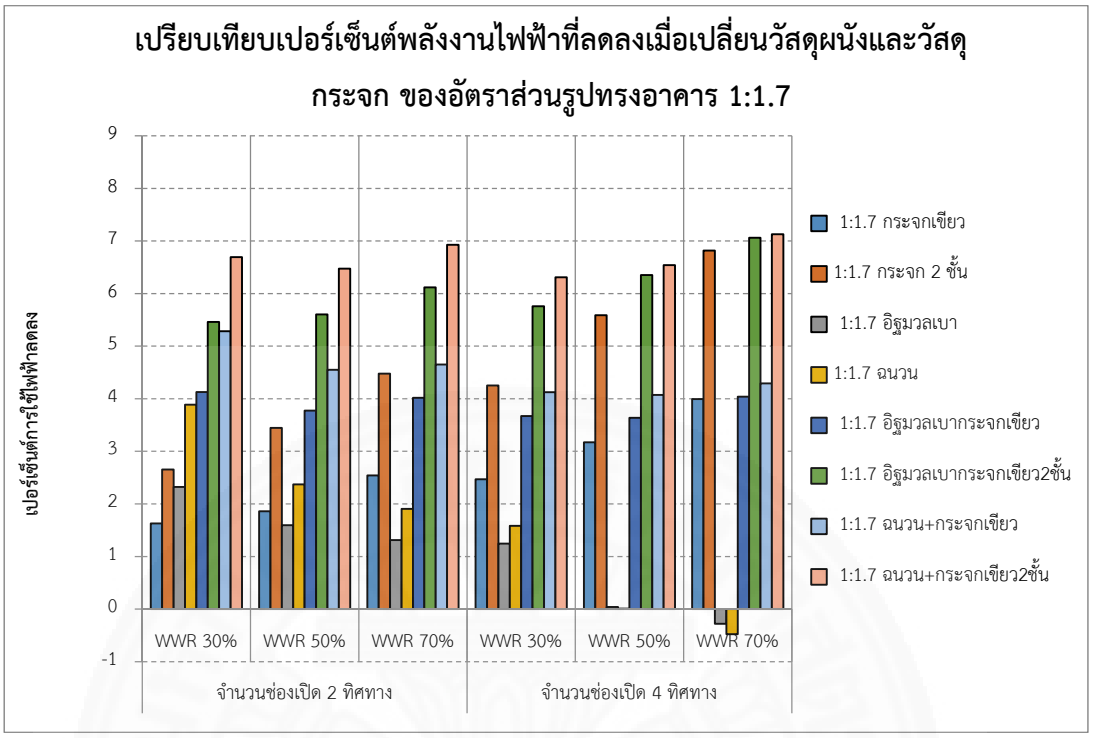
ภาพที่ 4.29 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1



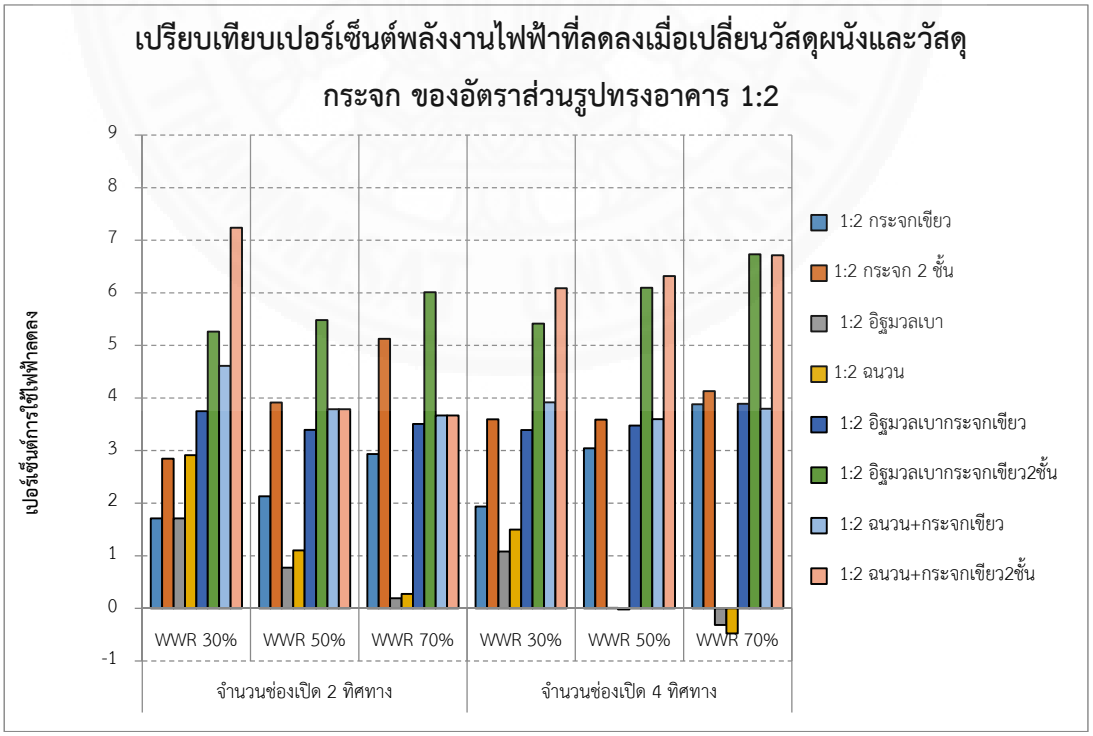
ภาพที่ 4.30 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.3



ภาพที่ 4.31 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.5



ภาพที่ 4.32 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.7



ภาพที่ 4.33 เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:2

แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานรัฐเพื่อการประหยัดลังงานต้องเริ่มจากการกำหนดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร กำหนดจำนวนทิศทางช่องเปิด และกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง

โดยหากเป็นอาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร สัดส่วนช่องเปิด ทิศทางการวางแกนอาคาร อัตราส่วนรูปทรง จะส่งผลน้อยต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

อาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร การเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารจะส่งผลน้อยต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเนื่องจากอาคารมีค่าการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารน้อย

แต่หากเป็นอาคารขนาด 300 ตารางเมตร สัดส่วนช่องเปิดจะส่งผลมากกับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร จากนั้นจึงออกแบบโดยใช้ทิศทางการวางแกนอาคารโดยควรวางอาคารในทิศ เหนือ - ใต้เพื่อ และอัตราส่วนรูปทรงที่ให้ผลการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมโดยต้องดูจากขนาดพื้นที่ใช้สอยและจำนวนทิศทางของช่องเปิด และหากเป็นอาคารขนาด 300 ตารางเมตร ควรเพิ่มเติมการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาและทำการทดลองเพื่อหาแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน เริ่มจากการรวมรวมแนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลต่อความภาระการทำความเย็นภายในอาคาร และทำการศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาคารสำนักงานของรัฐในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การกำหนดต้นแบบอาคารและทำการจำลองผลด้วยโปแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.65 โดยทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีศึกษาทั้งหมดที่เกิดขึ้นเพื่อหาความเกี่ยวข้องและประสิทธิภาพของตัวแปรที่เกิดขึ้นในการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน จากนั้นทำการเลือกอาคารเพื่อมาศึกษาทดลองต่อ โดยการนำมาเพิ่มเติมเทคนิคในการลดความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในกรอบอาคาร และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ สรุปผลการทดลองและแนวทางในการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ข้อสรุปจากการศึกษาวิจัย
    - 1.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน
    - 1.2 ผลการวิเคราะห์เทคนิคการลดความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร
2. แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน
    - 2.1 ความเป็นไปได้ของนโยบายรัฐในการลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลง 20% ในอาคารสำนักงาน
    - 2.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ กับการกำหนดค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร
    - 2.3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน
    - 2.4 แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน
3. ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.1 ข้อสรุปจากการศึกษาวิจัย

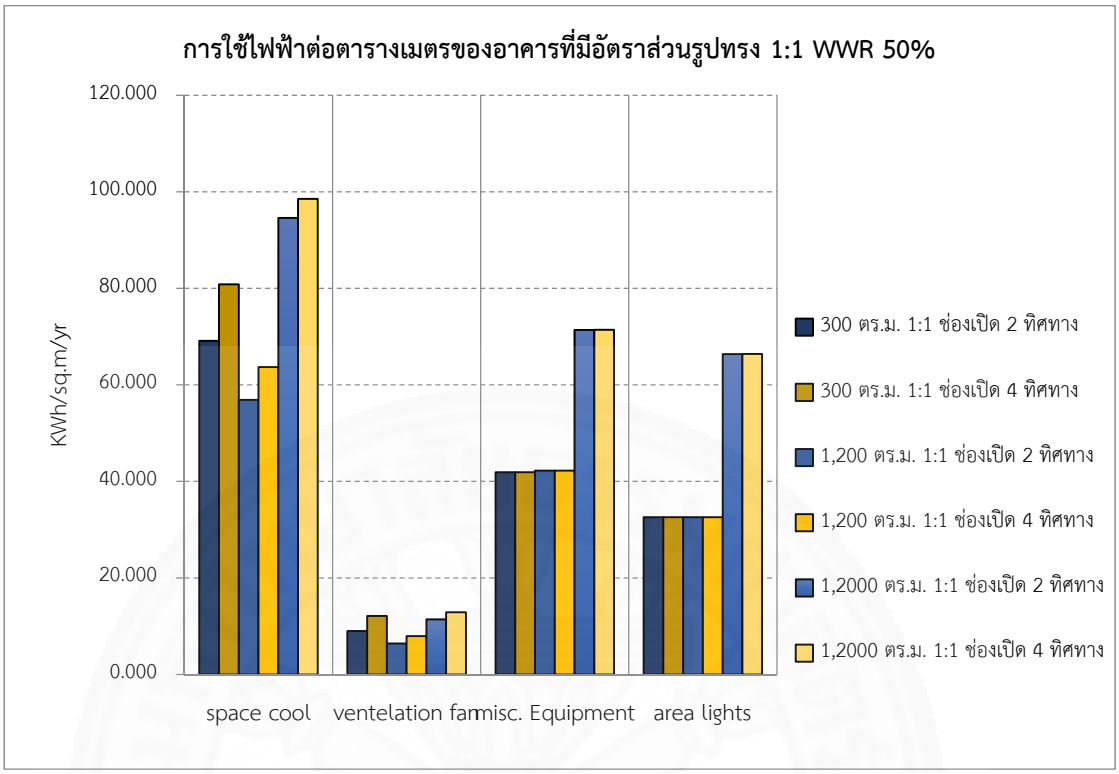
5.1.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน คือ พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเนื่องจากแต่ละขนาดพื้นที่ใช้สอยจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ไม่เหมือนกัน ทั้งอัตราส่วนรูปทรง ทิศทางการวางตัวของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด จำนวนทิศทางของช่องเปิด และเทคนิคที่จะนำมาใช้ส่งเสริมการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน จากการศึกษาอาคารสำนักงานของรัฐสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยได้ประมาณ 3 ขนาด ได้แก่อาคารขนาด 300 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร ซึ่งอาคารแต่ละขนาดจะมีแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์จากภาพ 5.1 และ 5.2 ได้ดังต่อไปนี้

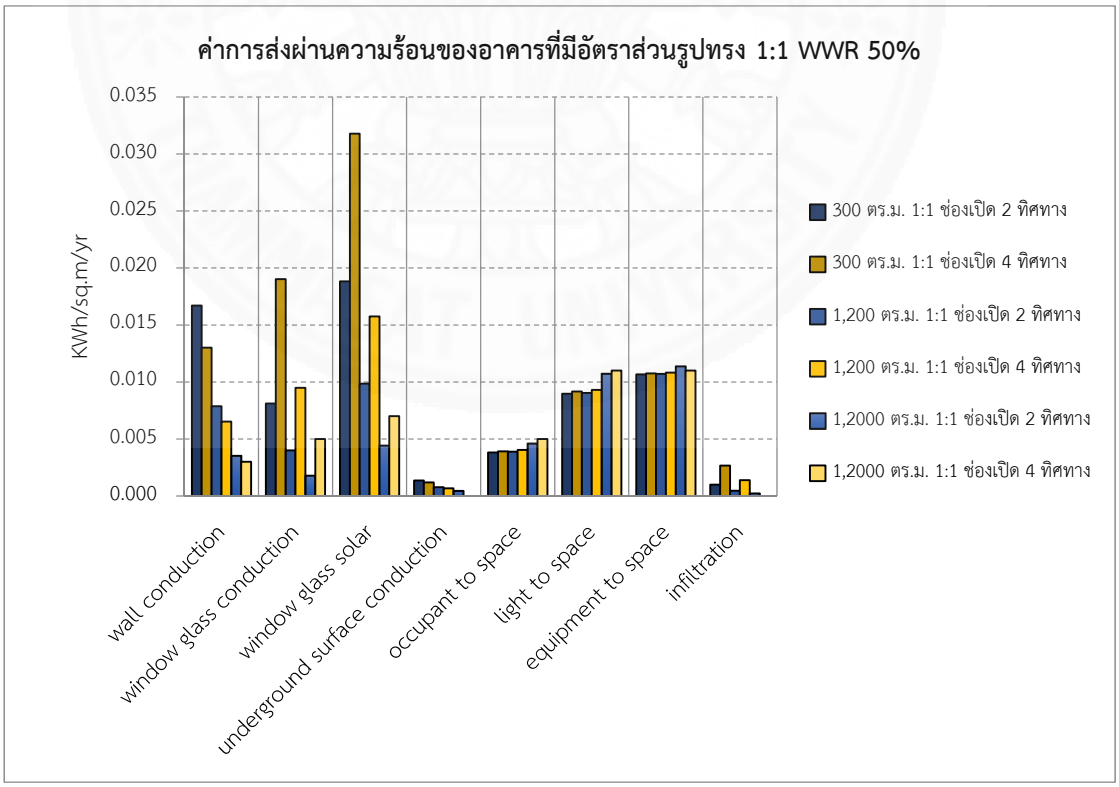
อาคารขนาด 300 ตารางเมตร การออกแบบในเรื่องอัตราส่วนของรูปทรง ทิศทางการวางตัวอาคาร และการกำหนดสัดส่วนช่องเปิดไว้ไม่มากเป็นตัวแปรสำคัญเนื่องจากในอาคารขนาด 300 ตารางเมตร ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารคือการส่งผ่านความร้อนเข้ามาทางกรอบอาคาร ที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็น

สำหรับอาคารขนาด 1,200 ตารางเมตร ควรเน้นไปที่การออกแบบระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคาร และควรเสริมด้วยการออกแบบในเรื่องอัตราส่วนของรูปทรง ทิศทางการวางตัวอาคาร และการกำหนดสัดส่วนช่องเปิด

อาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร ควรเน้นไปที่การออกแบบระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง เป็นต้น เนื่องจากผลจากการเปลี่ยนอัตราส่วนของรูปทรง ทิศทางการวางตัวอาคาร และการกำหนดสัดส่วนช่องเปิดส่งผลการประหยัดพลังงานต่ออาคารขนาด 12,000 ตารางเมตร ในเปอร์เซ็นต์ที่น้อยมาก



ภาพที่ 5.1 การใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตรของอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรง 1:1 WWR 50%



ภาพที่ 5.2 ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคารที่มีอัตราส่วนรูปทรง 1:1 WWR 50%

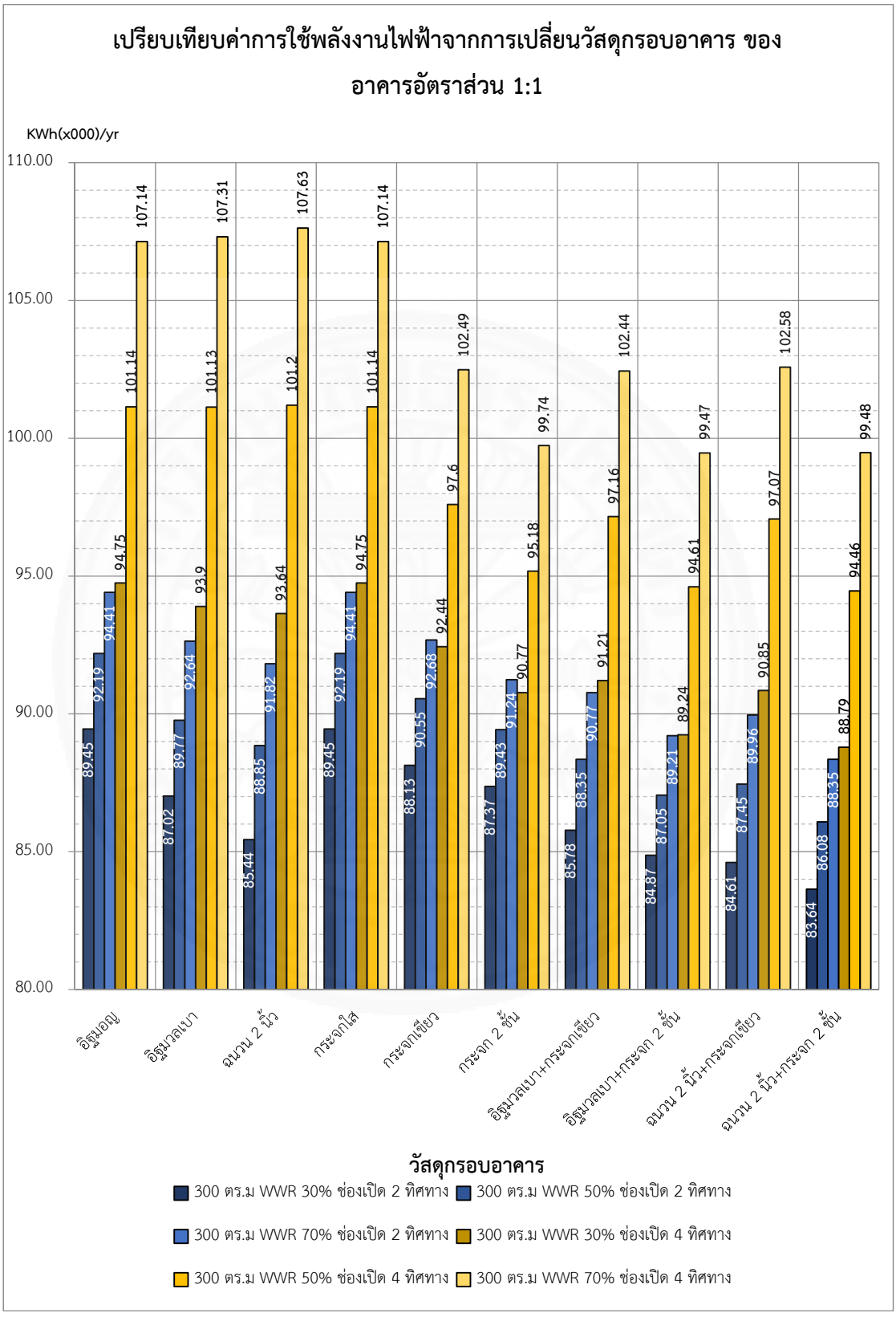
5.1.2 ผลการวิเคราะห์เทคนิคการลดความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร

เป็นการทดลองโดยเลือกอาคารกรณีศึกษาจากการทดลองที่ 1 เพื่อนำมาทดลองต่อ โดยได้เลือกอาคารขนาด 300 ตารางเมตร เนื่องจากเป็นอาคารที่ต้องลดความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคาร เทคนิคการลดความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคารที่เลือกมาทำการทดลองในงานวิจัยคือการเปลี่ยนชนิดกระจก และวัสดุผนัง โดยผลการประหยัดพลังงานจะขึ้นกับจำนวนทิศทางของช่องเปิดของอาคาร และสัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง โดยวิเคราะห์จากภาพ 5.3 ได้ดังต่อไปนี้

สำหรับในกรณีอาคารที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง การเปลี่ยนวัสดุกระจกจะส่งผลประหยัดพลังงานมากกับอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมาก และการเปลี่ยนวัสดุผนังจะส่งผลประหยัดพลังงานมากกับอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดน้อย โดยหากต้องเลือกระหว่างการเปลี่ยนวัสดุกระจกกับผนังต้องพิจารณาจากพื้นที่ช่องเปิดของอาคาร หากอาคารมีช่องเปิดมากกว่า 50% ควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนกระจก แต่หากอาคารมีช่องเปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50% ควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนวัสดุผนัง

สำหรับในกรณีอาคารที่มีช่องเปิด 4 ทิศทาง การเปลี่ยนวัสดุกระจกจะส่งผลประหยัดพลังงานจะแปรผกผันตามอัตราส่วนรูปทรงของอาคาร และทิศทางการวางตัวของอาคารที่ประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนวัสดุผนังจะส่งผลประหยัดพลังงานมากกับอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดน้อยและหากอาคารมีสัดส่วนช่องเปิดมากขึ้นการเปลี่ยนผนังจะไม่ช่วยให้อาคารมีการประหยัดพลังงานมากขึ้นทั้งยังทำให้เกิดการใช้พลังงานภายในอาคารมากขึ้นด้วย โดยหากต้องเลือกระหว่างการเปลี่ยนวัสดุกระจกกับผนังต้องพิจารณาจากพื้นที่ช่องเปิดของอาคาร หากอาคารมีช่องเปิดมากกว่า 30% ควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนกระจกเพราะหากเปลี่ยนวัสดุผนังจะทำให้ค่าใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้น แต่หากอาคารมีช่องเปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30% ควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนวัสดุผนัง

โดยหากต้องการเปลี่ยนวัสดุทั้งกระจกและผนัง ต้องวิเคราะห์จากพื้นที่ช่องเปิดเช่นเดียวกัน ในอาคารช่องเปิด 2 ทิศทาง ควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนผนังสามารถเสริมโดยการเปลี่ยนกระจกแต่ให้ผลการประหยัดพลังงานไม่แตกต่างมากนักกับการเปลี่ยนผนังโดยการใส่ฉนวน 2 นิ้วเพียงอย่างเดียว สำหรับอาคารช่องเปิด 4 ทิศทางควรเลือกลงทุนในการเปลี่ยนกระจกสามารถเสริมโดยการเปลี่ยนผนังแต่ให้ผลการประหยัดพลังงานไม่แตกต่างมากนักกับการเปลี่ยนกระจก 2 ชั้นเพียงอย่างเดียว

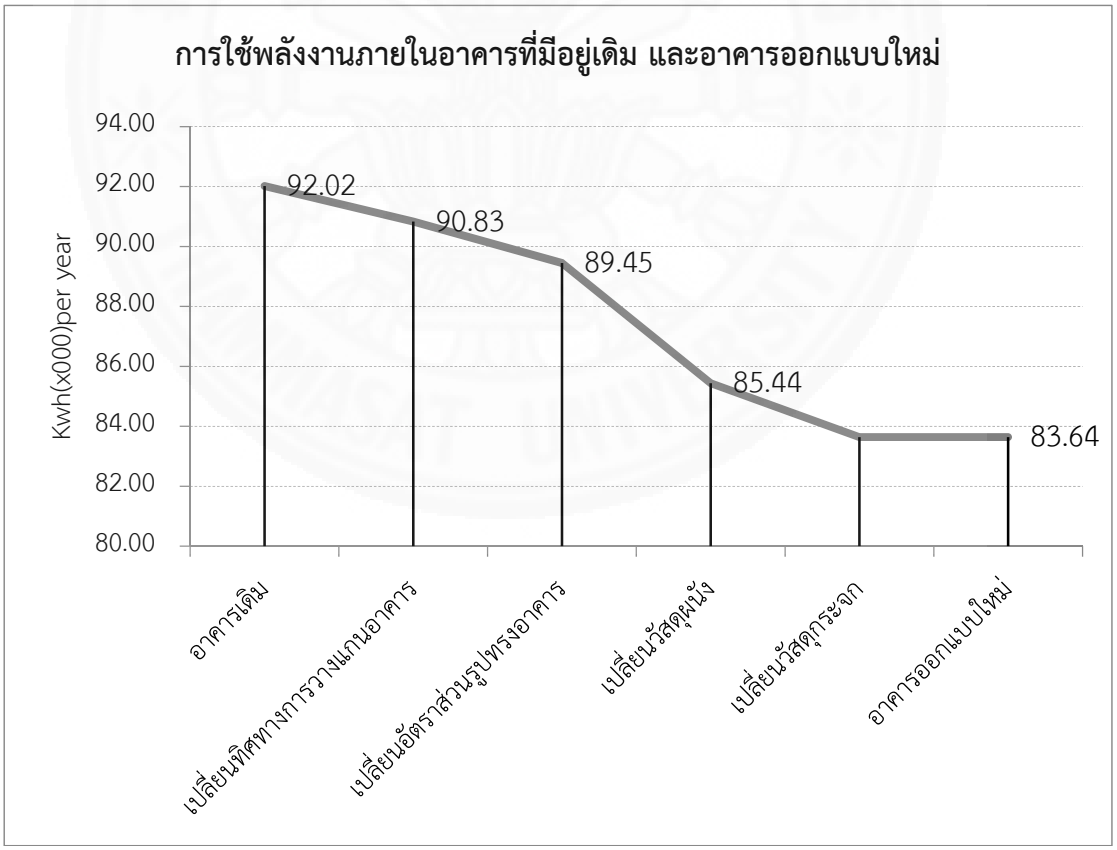


ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร

5.2 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

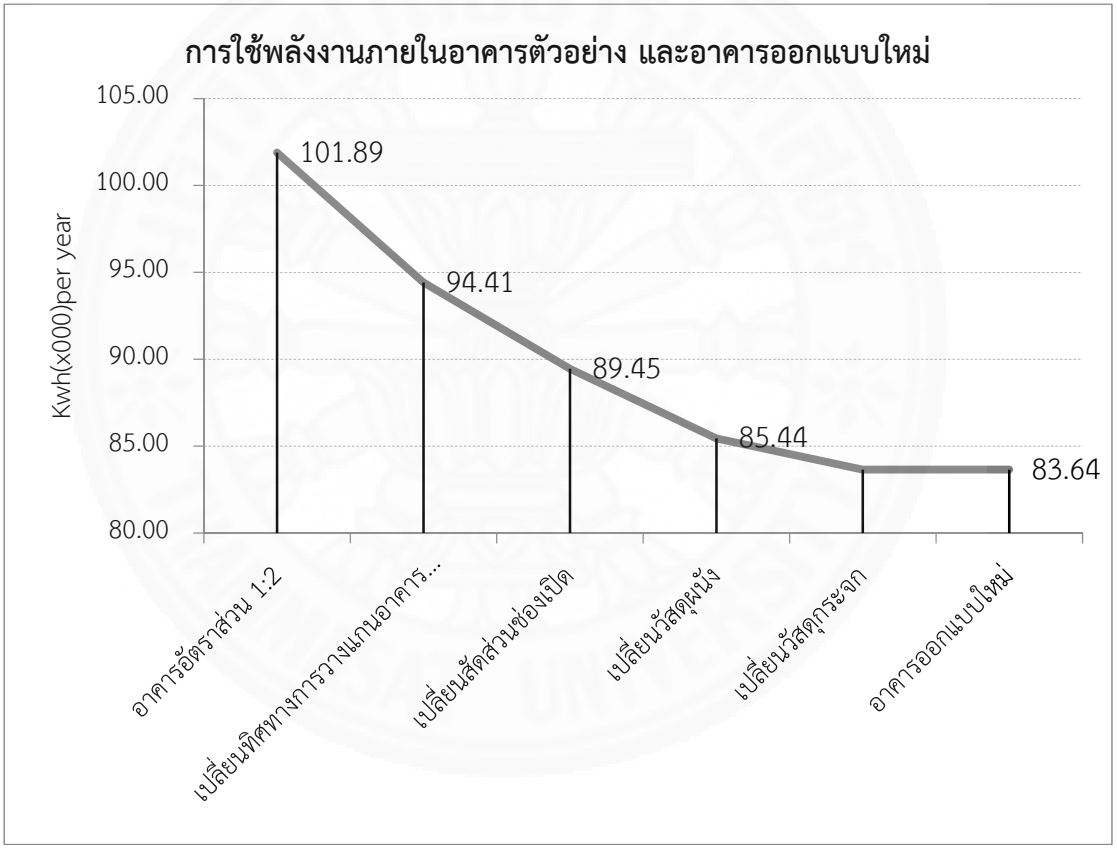
5.2.1 ความเป็นไปได้ของนโยบายรัฐในการลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลง 20% ในอาคารสำนักงาน

จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของกระทรวงพลังงาน ที่ต้องการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy) ลง 20% ในปี พ.ศ. 2573 จึงทำการออกแบบอาคารจากผลการศึกษาตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง และทำการเปรียบเทียบกับอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งคืออาคารพื้นที่ใช้สอย 300 ตารางเมตร อัตราส่วนรูปทรง 1:1.5 วางแกนอาคารทิศตะวันออก-ตะวันตก ช่อเปิด 2 ทิศทาง สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 30% กรอบอาคารใช้อิฐมอญ และกระจกใส พบว่า จากการเปลี่ยนอัตราส่วนรูปทรงเป็น 1:1 วางแกนอาคารทิศเหนือ-ใต้ กรอบอาคารใช้อิฐมอญเสริมฉนวน และกระจกเขียว โดยอาคารยังคงมีช่องเปิด 2 ทิศทาง และสัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 30% สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 9.11% ดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างอาคารที่มีอยู่เดิม และอาคารออกแบบใหม่

จากการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมดไม่สามารถลดพลังงานได้ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี แต่ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยได้ศึกษาเพียงแค่ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร โดยไม่ได้ครอบคลุมในส่วนของระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร และเนื่องจากอาคารเป็นอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดน้อย ทดลองเปรียบเทียบโดยเลือกอาคารอัตราส่วน 1:2 วางแกนอาคารทิศตะวันออก-ตะวันตก ช่อเปิด 2 ทิศทาง สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 70% โดยทำการเปลี่ยนอัตราส่วนรูปทรงเป็น 1:1 วางแกนอาคารทิศเหนือ-ใต้ สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 30% กรอบอาคารใช้อิฐมอญเสริมฉนวน และกระจกเขียว พบว่า สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 13.29% ดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างอาคารตัวอย่าง และอาคารออกแบบใหม่

สามารถสรุปได้ว่าถ้ามีการปรับปรุงเรื่องระบบอาคารควบคู่ไปกับการออกแบบกรอบอาคาร แผนการอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีมีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ขนาดพื้นที่ใช้สอย สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง อัตราส่วนรูปทรงอาคาร และวิธีการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน

5.2.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ กับการกำหนดค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร

ปัจจุบันทางรัฐบาลได้กำหนดค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรไว้สำหรับอาคารราชการ เพื่อไม่ให้เกินงบประมาณ และไม่ให้เกิดความเหลื่อมล้ำกันระหว่างองค์กร เมื่อพิจารณาค่าใช้ไฟฟ้าจ่ายที่เกิดขึ้นโดยเทียบจากอาคารปัจจุบันที่มีอยู่จริงคืออาคารขนาด 300 ตร.ม อัตราส่วนรูปทรงอาคาร 1:1.5 มีทิศทางช่องเปิดจำนวน 2 ทิศทาง สัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 30% และกำหนดให้อาคารวางตัวในทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยทำการปรับปรุงทิศทางการวางตัวอาคาร อัตราส่วนรูปทรงอาคาร เปลี่ยนวัสดุกระจก และเปลี่ยนวัสดุผนัง ทั้งหมด 12 กรณี รายละเอียดดังตารางที่ 5.1

พบว่าเมื่อการคำนวณค่าใช้จ่ายและค่าไฟที่เกิดขึ้น พบว่า การออกแบบในแต่ละกรณีมีระยะเวลาในการคืนทุนไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 5.2 หากพิจารณาตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของกระทรวงพลังงานพบว่าเมื่อคำนวณระยะเวลาการใช้อาคารถึงปี พ.ศ.2573 เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารเดิม

- อาคารกรณีที่ 15 คือการเสริมฉนวน 2 นิ้วและใช้กระจกเขียว ส่งผลให้อาคารสามารถลดค่าไฟฟ้ารวมได้มากที่สุด 182,152.60 บาทหรือเท่ากับการลดค่าไฟฟ้าลง 303.59 บาท/ตร.ม. ในปีที่ 15 ของการใช้อาคาร หรือเท่ากับ 28.34 บาท/ตร.ม. /ปี มีค่าก่อสร้างเพิ่มจากอาคารเดิม 55,859.58 บาทหรือเท่ากับ 93.16 บาท/ตร.ม. โดยที่มีการคืนทุนในปีที่ 5
- อาคารกรณีที่ 4 เป็นกรณีที่ไม่มีการเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มแล้วสามารถลดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุดปรับอัตราส่วนรูปทรงอาคารให้เป็นอัตราส่วน 1:1 สามารถลดได้ 82,563.31 บาทหรือเท่ากับการลดค่าไฟฟ้าลง 137.61 บาท/ตร.ม. ในปีที่ 15 ของการใช้อาคาร หรือเท่ากับ 9.83 บาท/ตร.ม. /ปี
- อาคารกรณีที่ 6 เป็นกรณีที่ไม่ควรลงทุนที่สุดคือเปลี่ยนเป็นกระจก 2 ชั้น เนื่องจากมีการคืนทุนช้าที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อาคารมีพื้นที่ช่องเปิดน้อยไม่เหมาะที่จะใช้เทคนิคการเปลี่ยนวัสดุกระจกเพื่อการประหยัดพลังงาน

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากเพิ่มค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานของอาคารได้ในระยะยาว เพราะฉะนั้นการออกแบบในอนาคตทางรัฐบาลควรพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารควบคู่ไปกับการกำหนดค่าก่อสร้าง

ตารางที่ 5.1

กรณีศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน

กรณีศึกษา	300 ตร.ม.	วางแนวตามแกนทิศเหนือ-ใต้	วางแนวตามแกนทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	ช่องเปิด 2 ทิศทาง	ช่องเปิด 4 ทิศทาง	WWR 30%	WWR 50%	WWR 70%	อัตราส่วนรูปทรงอาคาร	กระจกใส	กระจกเขียว	กระจก 2 ชั้น	ผนังอิฐมอญ	ผนังอิฐมวลเบา	ผนังอิฐมอญ+ฉนวน 2 นิ้ว
1. Base case	✓		✓	✓		✓			1:1.5	✓			✓		
2. ปรับทิศทางการวางตัวอาคาร	✓	✓		✓		✓			1:1.5	✓			✓		
3. ปรับอัตราส่วนรูปทรงอาคาร	✓	✓		✓		✓			1.1.3	✓			✓		
4. ปรับอัตราส่วนรูปทรงอาคาร	✓	✓		✓		✓			1:1	✓			✓		
5. 1:1.5 เปลี่ยนเป็นกระจกสีเขียว	✓	✓		✓		✓			1:1.5		✓		✓		
6. 1:1.5 เปลี่ยนเป็นกระจก 2 ชั้น	✓	✓		✓		✓			1:1.5			✓	✓		
7. 1:1.5 เปลี่ยนเป็นอิฐมวลเบา	✓	✓		✓		✓			1:1.5	✓				✓	
8. 1:1.5 เสริมฉนวน 2 นิ้ว	✓	✓		✓		✓			1:1.5	✓					✓
9. 1:1 เปลี่ยนเป็นกระจกสีเขียว	✓	✓		✓		✓			1:1		✓		✓		
10. 1:1 เปลี่ยนเป็นกระจก 2 ชั้น	✓	✓		✓		✓			1:1			✓	✓		
11. 1:1 เปลี่ยนเป็นอิฐมวลเบา	✓	✓		✓		✓			1:1	✓				✓	
12. 1:1 เสริมฉนวน 2 นิ้ว	✓	✓		✓		✓			1:1	✓					✓
13. อิฐมวลเบา+กระจกเขียว	✓	✓		✓		✓			1:1		✓			✓	
14. อิฐมวลเบา+กระจก 2 ชั้น	✓	✓		✓		✓			1:1			✓		✓	
15. ฉนวน 2 นิ้ว+กระจกเขียว	✓	✓		✓		✓			1:1		✓				✓
16. ฉนวน 2 นิ้ว+กระจก 2 ชั้น	✓	✓		✓		✓			1:1			✓			✓

ตารางที่ 5.2

ระยะเวลาการคืนทุนในแต่ละกรณีการออกแบบ

ปีที่	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
พ.ศ.	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	ค่าไฟต่อปี
1. Base case (ค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นต่อปี)	0.00	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29	211,158.29
2. ปรับทิศทางการวางตัวอาคาร	0.00	-2,730.69	-5,461.39	-8,192.08	-10,922.77	-13,653.47	-16,384.16	-19,114.85	-21,845.54	-24,576.24	-27,306.93	-30,037.62	-32,768.32	-35,499.01	-38,229.70	208,427.60
3. ปรับอัตราส่วนรูปทรงอาคาร	0.00	-4,199.30	-8,398.60	-12,597.90	-16,797.20	-20,996.51	-25,195.81	-29,395.11	-33,594.41	-37,793.71	-41,993.01	-46,192.31	-50,391.61	-54,590.91	-58,790.21	206,958.99
4. ปรับอัตราส่วนรูปทรงอาคาร	0.00	-5,897.38	-11,794.76	-17,692.14	-23,589.52	-29,486.90	-35,384.27	-41,281.65	-47,179.03	-53,076.41	-58,973.79	-64,871.17	-70,768.55	-76,665.93	-82,563.31	205,260.92
5. เปลี่ยนเป็นกระจกสีเขียว	16,885.95	11,103.31	5,320.67	-461.98	-6,244.62	-12,027.27	-17,809.91	-23,592.55	-29,375.20	-35,157.84	-40,940.49	-46,723.13	-52,505.77	-58,288.42	-64,071.06	205,375.65
6. เปลี่ยนเป็นกระจก 2 ชั้น	92,111.23	84,194.51	76,277.80	68,361.08	60,444.37	52,527.65	44,610.94	36,694.22	28,777.51	20,860.79	12,944.08	5,027.36	-2,889.35	-10,806.07	-18,722.78	203,241.58
7. เปลี่ยนเป็นอิฐมวลเบา	49,817.03	42,083.89	34,350.75	26,617.61	18,884.47	11,151.33	3,418.19	-4,314.95	-12,048.08	-19,781.22	-27,514.36	-35,247.50	-42,980.64	-50,713.78	-58,446.92	203,425.16
8. เสริมฉนวน 2 นิ้ว	41,781.19	30,720.74	19,660.29	8,599.83	-2,460.62	-13,521.08	-24,581.53	-35,641.98	-46,702.44	-57,762.89	-68,823.35	-79,883.80	-90,944.25	-102,004.71	-113,065.16	200,097.84
9. เปลี่ยนเป็นกระจกสีเขียว	13,773.53	4,847.14	-4,079.24	-13,005.62	-21,932.01	-30,858.39	-39,784.77	-48,711.15	-57,637.54	-66,563.92	-75,490.30	-84,416.69	-93,343.07	-102,269.45	-111,195.84	202,231.91
10. เปลี่ยนเป็นกระจก 2 ชั้น	75,133.23	64,462.88	53,792.52	43,122.17	32,451.81	21,781.46	11,111.10	440.75	-10,229.61	-20,899.96	-31,570.32	-42,240.67	-52,911.03	-63,581.38	-74,251.74	200,487.94
11. เปลี่ยนเป็นอิฐมวลเบา	50,228.21	38,754.71	27,281.21	15,807.71	4,334.21	-7,139.29	-18,612.79	-30,086.29	-41,559.79	-53,033.29	-64,506.79	-75,980.29	-87,453.79	-98,927.29	-110,400.79	199,684.79
12. เสริมฉนวน 2 นิ้ว	42,126.05	27,026.93	11,927.80	-3,171.33	-18,270.45	-33,369.58	-48,468.70	-63,567.83	-78,666.96	-93,766.08	-108,865.21	-123,964.33	-139,063.46	-154,162.59	-169,261.71	196,059.17
13. อิฐมวลเบา+กระจกเขียว	64,001.74	49,682.81	35,363.88	21,044.95	6,726.02	-7,592.90	-21,911.83	-36,230.76	-50,549.69	-64,868.62	-79,187.54	-93,506.47	-107,825.40	-122,144.33	-136,463.26	196,839.37
14. อิฐมวลเบา+กระจก 2 ชั้น	125,361.44	108,954.34	92,547.23	76,140.13	59,733.02	43,325.92	26,918.81	10,511.71	-5,895.40	-22,302.50	-38,709.61	-55,116.71	-71,523.82	-87,930.92	-104,338.03	194,751.19
15. ฉนวน 2 นิ้ว+กระจกเขียว	55,899.58	38,895.85	21,892.12	4,888.40	-12,115.33	-29,119.06	-46,122.78	-63,126.51	-80,130.24	-97,133.97	-114,137.69	-131,141.42	-148,145.15	-165,148.87	-182,152.60	194,154.57
16. ฉนวน 2 นิ้ว+กระจก 2 ชั้น	117,259.29	98,029.70	78,800.11	59,570.53	40,340.94	21,111.36	1,881.77	-17,347.82	-36,577.40	-55,806.99	-75,036.57	-94,266.16	-113,495.75	-132,725.33	-151,954.92	191,928.71
	หมายเหตุ *ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีแรกคือค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจากอาคารต้นแบบ															
	TEXT	หมายถึง ระยะเวลาการคืนทุน														

5.2.3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

สำหรับอาคารที่มีการวางแผนออกแบบใหม่ สามารถพิจารณาได้ดังนี้ โดยที่มีวิธีการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานที่ต่างกันตามขนาดพื้นที่ใช้สอย โดยสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3

แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อการประหยัดพลังงาน

พื้นที่ภายในอาคาร	จำนวนทิศทางช่องเปิด	สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง	อัตราส่วนอาคาร	การวางแนวอาคาร	วัสดุผนัง	วัสดุกระจก	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง
12,000	2 ทิศทาง	30%	-	-	-	-		
		50%	-	-	-	-		
		70%	-	-	-	-		
	4 ทิศทาง	30%	-	-	-	-		
		50%	-	-	-	-		
		70%	-	-	-	-		
1,200	2 ทิศทาง	30%	1:1	เหนือ-ใต้	-	-	-	
		50%	1:1	เหนือ-ใต้	-	-	-	
		70%	1:1	เหนือ-ใต้	-	-	-	
	4 ทิศทาง	30%	1:1	-	-	-	-	
		50%	1:1	-	-	-	-	
		70%	1:1	เหนือ-ใต้	-	-	-	
300	2 ทิศทาง	30%	1:1	เหนือ-ใต้	เสริมฉนวน	กระจก2ชั้น	-	-
		50%	1:1	เหนือ-ใต้	เสริมฉนวน	กระจก2ชั้น	-	-
		70%	1:1	เหนือ-ใต้	เสริมฉนวน	กระจก2ชั้น	-	-
	4 ทิศทาง	30%	1:2	เหนือ-ใต้	เสริมฉนวน	กระจก2ชั้น	-	-
		50%	1:2	เหนือ-ใต้	เสริมฉนวน	กระจก2ชั้น	-	-
		70%	1:2	เหนือ-ใต้	มวลเบา	กระจก2ชั้น	-	-

1	สำคัญที่สุด ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 1	4	ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 4
2	ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 2	-	ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานน้อย
3	ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 3		

5.2.4 แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน

เนื่องจากการปรับปรุงอาคารไม่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราส่วนรูปทรงอาคาร ทิศทางการวางแกนอาคาร สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง แต่สามารถปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร โดยผลจากการศึกษา พบว่าอาคารที่อัตราส่วนรูปทรงอาคาร และสัดส่วนช่องเปิดที่แตกต่าง มีเทคนิคการออกแบบวัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานที่ต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4

แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อการประหยัดพลังงาน

พื้นที่ภายในอาคาร	อัตราส่วนรูปทรง	จำนวนทิศทางช่องเปิด	สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง	วัสดุผนัง	วัสุกระจก
300 ตร.ม.	1:1	2	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจกเขียว
			50%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			70%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
		4	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	อิฐมวลเบา	กระจก 2 ชั้น
			70%	-	กระจก 2 ชั้น
	1:1.3	2	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจกเขียว
			50%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			70%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
		4	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	-	กระจก 2 ชั้น
			70%	-	กระจก 2 ชั้น
	1:1.5	2	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจกเขียว
			50%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			70%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
		4	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	-	กระจก 2 ชั้น
			70%	-	กระจก 2 ชั้น

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐ เพื่อการประหยัดพลังงาน

พื้นที่ภายในอาคาร	อัตราส่วนรูปทรง	จำนวนทิศทางช่องเปิด	สัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง	วัสดุผนัง	วัสุกระจก
300 ตร.ม.	1:1.7	2	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจกเขียว
			50%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			70%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
		4	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	-	กระจก 2 ชั้น
			70%	-	กระจก 2 ชั้น
	1:2	2	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	อิฐมวลเบา	กระจก 2 ชั้น
			70%	-	กระจก 2 ชั้น
		4	30%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			50%	ฉนวน 2 ชั้น	กระจก 2 ชั้น
			70%	อิฐมวลเบา	กระจก 2 ชั้น
วัสดุ	สำคัญที่สุด ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 1				
วัสดุ	หากต้องการเปลี่ยนวัสดุเพิ่มเติม ส่งผลประหยัดพลังงานเป็นอันดับที่ 2				
-	ไม่ส่งผล หรือส่งผลน้อยต่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร				
หมายเหตุ ทิศทางการวางแกนอาคารไม่ส่งผลต่อการเลือกใช้วัสดุ					

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

1. งานวิจัยมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะการออกแบบอาคารได้แก่ ทิศทางการวางตัวของอาคาร อัตราส่วนรูปทรงของอาคาร จำนวนทิศทางของช่องเปิด สัดส่วนของช่องเปิดต่อผนังของอาคาร และวัสดุกรอบอาคาร ไม่ครอบคลุมถึงการออกแบบงานระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร ซึ่งควรมีการศึกษาระบบปรับอากาศ และระบบส่องสว่างเพิ่มเติมเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ออกแบบในการพิจารณาเลือกใช้

2. เรื่องวัสดุกรอบอาคารในงานวิจัยเลือกศึกษาอาคารขนาด 300 ตารางเมตร เท่านั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอาคารขนาด 1,200 และ 12,000 ตารางเมตร เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้น และเป็นทางเลือกในการออกแบบ

3. งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอาคารที่มีผังอาคารเป็นรูปทรงเหลี่ยม ซึ่งในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในรูปทรงลักษณะอื่น ๆ เช่น อาคารรูปทรงตัวแอล ตัวซี หรือ อาคารที่มีคอร์ดตรงการ เพื่อความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งาน

4. การประเมินระยะเวลาการคืนทุนเป็นการคำนวณในเบื้องต้นเท่านั้น ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดการติดตั้งวัสดุ ค่าแรง อัตราค่าเงินเฟ้อ และอัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแต่ละปี รวมไปถึงคุณสมบัติและราคาของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

ASHRAE. (2010). *ASHRAE handbook-Fundamentals (SI) 2010.* Chapter 1. Atlanta: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Olgyay V. (1992). *Design with climate Bioclimatic Approach to architectural Regionalism*. New York . Van Nostrand reinhold

บทความวารสาร

กระทรวงพลังงาน (2554). *แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน*. เอกสารประกอบการบรรยาย, กระทรวงพลังงาน.

สุรพงศ์ จิริรัตนานนท์. (2543). *แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานและการประเมินศักยภาพการใช้พลังงานในอาคารพาณิชย์ โดยใช้โปรแกรม DOE-2*. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศฯ ปีที่3 เล่มที่ 5 พฤศจิกายน 2543.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2550).*การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์* Journal of Architectural / planning Research and studies volume 5(1).

Imran, I. (2005). *Parametric analysis of alternative energy conservation measures in an office building in hot and humid climate*. Building and Environment 42 (2007) 2166–2177.

Surapong, C. (2011). Thermal performance and cost effectiveness of wall insulation under Thai climate. Energy and Building 45 (2012) 82-90.

Yael Valerie, P., & Isaac Guedi, C. (2009). *Climatic considerations in school building design in the hot–humid climate for reducing energy consumption*. Applied Energy 86 (2009) 340–348.

วิทยานิพนธ์

การุณย์ ศุภมิตรโยธิน. (2548). *การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ณัฐภูมิ รับคำอินทร์. (2552).*อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ดลยา ศิริปรุ. (2548). *แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน : กรณีศึกษาอาคารสำนักงานเทศบาลนคร จ.นครราชสีมา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ธีรวัต วงษ์กมลเศรษฐ์. (2556). *การประยุกต์ใช้มวลอุณหภาพเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ปริมลาภ วสุวัต. (2542). *กลยุทธการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานราชการ : กรณีศึกษาอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ ดอนเมือง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ปวิตร คงพร้อมพงศ์. (2554). *การออกแบบและพัฒนารูปแบบผนังอาคารสูงพักอาศัยที่มีการปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ภัทริน จินดาวัฒนานนท์. (2551). *การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มทุนในการใช้ฉนวนกันความร้อนที่หลังคาของบ้านพักอาศัย ในกรุงเทพฯ และเชียงใหม่* . (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ภาณิตภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา. (2556). *ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานเมื่อมีการกำหนดพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารตามทิศ* . (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ยุทธจักร หินทอง. (2556). *การศึกษาแนวทางอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร : กรณีศึกษา อาคารอำนวยการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.

รฐา จิตติวิสุทธิกุล. (2557). *ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารสำนักงานโดยการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารในเขตร้อนชื้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ศานิส ยี่โถขาว. (2553).*แนวทางการปรับปรุงการออกแบบอาคารศาลากลางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

สุมาวลี จินดาพล. (2551).*แนวทางการออกแบบช่องเปิดเพื่อได้รับความร้อนและแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสมในอาคารสำนักงาน* . (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

อธิวัฒน์ อัศวพิทยานนท์. (2553). *ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารจากการประยุกต์ใช้ผนังเอียงในเขตร้อนชื้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กระทรวงพลังงาน. (8 เมษายน 2558). (ร่าง) แผนพัฒนากาลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558–2579 (PDP 2015). สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/PDP_hearing/PDP 2015_FG.pdf

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. (2553). หลอดไฟฟ้า ที่มาจากเนคเทค. สืบค้นจาก http://www.neutron.rmutphysics.com/news.

อาคารอนุรักษ์พลังงาน. (21 พฤศจิกายน พ.ศ.2557). โครงการศึกษาเพื่อสร้างต้นแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานสำหรับภาครัฐ. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. สืบค้นจาก http://www.2e-building.com/governmentbuilding.

Green Building อาคารเขียว. (15 พฤศจิกายน 2553). ลดการใช้ไฟฟ้าในอาคาร มุ่งสู่การเป็น “Green society”. สืบค้นจาก http://www.buildernews.in.th

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว ชมพูนุท แสงกาญจนวนิช
วันเดือนปีเกิด	24 พฤศจิกายน 2533
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
การนำเสนอบทความ	เข้าร่วมประชุมและนำเสนอบทความ 1. Building Environment Research Associates Conference (BERAC 6), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต