

ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

ตามเกณฑ์ LEED VERSION 4



นายวศิน จิรส์ฉณกร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF ADJACENT BUILDING SHADING ON ENERGY PERFORMANCE  
OF OFFICE BUILDINGS BASED ON LEED VERSION 4

Mr. Vasin Jirasatchakorn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED VERSION 4

โดย

นายวศิน จิรสัจจกร

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนะจิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ ینگโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร)

วคิน จิรส์ชฌกร : ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED VERSION 4 (THE EFFECT OF ADJACENT BUILDING SHADING ON ENERGY PERFORMANCE OF OFFICE BUILDINGS BASED ON LEED VERSION 4) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อรุณจัน เศรษฐบุตร, 137 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานและโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ของอาคารสำนักงานในประเทศไทย การศึกษานี้ใช้วิธีจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารสำนักงาน 12 ชั้น สูง 48 ม. ที่มีอาคารข้างเคียงล้อมรอบ 3 ด้าน อีก 1 ด้านติดถนนและมีอาคารฝั่งตรงข้าม โดยพิจารณา 5 ปัจจัย คือ 1.ความสูงอาคารข้างเคียง (ไม่มี, 24 ม., 48 ม. และ 72 ม.) และอาคารฝั่งตรงข้าม (ไม่มี, 72 ม.) 2. รูปทรงอาคาร (ผนังสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า) และทิศทางอาคารอาคารข้างเคียงอาคารฝั่งตรงข้าม (8 ทิศทาง) 3.อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง : WWR (40% และ 60%) 4. ผนังทึบ (อลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว, อิฐมวลเบา, คอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป) 5. ผนังโปร่งแสง (กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010, กระจกลามิเนตสีเขียว, กระจกลามิเนตสีเขียวกเคลือบสาร Low-E และกระจกลามิเนตอินซูลेटสีเขียวกเคลือบสาร Low-E) โดยพิจารณา 3 ค่าที่ได้คือ 1.ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) 2.ค่าการประหยัด พลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 (%SAVE) 3. คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ผลการวิจัยสรุปว่าการบังแดดจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยลดการใช้พลังงานหรือค่า EUI ลง แต่ค่าการประหยัดพลังงานมีโอกาสทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง เนื่องเป็นจากการบังแดดจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเป็นปัจจัยมีผลต่อการจำลองพลังงานของอาคารอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อหาค่าการประหยัดพลังงาน โดยทิศทางการวางอาคารมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารมากกว่าการบังแดดจากอาคารข้างเคียง ค่าการประหยัดพลังงานตาม LEED V.4 มีแนวโน้มต่ำลงจาก LEED 2009 แต่การทำคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance มีจำนวนกรณีที่ได้คะแนนมากกว่า 0 เพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับเกณฑ์การให้คะแนนจากค่าการประหยัดพลังงานที่ต่ำลง ดังนั้น LEED V.4 จึงดีกว่า LEED 2009 เพราะสอดคล้องกับความต้องการใช้พลังงานจริง

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558



# # 5873363025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: LEED / ENERGY PERFORMANCE / ADJACENT BUILDING SHADING

VASIN JIRASATCHAKORN: THE EFFECT OF ADJACENT BUILDING SHADING ON ENERGY PERFORMANCE OF OFFICE BUILDINGS BASED ON LEED VERSION 4. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 137 pp.

The purpose of this research is to study the effect of adjacent building shading on energy performance in which an Optimize Energy Performance topic tends to gain the score based on the LEED V.4. This study used simulation method by Visual Doe 4.1 program to estimate an energy performance of the representative buildings that both buildings are 12 stories office building in the high of 48 meters. The buildings are surrounded on 3 sides by an adjacent building and opposite to another building on the other side. The report focused on 5 factors as follows: 1.The height of the adjacent building 2. A shape of the buildings and the orientation of the representative building, an adjacent building and an opposite building. 3. Window-to-Wall Ratio : WWR (40% and 60%) 4. Opaque wall 5. Translucent wall. The research results are presenting 3 findings, which are the Energy use index (EUI), the Energy saving percentage (%SAVE) and the Point in an Optimize Energy Performance topic based on the standard of LEED V.4. Research result showed that the shading of an adjacent building and an opposite building affected the decreasing of the EUI; while, %SAVE cloud be increased or decreased because adjacent and opposite building are factors which affected on the energy performance of baseline building which compare with proposed building to calculate %SAVE. An orientation has higher effect an energy performance of the representative building than the shading adjacent building. Compared the %SAVE trend based on LEED V.4, the data is lower in the standard of the LEED 2009. According to the research result, the score of the Optimize Energy Performance topic found that the number of cases that scores more than 0 is increasing due to the lower score standard of %SAVE. So LEED V.4 better than LEED 2009 because accord real energy demand.

Department: Architecture Student's Signature .....

Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year: 2015

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจากผู้มีอุปการคุณ  
หลายๆท่าน ข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณทุกท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ทั้งความรู้และ  
คำแนะนำต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงคำปรึกษาและความ  
ช่วยเหลือต่อข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ขอขอบคุณ รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และ  
อาจารย์ รวมทั้ง ผศ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ที่  
ให้คำแนะนำและความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. ชนิกันต์ ยิ้มประยูร ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์นอก  
มหาวิทยาลัย รวมถึงคำแนะนำที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้ดีขึ้น

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน จนกระทั่ง  
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
ทุกท่านที่ยังไม่ได้ถูกกล่าวนามไว้ในข้างต้น

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ .....	ฏ
สารบัญแผนภูมิ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย .....	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.6 สมมติฐานการวิจัย .....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	10
2.1 เกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4.....	10
2.2 มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ ASHRAE 90.1 2010.....	15
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของอาคาร .....	19
2.3.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer).....	19
2.3.2 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร.....	20
2.3.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน.....	21
2.3.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) คือ .....	23

2.4 โปรแกรม VisualDOE 4.1.....	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร .....	27
2.5.1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร .....	27
2.5.2 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร.....	31
2.5.3 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของวัสดุเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร 32	
2.5.4 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของการบังแดดต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร 35	
2.5.5 การศึกษาผลกระทบจากอาคารข้างเคียงต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงสู่พื้นดิน .36	
2.5.6 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการบังแดด.....	37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	39
3.1 ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย .....	40
3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างอาคารที่ออกแบบ .....	40
3.2.1 ตัวแปรต้น .....	40
1. ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	41
2. รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม .....	44
3. อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (Window to wall ratio : WWR).....	45
4. ชนิดของผนังทึบ.....	47
5. ชนิดของผนังโปร่งแสง.....	48
3.2.2 ตัวแปรควบคุม .....	49
กรณีศึกษา.....	49

3.3	สร้างอาคารอ้างอิงของอาคารรูปทรงต่างๆตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 .....	51
3.4	จำลองผลอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ .....	52
3.5	การเก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบเพื่อหาค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4.....	58
3.5.1	ตัวแปรตาม .....	58
1.	ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index : EUI) .....	58
2.	ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) .....	59
3.	คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 .....	59
3.6	เปรียบเทียบค่าพลังงานรวมอาคารและระดับคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ของอาคารตามเกณฑ์ LEED V.4.....	59
3.7	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	59
3.8	เสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน LEED V.4.....	59
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	61
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล .....	62
4.1	อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น และอาคารที่มีค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน สูงสุด - ต่ำสุด 66	
4.1.1	อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น .....	66
4.1.2	อาคารที่ได้ค่า EUI และค่า %SAVE สูงสุด-ต่ำสุด .....	70
4.2	อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่ออาคารอ้างอิง .....	73
4.3	อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร.....	76
4.4	อิทธิพลของรูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร .....	82

4.5	อิทธิพลของทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร.....	86
4.6	อิทธิพลของเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	91
4.6.1	อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) .....	91
4.6.2	ชนิดผนังทึบ .....	93
4.6.3	ชนิดผนังโปร่งแสง .....	95
4.7	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED version 4 ต่อค่า %SAVE เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	98
4.8	ผลของการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED V.4 ต่อคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม.....	101
4.9	อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของแผงกันแดด .....	105
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	111
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	112
5.1.1	อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	112
1.	อิทธิพลของรูปทรงอาคาร เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	115
2.	อิทธิพลของทิศทางอาคาร ทิศทางอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม....	117
3.	อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีผลต่อการออกแบบเปลือกอาคาร ....	117
5.1.2	อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามทำให้ค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 ได้ยากขึ้น แต่มีโอกาสดำเนินในหัวข้อ Optimize Energy Performance ง่ายขึ้น .....	118
5.1.3	ค่าการประหยัดพลังงานมากกว่า 0 %, 5 % และ 6 % .....	119
5.1.4	เปรียบเทียบงานวิจัยอื่น.....	121
5.1.5	สรุปข้อดี ข้อเสีย ของ LEED V.4 .....	125

5.2 ข้อเสนอแนะ .....	126
5.2.1 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานให้ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูง .....	126
5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ .....	129
รายการอ้างอิง .....	130
ภาคผนวก.....	133
ภาคผนวก ก .....	134
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	137



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1:	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ (2528).....	4
ตารางที่ 1.2:	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารหน่วยงานราชการประเภทต่างๆ (2534).	4
ตารางที่ 2.1:	ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ที่ได้ของอาคารแต่ละประเภท ตามเกณฑ์ LEED 2009 (USGBC, 2008).....	13
ตารางที่ 2.2:	ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ที่ได้ของอาคารแต่ละประเภท ตามเกณฑ์ LEED V.4 (USGBC, 2013).....	14
ตารางที่ 2.3:	ลักษณะเปลือกอาคารที่กำหนดไว้ของอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิง .....	17
ตารางที่ 2.4:	ลักษณะเงื่อนไขภายนอกที่กำหนดไว้ของอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิง .	18
ตารางที่ 2.5:	ข้อกำหนดของอาคารอ้างอิง ตามเกณฑ์ LEED V.4 และ LEED 2009 .....	18
ตารางที่ 2.6:	ค่าเฉลี่ย EUI และ %SAVE ของอาคารสำนักงานทั้ง 9 รูปทรง ในงานวิจัยของ อุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555).....	28
ตารางที่ 2.7:	ค่าเฉลี่ย EUI และ %SAVE ของอาคารชุดพักอาศัยทั้ง 7 รูปทรง ในงานวิจัยของ ไยชมพู นาคประสิทธิ์ (2557) .....	30
ตารางที่ 2.8:	พื้นที่เงาตกทอดของอาคารที่มีความสูงต่างๆ (สุวภา ขจรฤทธิ, 2552) .....	37
ตารางที่ 3.1:	ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม.....	43
ตารางที่ 3.2:	คุณสมบัติของผนังทึบ .....	47
ตารางที่ 3.3:	คุณสมบัติของผนังโปร่งแสง .....	48
ตารางที่ 3.4:	ลักษณะต่างๆของอาคารอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ 2010.....	51
ตารางที่ 4.1:	ค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....	81



ตารางที่ 4.2:	แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารรูปทรง ต่างๆ.....	85
ตารางที่ 4.3:	ลำดับค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่ทิศทาง อาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....	89
ตารางที่ 4.4:	ค่า %SAVE ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 .....	100
ตารางที่ 4.5:	จำนวนกรณีที่ได้คะแนนต่างๆ .....	104
ตารางที่ 5.1:	กรณีที่มีค่า EUI สูงสุดและต่ำสุด.....	114
ตารางที่ 5.2:	กรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูงสุดและต่ำสุด.....	114



## สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1:	เครื่องหมายรับรองของ LEED ระดับต่างๆ.....	10
ภาพที่ 2.2:	สัญลักษณ์สมาคมวิศวกรปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE).....	15
ภาพที่ 2.3:	การแบ่งภูมิอากาศของประเทศสหรัฐอเมริกาตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 ...	15
ภาพที่ 2.4:	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบ และอาคารอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ 2010 Appendix G. (อุโรชา เจียรนัยพานิชย์, 2555).....	16
ภาพที่ 2.5:	ความร้อนที่เข้าสู่อาคาร .....	21
ภาพที่ 2.6:	ลักษณะหน้าต่างใช้งานของโปรแกรม VisualDOE 4.1 .....	26
ภาพที่ 2.7:	อาคาร 2 หลังที่มีลักษณะเหมือนกัน หลัง A มีต้นไม้บังแดด หลัง B ไม่มีต้นไม้บังแดด (Balogun et al., 2014).....	35
ภาพที่ 2.8:	ผังอาคารทั้ง 4 แบบในงานวิจัยของสถาปนิก เชื้อสถาปนศิริ (2553).....	37
ภาพที่ 3.1:	ความสูงของอาคารและระยะระหว่างอาคารกรณีศึกษา.....	42
ภาพที่ 3.2:	ลักษณะของคาน้ำฟ้าอาคาร.....	42
ภาพที่ 3.3:	รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม .....	44
ภาพที่ 3.4:	ภาพตัดอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 40 %.....	45
ภาพที่ 3.5:	ภาพตัดอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 60 %.....	46
ภาพที่ 3.6:	อาคารกรณีศึกษา อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม.....	49
ภาพที่ 3.7:	รูปร่างและขนาดของอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส .....	49
ภาพที่ 3.8:	รูปร่างและขนาดของอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า .....	50
ภาพที่ 3.9:	ภาพ 3 มิติ ของอาคารกรณีศึกษาที่จำลอง.....	53
ภาพที่ 3.10:	การตั้งค่าไฟล์อากาศ (1) ทิศทางการวางอาคาร (2) และ WWR (3) .....	53
ภาพที่ 3.11:	การตั้งค่าวัสดุโครงสร้าง (1) จำนวนชั้น (2) ความสูงของระยะพื้นถึงพื้น (3) ...	54
ภาพที่ 3.12:	การตั้งค่าวัสดุเปลือกอาคาร .....	54

ภาพที่ 3.13:	การตั้งค่าเปลือกอาคาร.....	55
ภาพที่ 3.14:	การตั้งค่า LPD (1) EPD (2) และ occupancy density (3) .....	55
ภาพที่ 3.15:	การตั้งค่าอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม .....	56
ภาพที่ 3.16:	การตั้งค่าระบบปรับอากาศ.....	56
ภาพที่ 3.17:	การตั้งค่า Supply Fan .....	57
ภาพที่ 3.18:	การตั้งค่า Electric Chiller.....	57
ภาพที่ 3.19:	การตั้งค่าพื้นที่ปรับอากาศ .....	58
ภาพที่ 3.20:	ระเบียบวิธีการศึกษา .....	60
ภาพที่ 4.1:	รายละเอียดสัญลักษณ์แผนภูมิแบบ Box plot.....	65
ภาพที่ 4.2:	รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่า EUI สูงสุด .....	70
ภาพที่ 4.3:	รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด.....	70
ภาพที่ 4.4:	รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด .....	71
ภาพที่ 4.5:	รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงานต่ำสุด .....	72
ภาพที่ 4.6:	แนวโน้มของกราฟที่มีปัจจัยประเภทที่ส่งผลต่อการจำลองอาคารอ้างอิง (ซ้าย) และประเภทที่ไม่ส่งผลต่อการจำลองอาคารอ้างอิง (ขวา).....	80
ภาพที่ 4.7:	ลำดับค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคาร ที่มีทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ ตามตารางที่ 4.3.....	90
ภาพที่ 4.8:	อาคารที่ติดตั้งแผงกันแดดแนวนอน .....	105

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1.1:	แสดงจำนวนอาคารเขียวในประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 - 2013 ...2
แผนภูมิที่ 1.2:	แสดงประมาณการใช้พลังงานในอนาคต (พ.ศ. 2558 - 2579) จำแนกสาขา เศรษฐกิจ.....3
แผนภูมิที่ 2.1:	แสดงสัดส่วนการเลือกใช้วัสดุก่อผนังทึบ (ซ้าย) และชนิดกระจกที่ใช้เป็นช่องหน้าต่าง (ขวา) (สวิชญา ดาวประกายมงคล, 2552).....34
แผนภูมิที่ 4.1:	แสดงค่า EUI ของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีรูปทรงและทิศทางอาคารแบบ ต่างๆ .....66
แผนภูมิที่ 4.2:	แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้น ที่มีรูปทรงและทิศทางอาคารแบบต่างๆ .....68
แผนภูมิที่ 4.3:	แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1) ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....73
แผนภูมิที่ 4.4:	แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1) ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....73
แผนภูมิที่ 4.5:	แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....74
แผนภูมิที่ 4.6:	แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคาร ข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ (ส่วนที่ 1) .....77
แผนภูมิที่ 4.7:	แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคาร ข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ (ส่วนที่ 2) .....78
แผนภูมิที่ 4.8:	แสดงค่า EUI ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.79
แผนภูมิที่ 4.9:	แสดงค่าการประหยัดพลังงาน %SAVE ของอาคาร ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....79
แผนภูมิที่ 4.10:	แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส .....83

แผนภูมิที่ 4.11: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน .....	83
แผนภูมิที่ 4.12: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน .....	83
แผนภูมิที่ 4.13: แสดงค่า EUI ของอาคารรูปทรงต่างๆ .....	84
แผนภูมิที่ 4.14: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารรูปทรงต่างๆ .....	85
แผนภูมิที่ 4.15: แสดงค่า EUI ของอาคารที่มีรูปทรงและการวางอาคารแบบต่างๆ .....	87
แผนภูมิที่ 4.16: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีรูปทรงและการวางอาคารแบบต่างๆ .....	88
แผนภูมิที่ 4.17: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	91
แผนภูมิที่ 4.18: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	92
แผนภูมิที่ 4.19: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังทึบอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	93
แผนภูมิที่ 4.20: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังทึบอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	94
แผนภูมิที่ 4.21: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังโปร่งแสงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	96
แผนภูมิที่ 4.22: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังโปร่งแสงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	97
แผนภูมิที่ 4.23: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009 .....	99
แผนภูมิที่ 4.24: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED V.4 .....	99
แผนภูมิที่ 4.25: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 .....	100

แผนภูมิที่ 4.26: แสดงค่า EUI ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 .....	106
แผนภูมิที่ 4.27: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 .....	106
แผนภูมิที่ 5.1: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	112
แผนภูมิที่ 5.2: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....	113
แผนภูมิที่ 5.3: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ .....	115
แผนภูมิที่ 5.4: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ.....	115
แผนภูมิที่ 5.5: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ที่มากกว่า 0 % มากกว่า 5 % และมากกว่า 6 %.....	119
แผนภูมิที่ 5.6: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED V.4 ในงานวิจัยนี้.....	122
แผนภูมิที่ 5.7: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED 2009 ในงานวิจัยของอุไรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555).....	122
แผนภูมิที่ 5.8: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารชุดพักอาศัย ตามเกณฑ์ LEED V.4 ในงานวิจัยของโยชมพู นาคประสิทธิ์ (2557) .....	123
แผนภูมิที่ 5.9: แสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20 x 20 ม. กรณีฝั่งอาคารข้างเคียงตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้านโดยมีด้านโล่ง 1 ด้านในแต่ละทิศ(สถาปน ์ เชื้อสถาปนศิริ, 2553) .....	124
แผนภูมิที่ 5.10: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ ในงานวิจัยนี้.....	124

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการอาคารเขียวของผู้เช่าสำนักงานระดับ เอ หรือ อาคารสำนักงานที่มีการอำนวยความสะดวกระดับสูงสุดเพิ่มสูงขึ้น โดยผู้เช่าส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่ดีต่ออาคารเขียวในด้านการประหยัดพลังงาน และเห็นว่าช่วยให้พนักงานได้ทำงานอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี นอกจากนี้ผู้เช่าเองยังมีการคาดการณ์ราคาค่าเช่าอาคารเขียวสูงกว่าอาคารทั่วไป (บุญเกียรติ วิสิทธิ์กาศ, 2552)

จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์อาคารเขียวและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการ ผู้พัฒนาโครงการ ผู้ใช้อาคาร โดยเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานในกรุงเทพฯ ที่ได้รับการออกแบบตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว เกณฑ์ LEED ของสถาบัน USGBC จำนวน 4 โครงการ ได้แก่ 1. อาคารศูนย์เอนเนอร์ยีคอมเพล็กซ์, 2. อาคารปาร์คเวนเจอร์, 3. อาคารศูนย์การเรียนรู้สุขภาพ สสส. และ 4. อาคารสำนักงานใหญ่ 1, 2 และ 5 ของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า อาคาร 2 โครงการแรกซึ่งเป็นอาคารสำนักงานแบ่งพื้นที่ให้เช่ามีอัตราการใช้พื้นที่ (occupancy) อยู่ที่ 95 - 100 % ของพื้นที่ให้เช่า ขณะที่อีก 2 โครงการที่เหลือไม่ได้เป็นอาคารสำนักงานแบ่งพื้นที่ให้เช่า โดยอาคารทั้ง 4 โครงการมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเฉลี่ย 20 %, ค่าบำรุงรักษาอาคารลดลง 10 % เมื่อเทียบกับโครงการที่ไม่ได้เป็นอาคารเขียว มีระยะเวลาคืนทุน (payback period) ประมาณ 8 - 12 ปี และมีผลตอบแทนทางการเงิน (IRR) ดีขึ้น 1 - 2 % เป็นผลมาจากทั้งค่าเช่าที่เพิ่มขึ้นและค่าดำเนินการ ค่าน้ำ ค่าไฟที่ลดลง โดยมีค่าก่อสร้างด้านอาคารเขียวเพิ่มขึ้นจากอาคารปกติประมาณ 5 - 10 % ของค่าก่อสร้างอาคารปกติซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบและวางแผน นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ใช้อาคารมีความพึงพอใจมากในด้านแสงสว่าง เสียง คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงานที่เป็นอาคารเขียว โดยรู้สึกว่าจะทำให้มีสุขภาพที่ดีมากขึ้น และช่วยให้ผลผลิตในการทำงานสูงขึ้นตามไปด้วย (พรรณวดี มงคลเจริญ, 2556)

จากประโยชน์ของอาคารเขียว ทำให้มีแนวโน้มสร้างหรือปรับปรุงอาคารสำนักงานเป็นอาคารเขียวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนการเพิ่มขึ้นของอาคารที่ได้รับการรับรองเป็นอาคารเขียวในประเทศไทยทั้งเกณฑ์ LEED และ TREES ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 โดยช่วงปี ค.ศ. 2008 ถึง

2012 มีอัตราเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 2 เท่า สอดคล้องกับจำนวนอาคารเขียวในต่างประเทศที่มีการผลิตเพิ่มขึ้นในแต่ละปี

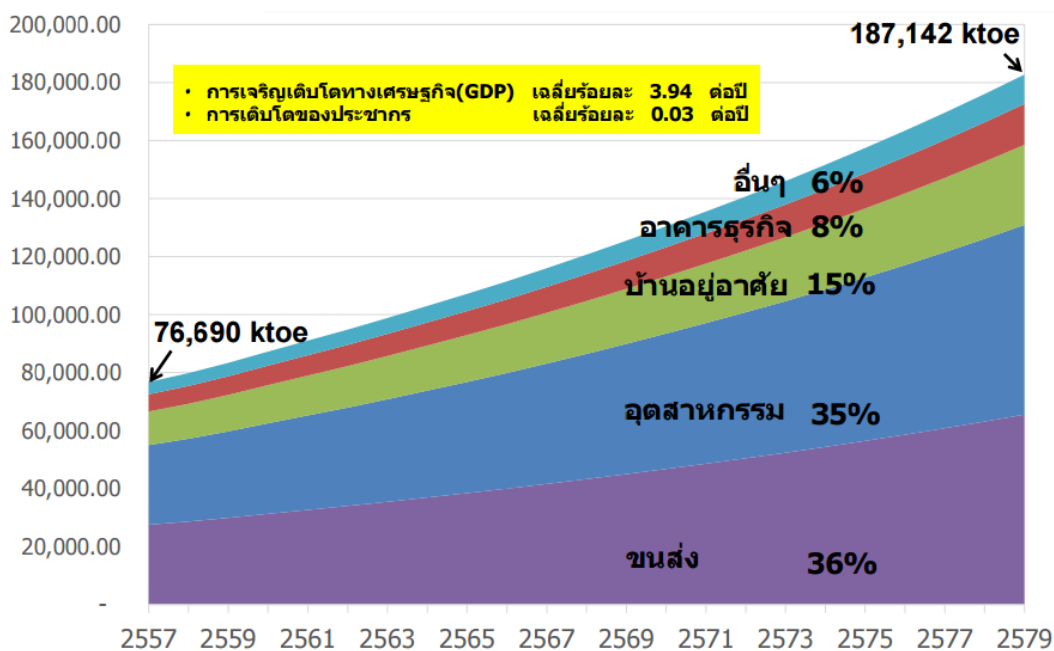


แผนภูมิที่ 1.1: แสดงจำนวนอาคารเขียวในประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 - 2013

ที่มา: <http://www.thailand-business-news.com/environment/48045-thailands-green-building-goals-aspirations-realities.html>

ส่วนหนึ่งเป็นผลจากสถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทยที่กำลังประสบปัญหา ประเทศไทยต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งถือเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อความมั่นคงในด้านพลังงาน โดยแนวโน้มการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามแนวโน้มการใช้พลังงานของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้น ดูได้จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2558 - 2579) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 มีการเพิ่มสัดส่วนการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านเป็นร้อยละ 25 ของกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ขณะที่พลังงานทดแทนยังมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี ข้อจำกัดด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของประเทศไทย ทำให้ตัวเลือกของพลังงานทดแทนชนิดต่างๆมีไม่มากอย่างที่ควรจะเป็น อีกทั้งประเทศไทยยังมีข้อจำกัดในการลงทุนกับโครงการพลังงานทดแทนขนาดใหญ่ (กษิติศ เสนะวงศ์, 2557)





แผนภูมิที่ 1.2: แสดงประมาณการใช้พลังงานในอนาคต (พ.ศ. 2558 - 2579) จำแนกสาขาเศรษฐกิจ  
 ที่มา: แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2558 - 2579) กระทรวงพลังงาน

นอกจากนี้การผลิตพลังงานยังเป็นสาเหตุหลักที่นำไปสู่สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs) ในประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คุณภาพชีวิต และเศรษฐกิจ โดยมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ทำให้หลายหน่วยงานทั่วโลกให้ความสำคัญและพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

ผลการประชุมสุดยอดสิ่งแวดล้อมโลก (Rio+20) เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 เห็นชอบร่วมกันว่าเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืนและการขจัดความยากจนเป็นหนึ่งในเครื่องมือสำคัญในการบรรลุการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งนี้ได้ตกลงวิธีการดำเนินงานที่ชัดเจนเพื่อบรรลุการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีส่วนผลักดันแนวคิดเรื่องเศรษฐกิจสีเขียวให้ประสบผลสำเร็จ

การลดการใช้พลังงานกลายเป็นหนึ่งในแนวทางแก้ปัญหาพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานสำหรับประเทศไทย และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตพลังงานอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญซึ่งจะมีส่วนช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว

สำหรับอาคารสำนักงานในประเทศไทย มีการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานส่วนใหญ่มากกว่าครึ่ง (50 – 63 %) ถูกใช้เพื่อระบบทำความเย็นภายในอาคาร รองลงมาเป็นระบบแสงสว่าง (25 %) และส่วนที่เหลือเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอื่นๆ (12 - 25 %) ตามรายงานจาก USAID โดย Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) ที่ทำให้การพลังงานแห่งชาติ หรือ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน เรื่อง Energy Conservation in Commercial Building ปี พ.ศ. 2528 ดังแสดงในตารางที่ 2 และการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารหน่วยงานราชการ โดยศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทยร่วมกับการไฟฟ้านครหลวงและสำนักงานประมาณในปี พ.ศ. 2534 ดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนั้นการลดการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานในประเทศไทย จึงควรลดพลังงานที่ใช้เพื่อระบบทำความเย็น

ตารางที่ 1.1: สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ (2528)

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	อื่นๆ (%)
สำนักงาน	50.0	25.0	25.0
โรงแรม	61.0	15.3	23.7
ศูนย์การค้า	60.0	25.0	15.0
สถานพยาบาล	77.5	14.7	7.8

ที่มา: รายงานจาก USAID โดย Lawrence Berkeley National Laboratory ที่ทำให้การพลังงานแห่งชาติ เรื่อง Energy Conservation in Commercial Building ปี พ.ศ. 2528

ตารางที่ 1.2: สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารหน่วยงานราชการประเภทต่างๆ (2534)

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	อื่นๆ (%)
สำนักงาน	63.0	25.0	12.0
สถานศึกษา	47.0	38.0	15.0
สถานพยาบาล	60.0	22.0	18.0

ที่มา: การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าบนอาคารหน่วยงานราชการ ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทยร่วมกับการไฟฟ้านครหลวงและสำนักงานประมาณในปี พ.ศ. 2534

การลดพลังงานที่ใช้เพื่อระบบทำความเย็นของอาคารมีความสำคัญมาก จนกระทั่งเกณฑ์อาคารเขียวต่างๆล้วนให้ความสำคัญกับประเด็นนี้ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ LEED VERSION 4 หรือ LEED V.4 ของสถาบัน U.S. Green Building Council (USGBC) และเกณฑ์ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทยซึ่งเป็นเกณฑ์อาคารเขียวที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย พบว่าหัวข้อเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคารเป็นหัวข้อใหญ่ที่มีคะแนนมาก และเกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร โดยเฉพาะการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร เพื่อลดพลังงานที่ถูกใช้ในระบบปรับอากาศ ควรออกแบบให้เหมาะสมกับการป้องกันพลังงานความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งต้องสอดคล้องกับการออกแบบอาคารและสภาพแวดล้อม เพราะการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่ไม่เหมาะสมเป็นการทำให้เสียเงินโดยเปล่าประโยชน์

สภาพแวดล้อมศูนย์กลางเขตเศรษฐกิจของกรุงเทพฯ (Central Business District : CBD) มีอาคารก่อสร้างหนาแน่น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความหนาแน่นของประชากร ซึ่งการมีอยู่ของอาคารข้างเคียงอาจมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารที่อยู่ติดกัน เนื่องจากมีโอกาสช่วยบังความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้ามาสู่อาคารโดยตรง ทำหน้าที่เสมือนเป็นแผงกันแดด ใกล้เคียงกับการศึกษาการบังแดดซึ่งเกิดจากผลกระทบของเงาต้นไม้ต่อการใช้พลังงานในการทำความร้อนความเย็นในอาคาร 2 หลังที่มีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งพบว่าอาคารที่มีต้นไม้บังใช้พลังงานน้อยกว่า เนื่องจากการใช้ต้นไม้ผลัดใบทำให้ต้นไม้จะบังแดดในหน้าร้อน ซึ่งไม่ต้องการความร้อนจากดวงอาทิตย์ ลดพลังงานในการทำความเย็น และผลัดใบในหน้าหนาว ให้ความร้อนเข้าสู่อาคาร ลดพลังงานในการทำความร้อน (Balogun, Morakinyo, and Adegun, 2014)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบจากอาคารข้างเคียงต่อพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดอาคารข้างเคียง 4 แบบ คือ ผนังอาคารรูปตัวโอประชิดที่ดิน ตัวโอคู่ตรงข้ามที่ดิน ตัวแอลประชิดมุม และตัวยูโอบล้อมที่ดิน พบว่า ผนังอาคารรูปตัวโอประชิดที่ดิน ที่มีอาคารข้างเคียงล้อมมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นดินน้อยที่สุด ขณะที่กรณีตัวยูโอบล้อมที่ดินมีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นดินเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยลดลงเหลือ 1 ใน 4 ของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยอ้างอิงตลอดทั้งปีของประเทศไทย (สถาปนิก เชื้อสถาปนศิริ, 2553) ดังนั้นจึงควรศึกษาผลกระทบที่เกิดจากเงาอาคารข้างเคียงต่อการใช้พลังงานรวมอาคารในอาคารสำนักงานที่มีวัสดุเปลือกอาคารต่างๆ พิจารณาประสิทธิภาพป้องกันพลังงานความร้อนของวัสดุเปลือกอาคารที่เกิดขึ้นเมื่อมีอาคารข้างเคียง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารในการออกแบบ

ในอีกด้านหนึ่งปัจจุบันปัจจัยการบังแดดจากเงาอาคารข้างเคียงเป็นปัจจัยที่ยังไม่มีการกล่าวถึงสำหรับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย และในเกณฑ์ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทย

ความสำคัญของผลกระทบจากเงาอาคารข้างเคียงต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเกณฑ์ LEED V.4 ในหัวข้อ Minimum Energy Performance ซึ่งเป็นหัวข้อบังคับ หรือ Prerequisite และหัวข้อ Optimize Energy Performance อ้างอิงการจำลองการใช้พลังงานของอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 โดยพัฒนามาจากมาตรฐาน LEED 2009 หรือ LEED V.3 ที่อ้างอิงการจำลองการใช้พลังงานอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 สิ่งหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ การเพิ่มปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อาคารข้างเคียง และภูมิประเทศต่างๆที่อาจมีผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารเข้ามาพิจารณา โดยกำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียงหรือภูมิประเทศเหล่านั้นพร้อมกับอาคารอ้างอิง หรือ อาคาร Baseline และอาคารที่ออกแบบ หรือ อาคาร Proposed ซึ่งมีแนวโน้มว่าโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance จะทำได้ยากขึ้น เพราะการให้คะแนนในหัวข้อนี้พิจารณาจากค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) โดยยังมีค่าการประหยัดพลังงานมากก็จะได้คะแนนในหัวข้อนี้สูง ซึ่งค่าการประหยัดพลังงานคำนวณจากร้อยละพลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบที่ต่ำกว่าอาคารอ้างอิง เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิง โดยการที่ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิงลดลงจากการมีอาคารข้างเคียง จะทำให้ค่าการประหยัดพลังงานมีแนวโน้มต่ำลง หากอาคารที่ออกแบบมีค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารลดลงจากการมีอาคารข้างเคียงในปริมาณที่น้อยกว่าหรือเท่ากับอาคารอ้างอิง นอกจากนี้ในหัวข้อ Optimize Energy Performance เป็นหัวข้อที่มีคะแนนสูงตั้งแต่ 16 – 20 คะแนนตามประเภทอาคาร โดยอาคารสำนักงานมีโอกาสได้คะแนนในหัวข้อนี้สูงสุดถึง 18 คะแนน คิดเป็น 22.5 % ของคะแนนขั้นต่ำ (80 คะแนน) ที่จะได้การรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED ในระดับ Platinum ซึ่งเป็นระดับสูงสุด ขณะเดียวกันหัวข้อ Minimum Energy Performance ซึ่งเป็นหัวข้อบังคับ กำหนดให้มีค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำ 5 % หากอาคารที่ออกแบบมีค่าการประหยัดพลังงานไม่ถึง 5 % ก็จะไม่สามารถเข้ารับการรับรองตามเกณฑ์ LEED ได้ ซึ่งอาจเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ให้นักลงทุนตัดสินใจไม่ลงทุนก่อสร้างอาคารสำนักงานเป็นอาคารเขียวและทำให้เสียโอกาสทางธุรกิจไป

การศึกษาผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานตามเกณฑ์ LEED V.4 จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะเกณฑ์ LEED เป็นเครื่องมือสำคัญ

ที่มีส่วนพัฒนาวงการอาคารเขียว เนื่องจากเป็นเกณฑ์อาคารเขียวที่ได้รับความนิยมและการยอมรับในระดับสากลทั่วโลก และยังมีเกณฑ์อาคารเขียวอื่นๆนำไปใช้เป็นต้นแบบพัฒนาต่อ เช่น เกณฑ์ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทย ดังนั้นจึงควรศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในแง่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารและโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 เพื่อหาแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานในประเทศไทยที่มีความเหมาะสมด้านการประหยัดพลังงาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากเงาของอาคารข้างเคียงในทิศทางต่างๆ ต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากเงาของอาคารข้างเคียงที่มีความสูงต่างๆ ต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

1.2.3 เพื่อศึกษาโอกาสได้คะแนนหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 เปรียบเทียบกับ LEED 2009

1.2.4 เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบเปลือกอาคารที่สอดคล้องตามเกณฑ์ LEED V. 4

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 แบบจำลองอาคาร เป็นอาคารประเภทสำนักงาน อ้างอิงจำนวนชั้นและความสูงจากการศึกษาเรื่อง OTTV สำหรับอาคารพาณิชย์ในประเทศไทย (Chirarattananon and Taveekun, 2004) โดยผังพื้นรูปจัตุรัสตัดแปลงจากอาคาร EXCHANGE TOWER และผังพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตัดแปลงจากอาคาร PARK VENTURES ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานที่เป็นอาคารเขียวที่อยู่ในย่านศูนย์กลางเศรษฐกิจกรุงเทพฯ

1.3.2 ศึกษาโดยใช้วิธีจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1

1.3.3 ศึกษาอาคารโดยหมุนอาคารทีละ 45 องศา

1.3.4 ศึกษาและจำลองผลกับข้อมูลอากาศกรุงเทพฯ โดยใช้ไฟล์ TMY ซึ่งเป็นภูมิอากาศ

ร้อนชื้น

#### 1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1.4.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างอาคารที่ออกแบบ

1.4.3 สร้างอาคารอ้างอิงของอาคารรูปทรงต่างๆตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASHRAE

90.1 2007 และมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010

1.4.4 จำลองผลอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ

1.4.5 เก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบ เพื่อหาค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

1.4.6 เปรียบเทียบค่าพลังงานรวมของอาคารและระดับคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ของอาคารตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

1.4.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.4.8 เสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามเกณฑ์ LEED V.4

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงผลกระทบของจากเงาของอาคารข้างเคียงในทิศทางต่างๆต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารต่างกัน

1.5.2 ทราบถึงผลกระทบของจากเงาของอาคารข้างเคียงที่มีความสูงต่างๆต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารต่างกัน

1.5.3 ทราบโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ระหว่าง LEED 2009 กับ LEED V.4

1.5.4 ได้แนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบอาคารที่มีอาคารข้างเคียงในแง่ของเปลือกอาคาร

## 1.6 สมมติฐานการวิจัย

1.6.1 เเงอาคารข้างเคียงน่าจะมีผลลดการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีวัสดุเปลือกอาคารต่างๆ

1.6.2 เเงของอาคารข้างเคียงที่ยิ่งสูงน่าจะมีผลลดการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานมาก

1.6.3 โอกาสได้คะแนนหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ยากกว่า LEED 2009 เนื่องจากการนำการบังเงาของอาคารข้างเคียงมาคิด ทำให้วัสดุกระจกและฉนวนมีความสำคัญลดลง



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

- 2.1 เกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4
- 2.2 มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ ASHRAE 90.1 2010
- 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของอาคาร
- 2.4 โปรแกรม VisualDOE 4.1
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

#### 2.1 เกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4



ภาพที่ 2.1: เครื่องหมายรับรองของ LEED ระดับต่างๆ

ที่มา: <https://www.sylvania.com>

LEED คือ เกณฑ์สำหรับการประเมินอาคารเขียว โดยย่อมาจาก Leadership in Energy and Environmental Design หรือความเป็นผู้นำที่เกี่ยวกับการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเริ่มต้นขึ้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยองค์กร USGBC (U.S. Green Building Council) เกิดจากการรวมตัวกันของผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างและออกแบบอาคาร เพื่อผลักดันเกิดอาคารเขียวขึ้น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1993 สมาชิกมีทั้งที่เป็นหน่วยงานของรัฐ เอกชน ผู้ประกอบการ อสังหาริมทรัพย์ สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา (วงพลอย पालภีบาล, 2556) โดยมี พันธกิจหลักในการเปลี่ยนแปลงวิธีการออกแบบ ก่อสร้าง และใช้อาคาร ให้มีความใส่ใจรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมมากขึ้น



เกณฑ์นี้ได้ใช้ประเมินอาคารต่างๆทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศต่างๆ ทั่วโลก มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังได้จัดทำเกณฑ์เพื่อให้ใช้ประเมินอาคารหลายประเภท ดังนี้

1. LEED for New Construction (LEED NC) ในเกณฑ์ LEED 2009 หรือ LEED for Building Design and Construction (LEED BD+C) ในเกณฑ์ LEED V.4 สำหรับอาคารสร้างใหม่หรือปรับปรุงใหม่

2. LEED for Commercial Interior (LEED CI) ในเกณฑ์ LEED 2009 หรือ LEED for Interior Design and Construction (LEED ID+C) ใน LEED V.4 สำหรับงานตกแต่งภายใน

3. LEED for Existing Buildings for Operation and Maintenance (LEED EBOM) ในเกณฑ์ LEED 2009 หรือ LEED for Building Operations and Maintenance (LEED O+M) ใน LEED V.4 สำหรับอาคารเดิมที่เน้นการบริหารจัดการ

4. LEED for Homes สำหรับบ้าน และอาคารพักอาศัยรวม

5. LEED for Neighborhood Development (LEED-ND) สำหรับงานวางผังชุมชน

**LEED for Building Design and Construction (LEED BD+C)** เดิมเรียก LEED for New Construction and Major Renovations ซึ่งสามารถใช้ได้กับอาคารหลายประเภทกว้างขวาง และมีการใช้กันมากกว่าแบบอื่นๆ โดยในปี ค.ศ. 2009 เกณฑ์นี้ได้ปรับปรุงเป็นรุ่นที่ 3 บางทีจึงเรียกว่า LEED Version 3 (LEED V.3) หรือที่นิยมเรียกกันว่า LEED 2009 และเมื่อปี ค.ศ. 2013 ได้ปรับปรุงเป็นรุ่นที่ 4 เรียกว่า LEED Version 4 หรือที่นิยมเรียกกันว่า LEED V.4 (พันธดา พุฒิไพโรจน์, 2557) โดยแบ่งการรับรองอาคารเขียวเป็น 4 ระดับตามคะแนนที่ได้ ดังนี้

- |              |  |
|--------------|--|
| 1. Certified | สำหรับอาคารที่ได้คะแนนตั้งแต่ 40 – 49 คะแนน  |
| 2. Silver    | สำหรับอาคารที่ได้คะแนนตั้งแต่ 50 – 59 คะแนน  |
| 3. Gold      | สำหรับอาคารที่ได้คะแนนตั้งแต่ 60 – 79 คะแนน  |
| 4. Platinum  | สำหรับอาคารที่ได้คะแนนตั้งแต่ 80 คะแนนขึ้นไป |

โดยมีเนื้อหาครอบคลุมประเด็นต่างๆในการออกแบบอาคาร แบ่งเป็น 7 หมวด โดยมีคะแนนตามหมวดต่างๆ ดังนี้

1. หมวดที่ตั้งโครงการเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Site)	10	คะแนน
2. หมวดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	11	คะแนน
3. หมวดพลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)	33	คะแนน
4. หมวดวัสดุและทรัพยากร (Material and Resources)	13	คะแนน
5. หมวดคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)	16	คะแนน
6. หมวดนวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation in Design)	6	คะแนน
7. หมวดความสำคัญเร่งด่วนของภูมิภาค (Regional priority)	4	คะแนน
คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ในเกณฑ์ LEED V.4 คือ	110	คะแนน

**หมวดพลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)** แบ่งเกณฑ์เป็น 2 ประเภท เช่นเดียวกับหมวดอื่นๆ คือ เกณฑ์บังคับ จำนวน 4 ข้อ และเกณฑ์ที่ให้คะแนน จำนวน 7 ข้อ โดยมีเกณฑ์ที่บังคับและเกณฑ์ที่ให้คะแนนซึ่งเกี่ยวข้องกับการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารอย่างละ 1 ข้อ คือ

### 1) เกณฑ์บังคับ EAp2 : Minimum Energy Performance

กำหนดให้ต้องจำลองค่าพลังงานรวมของอาคาร (whole building simulation) เปรียบเทียบระหว่างอาคารที่ออกแบบ (อาคาร Proposed) และอาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 Appendix G สำหรับเกณฑ์ LEED 2009 โดยต้องมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำกว่าอาคารอ้างอิงอย่างน้อย 18 % สำหรับอาคารที่ลงทะเบียนขอการรับรองตามเกณฑ์ LEED 2009 ตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป จากเดิมที่กำหนดไว้ที่เพียง 10 % และตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 Appendix G สำหรับเกณฑ์ LEED V.4 โดยต้องมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำกว่าอาคารอ้างอิงอย่างน้อย 5%

## 2) เกณฑ์ที่ให้คะแนน : Optimize Energy Performance

เป็นหัวข้อที่มีคะแนนสูงสุดในเกณฑ์ LEED v.4 กำหนดให้ออกแบบอาคารประหยัดพลังงานได้มากกว่าเกณฑ์บังคับ EAp2 (Minimum energy Performance) โดยมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำกว่าอาคารอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบตั้งแต่ 18 % - 48 % จึงจะได้คะแนนตั้งแต่ 3 - 19 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยอ้างอิงการจำลองอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 Appendix G สำหรับเกณฑ์ LEED 2009 และตั้งแต่ 6 % - 50 % จึงจะได้คะแนนตั้งแต่ 1 - 20 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยอ้างอิงการจำลองอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 Appendix G สำหรับเกณฑ์ LEED V.4

ตารางที่ 2.1: ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ที่ได้ของอาคารแต่ละประเภท ตามเกณฑ์ LEED 2009 (USGBC, 2008)

New Buildings	Existing Building Renovations	Points
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10
32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

ตารางที่ 2.2: ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ที่ได้ของอาคารแต่ละประเภท ตามเกณฑ์ LEED V.4 (USGBC, 2013)

New Construction	Major Renovation	Core and Shell	Points (except Schools, Healthcare)	Points (Healthcare)	Points (Schools)
6%	4%	3%	1	3	1
8%	6%	5%	2	4	2
10%	8%	7%	3	5	3
12%	10%	9%	4	6	4
14%	12%	11%	5	7	5
16%	14%	13%	6	8	6
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
32%	30%	29%	13	15	13
35%	33%	32%	14	16	14
38%	36%	35%	15	17	15
42%	40%	39%	16	18	16
46%	44%	43%	17	19	-
50%	48%	47%	18	20	-

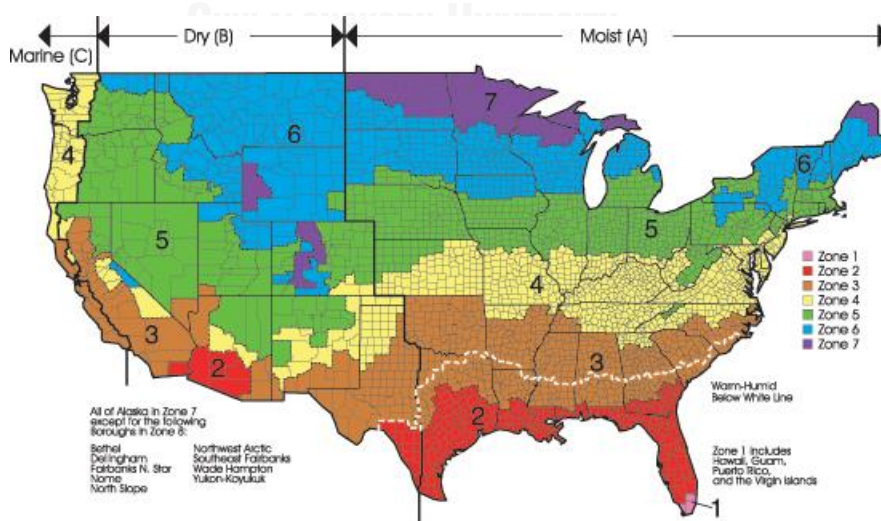
## 2.2 มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ ASHRAE 90.1 2010



ภาพที่ 2.2: สัญลักษณ์สมาคมวิศวกรปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE)

ที่มา: <http://letsworktogether.us>

สมาคมวิศวกรปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) ได้ทำการค้นคว้าวิจัยรูปแบบการใช้พลังงานของอาคารในเมืองต่าง ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาฐานการใช้พลังงาน ของอาคารอ้างอิงที่มีการปรับอากาศชนิดต่างๆ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศแบบต่างๆออกมา จนกระทั่งพัฒนาเป็นมาตรฐาน ASHRAE 90.1 ซึ่งครอบคลุมข้อมูลสภาพอากาศต่างๆที่มีอยู่ทั่วโลก ตั้งแต่เขตร้อนชื้น ร้อนแห้ง อบอุ่น เย็น หนาว หนาวจัด ตามความต้องการขั้นต่ำของแต่ละสภาพอากาศนั้น เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่หลากหลายของประเทศสหรัฐอเมริกา จึงทำให้เกณฑ์ LEED ที่อ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 90.1 กลายเป็นมาตรฐานสากลได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จในประเทศต่างๆ นอกเหนือจากประเทศสหรัฐอเมริกา



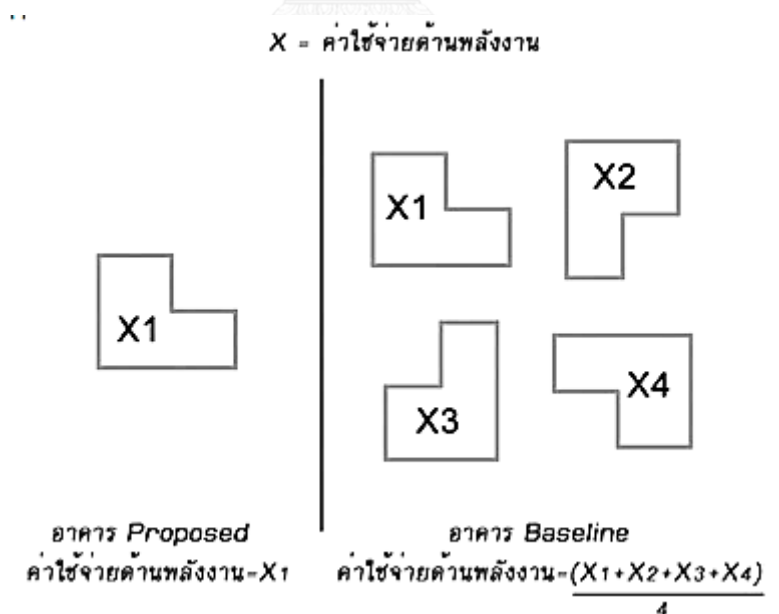
ภาพที่ 2.3: การแบ่งภูมิอากาศของประเทศสหรัฐอเมริกาตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1

ที่มา: [http://www.commercialwindows.org/codesstandards\\_ashrae90\\_1\\_more.php](http://www.commercialwindows.org/codesstandards_ashrae90_1_more.php)

มาตรฐาน ASHRAE 90.1 เป็นมาตรฐานการใช้พลังงานสำหรับอาคารทั่วไป ยกเว้นอาคารพักอาศัย Low-Rise โดยสามารถใช้ได้กับทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่าที่มีการปรับปรุงระบบอาคารใหม่ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยซึ่งอยู่ในกลุ่มสภาพภูมิอากาศที่ 1 คือภูมิอากาศแบบร้อน - ชื้น

เกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 หัวข้อ Optimize Energy Performance กำหนดให้จำลองการใช้พลังงานของอาคารโดยอ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ ASHRAE 90.1 2010 APPENDIX G ตามลำดับ ซึ่ง APPENDIX G คือภาคผนวกของมาตรฐาน ASHRAE 90.1 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการวิธีการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคาร โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารที่ออกแบบ (อาคาร Proposed) กับอาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ที่มีการกำหนดลักษณะต่างๆไว้เป็นลักษณะขั้นต่ำที่ควรออกแบบอาคารในสภาพอากาศแบบนั้นๆ โดยเปรียบเทียบค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) หรืออัตราร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารที่ออกแบบเทียบกับอาคารอ้างอิง

ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิง คำนวณจากค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิงที่มีการวางอาคารในทิศทางเดียวกับอาคารที่ออกแบบและมีการหมุนอาคาร 90, 180 และ 270 องศา



ภาพที่ 2.4: การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบ และอาคารอ้างอิง ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ 2010 Appendix G. (อุไรชา เจียรนัยพานิชย์, 2555)

การจำลองการใช้พลังงานรวมของอาคารกำหนดให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลอง เช่น DOE-2, BLAST และ ENERGY PLUS เป็นต้น โดยมีเงื่อนไขว่าทั้งอาคาร Baseline และอาคาร Proposed จะต้องจำลองการใช้พลังงานรวมของอาคารด้วยโปรแกรมเดียวกัน มีการกำหนดลักษณะเปลือกอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และกำหนดเงื่อนไขภายนอกดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3: ลักษณะเปลือกอาคารที่กำหนดไว้ของอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิง

อาคารที่ออกแบบ (อาคาร Proposed)	อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline)
<p>ส่วนประกอบทั้งหมดของอาคาร Proposed จะต้องจำลองตามแบบสถาปัตยกรรมหรือแบบ as built สำหรับเปลือกอาคารเก่า</p> <p>a. ส่วนประกอบที่ไม่มีฉนวนทั้งหมด จะแยกจำลองด้วยเทคนิคดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แยกจำลองแต่ละส่วน</li> <li>2. แยกคำนวณค่า U นำค่า U มาเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักของพื้นที่</li> </ol> <p>ส่วนประกอบที่มีพื้นที่น้อยกว่า 5% ของผนังด้านนั้นนำพื้นที่ไปรวมกับผนังด้านเดียวกันที่มีวัสดุเหมือนกันได้</p> <p>b. ผนังภายนอกที่เอียงน้อยกว่า 45 องศาอาจปรับเป็นผนังเดียวกันหรือแยกก็ได้</p> <p>c. ผิวหลังคาภายนอก อาจใช้เท่า Baseline</p> <p>d. อุปกรณ์บังแดดอัตโนมัติและถาวรจะถูกจำลอง</p> <p>E. สามารถจำลองการติดกระจกควบคุมแสงอัตโนมัติได้ และการควบคุมด้วยมือจะใช้การเฉลี่ยค่า SHGC สูงสุดต่ำสุด กระจกควบคุมแสงด้วยมือจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด SHGC และ VT</p>	<p>ต้องมีขนาดและพื้นที่ต่างๆเท่าอาคาร</p> <p>a. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร Baseline จะเฉลี่ยจากการจำลองอาคารที่มีการวางอาคารในทิศทางจริง และหมุน 90, 180 และ 270 องศา และจำลองโดยมีการบังแดดด้วยตัวอาคารเอง (self-shading)</p> <p>b. ส่วนประกอบที่ต่างกันของอาคารจะมีค่า U ได้ไม่เกินที่กำหนดไว้ตามวัสดุ ดังนี้</p> <p><b>หลังคา</b> Insulation entirely above deck - ค่า U 0.360 W/m<sup>2</sup>.C</p> <p><b>ผนัง</b> Steel-framed - ค่า U 0.705 W/m<sup>2</sup>.C</p> <p><b>พื้น</b> Steels-joist - ค่า U 1.986 W/m<sup>2</sup>.C</p> <p>c. ส่วนประกอบโปร่งแสงแนวตั้งของอาคาร ให้มีได้ไม่เกิน 40% ของพื้นที่ผนัง ถ้าน้อยกว่าให้จำลองตามอาคาร Proposed และจะต้องกระจายในแต่ละด้านให้เท่ากัสัดส่วนอาคาร Proposed ใช้กระจกที่มี</p> <p>- ค่า U 6.81 W/m<sup>2</sup>.C - SHGC 0.25</p> <p>ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดใดๆ</p> <p>d. Sky light จะมีขนาดเท่ากับอาคาร Proposed หรือมีไม่เกิน 5 %ของพื้นที่หลังคา</p> <p>e. หลังคามีค่าการสะท้อน 0.30 และมีค่าการคายความร้อน 0.90</p>

ตารางที่ 2.4: ลักษณะเงื่อนไขภายนอกที่กำหนดไว้ของอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิง

อาคารที่ออกแบบ (อาคาร Proposed)	อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline)
a. จำลองเงาของสิ่งก่อสร้างรอบข้างหรือภูมิประเทศที่สูงมากกว่าระยะห่างจากอาคาร Propose และมีความกว้างที่เผชิญกับอาคารมากกว่า 1 ใน 3 ของอาคาร	เหมือนอาคาร Proposed

มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 มีการเปลี่ยนแปลงจากมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 หลายประการ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 (ASHRAE, 2007) (ASHRAE, 2010)

ตารางที่ 2.5: ข้อกำหนดของอาคารอ้างอิง ตามเกณฑ์ LEED V.4 และ LEED 2009

อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามเกณฑ์ LEED 2009 ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007	อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามเกณฑ์ LEED V.4 ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010
LPD : 11 W/m <sup>2</sup> <b>ระบบปรับอากาศ</b> <b>System Type:</b> VAV with parallel fan-powered boxes and reheat <b>Fan Control:</b> VAV <b>Cooling Type:</b> Chilled water <b>Heating Type:</b> Electric resistance <b>Centrifugal Chiller COP :</b> 6.10 ไม่ได้กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียง	LPD : 10.5 W/m <sup>2</sup> <b>ระบบปรับอากาศ</b> <b>System Type:</b> VAV with parallel fan-powered boxes and reheat <b>Fan Control:</b> VAV <b>Cooling Type:</b> Chilled water <b>Heating Type:</b> Electric resistance <b>Centrifugal Chiller COP :</b> 6.17 กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียง



## 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

### 2.3.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

พลังงานความร้อนสามารถถ่ายเทจากสสารหนึ่งไปยังอีกสสารหนึ่ง โดยมีสื่อตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ โดยแบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

#### 1) การนำความร้อน (Conduction) คือ

การถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ติดกันไปเรื่อยๆ ด้วยการสั่นและส่งต่อพลังงานกันจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ โดยที่ตัวกลางไม่จำเป็นต้องเคลื่อนที่ การนำความร้อนเกิดขึ้นได้ในทุกสถานะของสสารทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

ความสามารถในการนำความร้อนของสสารแต่ละชนิดมีค่าต่างกัน โดยค่าที่ใช้อธิบายความสามารถดังกล่าวเรียกว่า ค่าสภาพการนำความร้อน (thermal conductivity :  $k$ ) วัสดุที่มีค่า  $k$  สูงจะนำความร้อนได้ดี ได้แก่ โลหะที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี มักนิยมนำมาใช้ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนวัสดุที่มีค่า  $k$  ต่ำจะนำความร้อนได้น้อย ได้แก่ วัสดุประเภทอโลหะและอากาศที่เป็นตัวนำความร้อนที่เลว มักนิยมนำมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อน

#### 2) การพาความร้อน (Convection) คือ

การถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสารที่มีสถานะเป็นของไหล ความสามารถในการพาความร้อนของสสารแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection heat transfer coefficient:  $h$ ) ค่าอุณหภูมิแวดล้อม และขนาดพื้นที่ผิวของวัตถุที่มีการพาความร้อน ซึ่งการมีค่า  $h$  มากหมายถึงการพาความร้อนได้ดี ในทางกลับกันค่า  $h$  น้อยหมายถึงพาความร้อนได้ไม่ดี

#### 3) การแผ่รังสี (Radiation) คือ

การถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทางในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานเหมือนการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีจึงสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ เช่นการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มายังโลก วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า  $-273^{\circ}\text{C}$  หรือ  $0\text{ K}$  (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น ขณะที่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว (ศูนย์การเรียนรู้อิโทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์)

### 2.3.2 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

ความร้อนภายในอาคารเกิดจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วน คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกอาคาร โดยทั่วไปความร้อนรวมภายในอาคารมาจากภายนอกมากกว่า โดยเป็นความร้อนที่ได้รับจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านมาจากตัวกลางหลายชนิด ก่อนที่จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคาร (ไอเอเนนอร์ยีกูรู, 2015) มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain : Qi) คือ

ความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากร่างกายมนุษย์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

#### 2) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) คือความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ มีดังนี้

##### 2.1) Conduction Heat Gain / Loss (Qc) คือ

การนำความร้อนเกิดได้ทั้งกรณีการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ความร้อนจะถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงไปต่ำเสมอ

##### 2.2) Solar Radiation (Qs) คือ

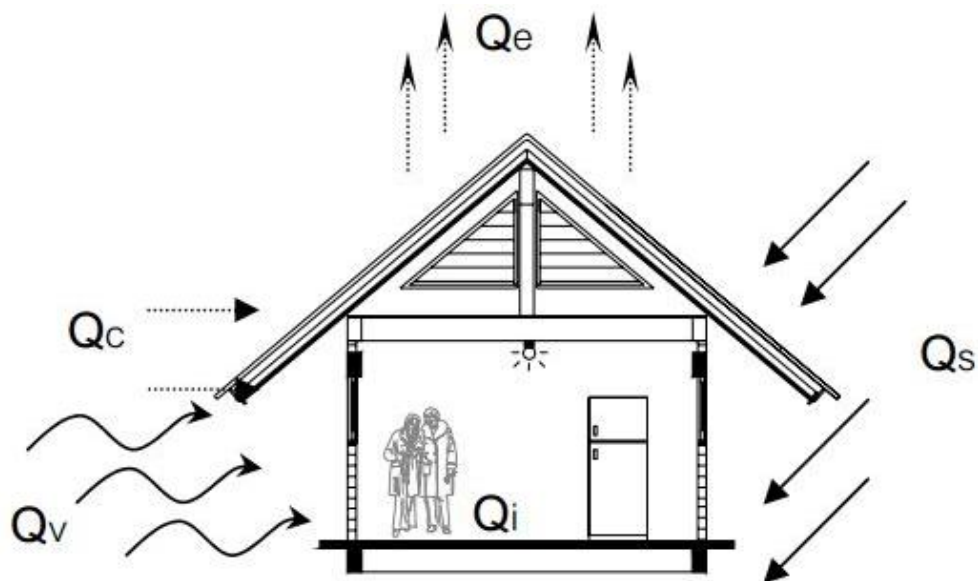
การแผ่รังสีอาทิตย์สามารถเข้าสู่อาคารผ่านทางช่องเปิดทั้งที่เป็นเปลือกอาคารโปร่งแสงและกรณีเปิดหน้าต่างไว้ ในกรณีของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีอาทิตย์เป็นอย่างมาก

##### 2.3) Ventilation Heat Gain / Loss (Qv) คือ

ความร้อนที่มาจากกระบายอากาศโดยมีอากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อนมาภายในอาคาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วลม

##### 2.4) Evaporative Heat Loss (Qe) คือ

การระเหยใช้หลักการที่น้ำจะต้องใช้พลังงานหรือความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ทำให้สามารถช่วยลดความร้อนในบริเวณนั้นได้



ภาพที่ 2.5: ความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

ที่มา: [HTTP://ENERGYGURU.COM/2015/09/HEAT-TRANSFER-THROUGH-THE-BUILDING-ENVELOPE/](http://ENERGYGURU.COM/2015/09/HEAT-TRANSFER-THROUGH-THE-BUILDING-ENVELOPE/)

### 2.3.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

คุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุจะพิจารณาจากคุณสมบัติในทางทฤษฎี 3 ข้อหลัก ดังนี้

- 1) การต้านทานความร้อน (Resistivity)
- 2) การนำความร้อน (Conductivity)
- 3) ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

#### 1) การต้านทานความร้อน (Resistivity)

ค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า “R-Value” เป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งในกรณีที่มีวัสดุซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน โดยค่าการต้านทานความร้อนจะแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน คือ ถ้ามีค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์นำความร้อนต่ำ คำนวณได้จาก

$$R = \Delta X / K$$

- เมื่อ  $R$  = ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity -  $m^2\text{-K/Watt}$ )  
 $\Delta X$  = ความหนาของชั้นวัสดุที่นำมาพิจารณา  
 $K$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity -  $W/m\text{-K}$ )

## 2) การนำความร้อน (Conductivity)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือ ค่า “K-Value” สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านและหน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็น  $W/m\text{-K}$  หรือ  $W/m\text{-}^\circ\text{C}$

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเปลือกอาคารต้องคำนึงถึงมีความหนาและชนิดกลุ่มวัสดุที่ประกอบเป็นผนังในแต่ละชั้น รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารด้วย จึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม หรือ ค่า  $U$  แทน โดยมีสูตรดังนี้

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_i}}$$

- เมื่อ  $U$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม มีหน่วยเป็น  $\text{Btu/h}\text{-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$  ( $W/m^2\text{-K}$ )  
 $h_o$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายนอก มีหน่วยเป็น  $\text{Btu/h}\text{-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$  หรือ ( $W/m^2\text{-K}$ )  
 $h_i$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายใน มีหน่วยเป็น  $\text{Btu/h}\text{-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$  หรือ ( $W/m^2\text{-K}$ )  
 $x_n$  = ความหนาของวัสดุในชั้นที่  $n$  มีหน่วยเป็น นิ้ว หรือ (เมตร)  
 $k_n$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชั้นที่  $n$  มีหน่วยเป็น  $\text{Btu}\text{-in/h}\text{-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$  ( $W/m\text{-K}$ )

### 3) ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

ความจุความร้อนของสสารเท่ากับผลคูณของมวลสารกับความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสาร (specific heat capacity) เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่าง ความร้อนและอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยเป็น Cal/g-°C หรือ J/kg-K หรือ Wh/kg-K

ค่าความจุความร้อนน้อยจะทำให้การส่งผ่านความร้อนสู่ภายในมากและส่งผ่านได้เร็ว ซึ่งจะเหมาะกับส่วนที่มีการใช้งานเฉพาะกลางคืน ขณะที่การที่สามารถเก็บความร้อนไว้ในตัวเองได้มาก ความร้อนที่ถูกส่งผ่านต่อมายังภายในอาคารก็จะน้อยลงและส่งผ่านได้ช้าลง (time lag) ซึ่งเหมาะกับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะกลางวัน จะเห็นได้ว่าการส่งผ่านความร้อนเนื่องจากค่าความจุความร้อนของวัสดุมีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม



#### 2.3.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) คือ

ค่าที่ใช้แสดงความร้อนทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร หรือ "ค่า Q" คำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด และ ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

เมื่อ	Q	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (W/m <sup>2</sup> -°C)
	U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
	A	=	พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด (m <sup>2</sup> )
	ΔT	=	ค่าความต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (°C)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารแบ่ง 2 ส่วน คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ส่วนของผนังอาคารทั้งหมด รวมถึงผนังที่บหรือผนังโปร่งแสง เช่น ช่องประตู และหน้าต่าง คำนวณได้จากสูตร

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

โดยที่ OTTV<sub>i</sub> = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา (W/m<sup>2</sup>)

- $U_w$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังส่วนทึบ ( $W/m^2-^{\circ}C$ )  
 $WWR$  = อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น  
 $T_{d_{eq}}$  = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร  
 ซึ่งรวมผลคูณของการดูดกลืนรังสีของผนังส่วนทึบ ( $^{\circ}C$ )  
 $\Delta T$  = ค่าความต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ( $^{\circ}C$ )  
 $SHGC$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือ  
 กระจก  
 $SC$  = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด  
 $ESR$  = คารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงและผนังทึบ  
 ( $W/m^2$ )

เมื่อ  $A_{w1}$  = พื้นที่ผนังส่วนที่ 1 ( $m^2$ )  
 ฉะนั้น

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

โดยที่  $OTTV$  = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของด้านนอกอาคาร ( $W/m^2$ )

2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) มีหลักการเดียวกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง แต่ต่างกันในเรื่องตัวแปรตามองค์ประกอบของอาคารที่ต่างกัน คำนวณได้จากสูตร

$$RTTV_i = (U_r)(1 - SRR)(T_{d_{eq}}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

- โดยที่  $RTTV_i$  = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา ( $W/m^2$ )  
 $U_r$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนทึบ ( $W/m^2-^{\circ}C$ )  
 $SRR$  = อัตราส่วนพื้นที่หลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนนั้น  
 $T_{d_{eq}}$  = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร  
 ซึ่งรวมผลคูณของการดูดกลืนรังสีของหลังคาส่วนทึบ ( $^{\circ}C$ )  
 $\Delta T$  = ค่าความต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ( $^{\circ}C$ )

SHGC = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสงหรือกระจก

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = คารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงและผนังทึบ (W/m<sup>2</sup>)

เมื่อ  $A_{w1}$  = พื้นที่ผนังส่วนที่ 1 (m<sup>2</sup>)

ฉะนั้น

$$RTTV = \frac{(A_{w1})(RTTV_1) + (A_{w2})(RTTV_2) + \dots + (A_{wi})(RTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}$$

โดยที่ RTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร(W/m<sup>2</sup>)

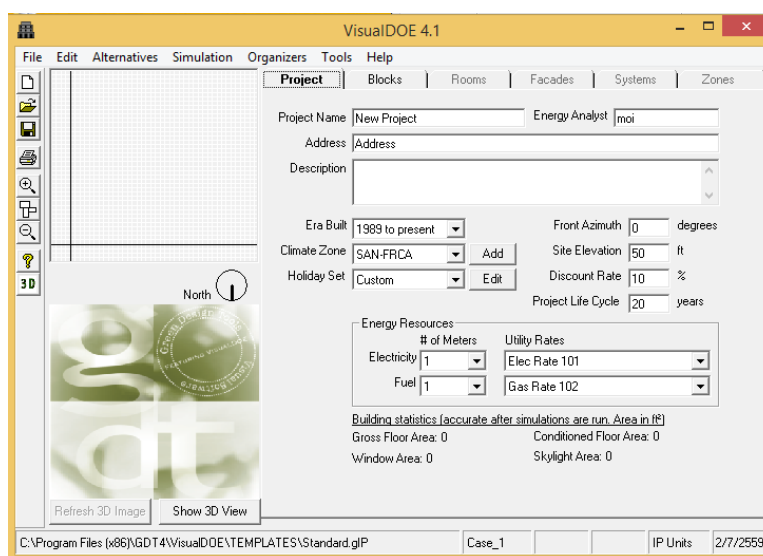


## 2.4 โปรแกรม VisualDOE 4.1

VisualDOE เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับช่วยคำนวณการใช้พลังงานในอาคารเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี ซึ่งพัฒนาโดย Architectural Energy Corporation โดยพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิก (GUI) ครอบโปรแกรม DOE 2.1 ของ Lawrence Berkeley Laboratory เพื่อช่วยในการเขียนไฟล์นำเข้า (input file) การประมาณผลจำลองการใช้พลังงาน และดึงผลลัพธ์ออกมาจากไฟล์ส่งออก (output file) ทำให้ให้ใช้งานง่ายขึ้น

การจำลองของโปรแกรมครอบคลุมระบบต่างๆของอาคารเช่น เปลือกอาคาร ไฟฟ้าแสงสว่าง แสงธรรมชาติ ระบบน้ำร้อน และระบบปรับอากาศ โดยอาศัยฐานข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงที่จัดรูปแบบไฟล์ชนิดต่างๆ เช่น TRY TMY และ WYEC เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบ อีกทั้งยังถูกนำมาใช้เพื่อช่วยพัฒนาเกณฑ์ มาตรฐาน และกฎหมายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้พลังงานในหลายประเทศทั่วโลก (ปกป้อง ปัดทวิคองคา, 2555)

VisualDOE 4.1 จะคำนวณภาระการทำความเย็น (cooling load) จากปัจจัยภายนอกอาคาร ได้แก่ การนำความร้อนจากผนังภายนอก การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านช่องหน้าต่าง และการรั่วซึมของอากาศภายนอก นำมารวมกับภาระการทำความเย็นภายในอาคารซึ่ง ได้แก่ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร ความร้อนจากหลอดไฟแสงสว่าง และความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อนำภาระการทำความเย็นจากภายนอกมารวมกับภาระการทำความเย็นภายในแล้ว โปรแกรม VisualDOE4.1 ก็จะสามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (ปกป้อง ปัดทวิคองคา, 2555)



ภาพที่ 2.6: ลักษณะหน้าต่างใช้งานของโปรแกรม VisualDOE 4.1












## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

การทบทวนวรรณกรรมเน้นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคารเพื่อศึกษาหลักการทฤษฎีพื้นฐาน กระบวนการทดลอง และผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องซึ่งเคยมีผู้ทำการศึกษามาก่อนหน้า เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาต่อยอดในการวิจัยนี้ โดยเฉพาะอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โดยปัจจัยบางอย่างจะถูกใช้เป็นตัวแปรต้นของการทดลองนี้ในลำดับต่อไป ซึ่งได้แก่










### 2.5.1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร ปัจจัยแรกที่ศึกษาคือรูปทรงอาคารซึ่งเป็นสิ่งที่สถาปนิกให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกๆในการออกแบบสถาปัตยกรรม เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีขนาดใหญ่และผู้ใช้งานอาคารสามารถรับรู้ได้ทันทีตั้งแต่ยังไม่เข้ามาใกล้อาคาร ซึ่งปัจจัยรูปทรงอาคารยังครอบคลุมไปถึงขนาด และพื้นที่ต่างๆที่เกิดขึ้นจากรูปทรงอาคาร โดยพบว่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดี (การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548) ผังพื้นรูปวงกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีค่าดัชนีการใช้พลังงาน หรือค่า EUI (Energy Use Index) ต่ำ โดยทิศทางการวางอาคารไม่ค่อยมีผลกับอาคารรูปแบบนี้ เนื่องจากแต่ละด้านมีรูปร่างเหมือนกัน ขณะที่รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่า EUI ค่อนข้างต่ำ แต่ทิศทางการวางอาคารทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่มีผลแตกต่างกัน (อุโรชา เจียรนัยพานิชย์, 2555)

ตารางที่ 2.6: ค่าเฉลี่ย EUI และ %SAVE ของอาคารสำนักงานทั้ง 9 รูปทรง ในงานวิจัยของอุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555)

ค่าเฉลี่ย %SAVE		เรียงจากมากไปน้อย						
								
X2	X1	U1	U2	L1	L2	S1	R1	C1
4.68%	4.23%	3.75%	3.60%	3.31%	3.29%	2.53%	2.48%	2.32%
กลุ่มที่ 1			กลุ่มที่ 2			กลุ่มที่ 3		

ค่าเฉลี่ย EUI (kWh/m <sup>2</sup> .y)		เรียงจากน้อยไปมาก						
								
C1	S1	R1	L1	X1	U1	U2	L2	X2
139.60	141.98	143.44	143.77	144.07	144.90	146.26	146.72	147.95
กลุ่มที่ 1			กลุ่มที่ 2			กลุ่มที่ 3		

จากการศึกษาของ(อุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555)) เกี่ยวกับผลกระทบของรูปทรงและการวางทิศทางอาคารสำนักงานในประเทศไทยต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 หรือเกณฑ์ LEED 2009 พบว่าค่าการประหยัดพลังงาน หรือค่า %SAVE ไม่สัมพันธ์กับค่าดัชนีการใช้พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.6 โดยอาคารที่มีพื้นที่อาคารเท่ากัน บางรูปทรงมีการใช้พลังงานต่ำแต่กลับมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่าบางรูปทรงที่มีการใช้พลังงานสูงกว่า เช่น รูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานต่ำที่สุดอย่างที่ได้อ้างไว้ไปแล้ว แต่กลับเป็นรูปทรงที่มีค่าการประหยัดพลังงานต่ำสุดเช่นกัน ขณะที่รูปทรงกากบาทซึ่งเป็นรูปทรงที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานมากที่สุด กลับเป็นรูปทรงที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุดในการวิจัยนี้ ทั้งที่รูปทรงอาคารที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานต่ำประหยัดพลังงานกว่าอาคารที่มีค่าดัชนีสูง แต่กลับมีค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่า โดยเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากเกณฑ์การคำนวณค่าการประหยัดพลังงานเป็นการเปรียบเทียบอาคารที่ออกแบบว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงจากอาคารอ้างอิงได้กี่เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง โดยอาคารอ้างอิงกำหนดให้มีรูปทรงเหมือนอาคารที่ออกแบบ แต่มีลักษณะขั้นต่ำตามที่มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 กำหนดไว้ โดยจำลองใน 4 ทิศทางการวาง

อาคาร คือทิศตามจริง และหมุน 90, 180 และ 270 องศา แล้วนำค่าการใช้พลังงานที่ได้มาเฉลี่ยกันจึงจะได้ค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง

ดังนั้นการออกแบบอาคารให้มีรูปทรงที่ใช้พลังงานสูงจึงมีโอกาสได้ค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่ารูปทรงที่ใช้พลังงานต่ำ เพราะทำให้อาคารอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบมีการใช้พลังงานสูง การปรับเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารที่ดีขึ้นก็จะช่วยลดพลังงานลงได้มากกว่ารูปทรงที่มีการใช้พลังงานน้อย

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) สัมพันธ์กับอัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอก หรือ CI (compactness index) โดยยิ่งมีอัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอกมากยิ่งมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดี รูปทรงที่มีอัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอกมากจะเป็นรูปทรงที่สมบูรณ์ไม่มีส่วนที่ยื่นออกมาหรือเว้าเข้าไป ขณะที่รูปทรงที่มีการใช้พลังงานมากจะเป็นรูปทรงที่ไม่สมบูรณ์ คือ มีส่วนที่ยื่นออกมาหรือเว้าเข้าไป

ค่าดัชนีการใช้พลังงานยังขึ้นอยู่กับมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร หรือ SF (shape factor) โดยอาคารที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคารเท่ากับ 1 มีแนวโน้มประหยัดพลังงานมากกว่าอาคารที่มีค่าน้อยกว่า 1















ในกรณีอาคารที่มีรูปทรงและทิศทางเดียวกันค่าดัชนีการใช้พลังงานและค่าการประหยัดพลังงานจะสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน

นอกจากนี้ยังทำการทดลองโดยใช้ข้อมูลอากาศแบบภูมิอากาศหนาวเย็น พบว่าอาคารที่มีรูปทรงและทิศทางอาคารแต่ละแบบมีค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่และค่าการประหยัดพลังงานไม่สอดคล้องกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

ผลการวิจัยของโยชมพูนาคประสิทธิ์ (2557) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของรูปทรงการวางทิศทาง และเปลือกอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทยต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกับอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ซึ่งเกณฑ์ที่พัฒนามาจากฉบับ 2007 ในงานวิจัยของอุไรษา เจริญนัยพานิชย์ (2555) และเป็นเกณฑ์หลักที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ พบว่ามีความแตกต่างจากงานวิจัยของอุไรษาอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่มีความสัมพันธ์กับค่าการประหยัดพลังงานอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 2.7 ซึ่งเป็นผลจากอาคารสำนักงานมีชั่วโมงการใช้งานในเวลากลางวัน ซึ่งมีความร้อนจากรังสีอาทิตย์เข้ามาและอุณหภูมิภายนอกมีความร้อนมากกว่าอุณหภูมิภายในอาคาร ขณะที่อาคารชุดพักอาศัยมีการใช้งานในเวลา

กลางคืน การบังแดดด้วยเงาอาคารจึงไม่มีผลใดๆ แต่อัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย ยังคงมีผลต่อการใช้พลังงานอยู่

ตารางที่ 2.7: ค่าเฉลี่ย EUI และ %SAVE ของอาคารชุดพักอาศัยทั้ง 7 รูปทรง ในงานวิจัยของ ไยชมพู นาคประสิทธิ์ (2557)

ค่าเฉลี่ย EUI(kWh/m <sup>2</sup> .y) เรียงจากน้อยไปมาก						
						
S1	I1	L2	L1	I2	U1	H1
56.65	59.07	59.74	59.75	61.9	62.44	65.81
ค่าเฉลี่ย %SAVE เรียงจากมากไปน้อย						
						
S1	I1	L2	L1	I2	U1	H1
1.17%	-3.06%	-4.23%	-4.24%	-7.99%	-8.94%	-14.81%

มีการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารของณัฐภูมิ รับคำอินทร์ (2552) โดยจำลองอาคารที่มีสัดส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับ 1 : 1, 1 : 1.1, 1 : 1.2, 1 : 1.3, 1 : 1.7, 1 : 2, 1 : 2.5, 1 : 3 และ 1 : 4 พบว่า สัดส่วนของรูปทรงและขนาดอาคารมีผลต่อการใช้งานของอาคาร โดยอาคารสำนักงานที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง (พื้นที่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร และสูงไม่ถึง 23 ม.) 6 ชั้น สูง 21 ม. พื้นที่ 3,000 ตารางเมตร และอาคารสำนักงานที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร และสูงไม่ถึง 23 ม.) 6 ชั้น สูง 21 ม. พื้นที่ 10,000 ตารางเมตร สัดส่วนที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือสัดส่วน 1 : 1.3 วางตามตะวัน ส่วนอาคารสำนักงานที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่และเป็นอาคารสูง (พื้นที่มากกว่า 2,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร และสูงมากกว่า 23 ม.) 9 ชั้น สูง 31.5 ม. พื้นที่ 9,000 ตารางเมตร 1 และอาคารสำนักงานที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและเป็นอาคารสูง (พื้นที่ตั้งแต่ 10,000 และสูงตั้งแต่ 23 ม.) 9 ชั้น สูง 31.5 ม. พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตร สัดส่วนที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือสัดส่วน 1 : 1.7 วางตามตะวัน

สัดส่วน 1 : 1.1, 1 : 1.2, 1 : 1.3 และ 1 : 1.7 การวางอาคารเอียง 45 องศาจากแนวทิศหลัก (ทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้ และทิศตะวันตก) มีการใช้พลังงานของอาคารสูงสุด ขณะที่สัดส่วน 1 : 2, 1 : 3 และ 1 : 4 การวางอาคารขวางตะวันจะมีการใช้พลังงานของอาคารสูงสุด (ณัฐภูมิ รับคำ อินทร์, 2552)

สำหรับรูปทรงอาคารอื่นๆ นอกจากวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้า เช่น แอล (L) ยู (U) เอช (H) ที (T) และ กากบาท (X) มีการศึกษาเกี่ยวประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารของวัชพล โฆษะโก (2554) พบว่าเป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดการบังแดดด้วยเงาอาคาร (self-shading) ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ แต่รูปทรงเหล่านี้ให้พื้นที่ผิวมากขึ้น เมื่อเทียบกับอาคารที่มีพื้นที่เท่ากัน แต่มีผนังรูปวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่สูงกว่า โดยการออกแบบการบังแดดด้วยเงาอาคาร ทิศทางการวางอาคารจะมีอิทธิพลอย่างมาก (Capeluto, 2003)

การวิจัยนี้จึงเลือกรูปทรงอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยเงาอาคาร (self-shading) เป็นตัวแปรเพื่อศึกษาผลกระทบจากการบังแดดของเงาอาคารข้างเคียง 2 รูปทรง คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งเป็นรูปทรงที่มีการใช้พลังงานต่ำ และรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งเป็นรูปทรงที่ทิศทางการวางอาคารมีผลต่อการใช้พลังงาน

## 2.5.2 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง หรือ WWR (Window-to-Wall Ratio) เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร พบว่า สำหรับประเทศไทยที่มีภูมิอากาศแบบร้อน - ชื้นตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 ยิ่งอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังค่ามากยิ่งทำให้ใช้พลังงานการทำความเย็นมากตาม จากงานวิจัยอิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศของวิรดา ตีราษฎร์วิเศษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2556) ศึกษา WWR 5 กรณี คือ 10% 30% 50% 70% และ 90% พบว่ากรณี WWR 90% มีการใช้พลังงานทำความเย็นมากที่สุด ตรงข้ามกรณี WWR 10% ที่มีการใช้พลังงานทำความเย็นน้อยสุด ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางการวางอาคารต่อภาระการทำความเย็นของอาคารกรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่นของอวิรุทธ์ กัลยา (2557)

นอกจากนี้ มีงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศ เพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ของสวช. วิชา ดาวประกายมงคล (2552) พบว่าหากอาคารที่ออกแบบมี WWR ไม่เกินร้อยละ 20 ผู้ออกแบบอาจ เลือกใช้กระจกธรรมดา ก็สามารถทำให้ผ่านค่า OTTV ตามที่กฎหมายกำหนดได้ โดยอัตราส่วนพื้นที่ ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังมีผลต่อด้านเทคนิคและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการเลือกใช้กระจกแต่ละ ประเภท

อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 กำหนดให้มีอัตราส่วน พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ขณะที่อาคารสำนักงานให้เช่าในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่ต้องการ พื้นที่ช่องเปิดค่อนข้างมาก เนื่องจากจะทำให้ภายในสำนักงานมีความโปร่งสบายกว่าและผู้เช่าสามารถ มองเห็นทิวทัศน์ภายนอกได้มาก (อุไรษา เจียรนัยพานิชย์, 2555)

จากการศึกษาเรื่องอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารต่อประสิทธิภาพ การใช้พลังงานของอาคารจึงกำหนดให้ปัจจัยอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเป็นอีกหนึ่งตัวแปร ในการทดลอง

### 2.5.3 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของวัสดุเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ อาคาร

ปัจจัยด้านวัสดุเปลือกอาคารมีการศึกษาทั้งที่เป็นส่วนทึบและส่วนโปร่งแสง พบว่า สำหรับ ประเทศไทยวัสดุเปลือกอาคารต้องลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยค่า U-Value หรือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (transmission coefficient) ควรต่ำ (การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548)

จากการศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งฉนวนภายในและภายนอกของผนังต่อประสิทธิภาพการใช้ พลังงานปรับอากาศของกษิดา ชำนาญดี (2554) พบว่าการติดตั้งฉนวนสามารถลดการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่อาคารได้ ซึ่งควรติดตั้งให้เหมาะสมกับช่วงเวลาใช้งานอาคาร ในอาคารที่มีการปรับอากาศ เฉพาะช่วงกลางวันหรือกลางคืนสำหรับกรณีประเทศไทย การติดตั้งฉนวนภายในช่วยลดพลังงานใน การทำความเย็นได้มากกว่าฉนวนภายนอก เนื่องจากใช้พลังงานในช่วงเริ่มต้นน้อยกว่าการติดตั้งฉนวน ภายนอก 34.76 – 35.1 % และในอาคารที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง การติดตั้งฉนวน ภายนอกสามารถลดอัตราการใช้พลังงานได้มากกว่าฉนวนภายใน 0.57 % ซึ่งผลจากการติดตั้งฉนวน

ในประเทศไทยมีความต่างจากการศึกษาที่คล้ายคลึงกันในภูมิภาคแบบหนาว (Chaiwivatworakul et al., 2013)

อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ที่ตั้งอยู่ในกลุ่มสภาพภูมิอากาศที่ 1 (ภูมิอากาศแบบร้อน – ชื้น) กำหนดให้ใช้ผนัง Steel-framed ซึ่งมีค่า U เท่ากับ  $0.705 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$

สำหรับวัสดุเปลือกอาคารประเภทกระจก ในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของส่วนประกอบอาคารต่อประสิทธิภาพพลังงานในอาคารสำนักงาน (Maestre et al., 2015) พบว่าปัจจัยค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และค่า U-Value ของกระจกเป็นปัจจัยที่มีผลสูงสุดตามลำดับ สูงกว่าปัจจัยการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ ผนังภายในอาคาร และผนังภายนอกอาคาร

มีการศึกษาเกี่ยวประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของสารเคลือบกระจกกันความร้อนของอาคารในเขตสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย ภาววิวัฒน์สกุล (2555) พบว่าสารเคลือบกระจกมีประสิทธิภาพในการต้านความร้อนสูงกว่ากระจกติดฟิล์มในกรณีกระจกใส 3 มม. กระจกสะท้อนความร้อน กระจกอินซูลेट และกระจกอินซูลेट Low-E แต่น้อยกว่ากรณีกระจกเขียว 6 มม. จากนั้นนำค่าต่างๆของกระจกที่วัดได้จากการทดลองจริงมาทำการจำลอง พบว่าในกรณีอาคารสำนักงานการทาสารเคลือบให้กระจกชนิดต่างๆช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ แต่เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่า เศรษฐศาสตร์สารเคลือบกระจกกันความร้อนเหมาะสมกับอาคารสำนักงานที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80 % ที่มีการวางผังอาคารเรียง 45 และ 135 องศา ซึ่งอาคารที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานของอาคารสูง โดยต้องเป็นอาคารที่ใช้กระจกอินซูลेटหรือกระจกอินซูลेट Low-e ซึ่งเป็นกระจกที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูง

จากศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิผลของค่าสัมประสิทธิ์ในกระจกและแผงบังแดดของจิเรเดช เทพพิพิธ (2555) พบอีกว่าประสิทธิผลการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศของอาคารที่ใช้ค่า SHGC ต่ำกว่าอาคารที่ใช้ค่า SC (Shading Coefficient) หรือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของแผงบังแดด ในทุกกรณีศึกษา โดยมีแนวโน้มของความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 ค่าสัมประสิทธิ์มากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเลือกใช้กระจกคุณภาพดีและอุปกรณ์บังแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดดีขึ้น (ค่า SHGC และ SC ต่ำลง) เช่นเดียวกับผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ซึ่งอาคารที่ใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์

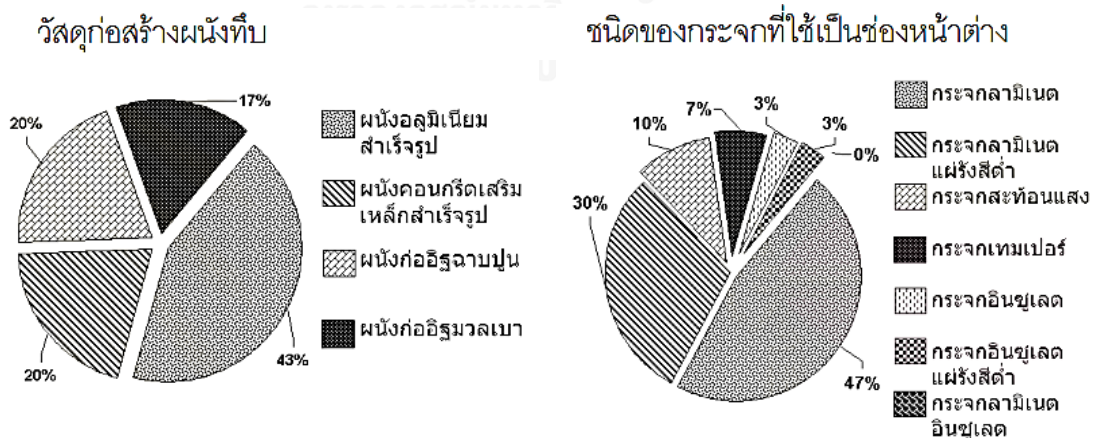
การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ต่ำกว่า แต่ในทางกลับกันอาคารที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดจะมีความสามารถในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ดีกว่า

อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ที่ตั้งอยู่ในกลุ่มสภาพภูมิอากาศที่ 1 (ภูมิอากาศแบบร้อน - ชื้น) กำหนดให้ใช้กระจกที่มีค่า U เท่ากับ  $6.81 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  และค่า SHGC เท่ากับ 0.25

สวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) ทำการสำรวจข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์กับกลุ่มตัวอย่างสถาปนิกที่มีประสบการณ์การออกแบบอาคารสำนักงานปรับอากาศที่เป็นอาคารสูง (ความสูงตั้งแต่ 23 ม. ขึ้นไป) และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ (พื้นที่มากกว่า 10,000 ตารางเมตร) จำนวน 30 คน

ด้านวัสดุก่อสร้างผนังทึบที่นิยมใช้สำหรับสำนักงานที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เลือกใช้ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูปถึง 43 % และส่วนที่เหลือเลือกใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังก่ออิฐมวลเบา ในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน

ส่วนชนิดกระจกที่ใช้เป็นช่องหน้าต่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เลือกใช้กระจกลามิเนตถึง 47 % รองลงมาเป็นกระจกลามิเนตแผ่นรังสีต่ำ (Low-E) 30% กระจกสะท้อนแสง 10 % และกระจกชนิดอื่นๆรวมกัน 13 % ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.1



แผนภูมิที่ 2.1: แสดงสัดส่วนการเลือกใช้วัสดุก่อผนังทึบ (ซ้าย) และชนิดกระจกที่ใช้เป็นช่องหน้าต่างต่าง (ขวา) (สวิชญา ดาวประกายมงคล, 2552)



ข้อมูลจากการสำรวจของสวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดตัวแปรปัจจัยชนิดผนังทึบและปัจจัยชนิดผนังโปร่งแสง โดยพิจารณาร่วมกับ ค่า U และ ค่า SHGC ของกระจก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร

#### 2.5.4 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของการบังแดดต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

ในปัจจัยด้านรูปแบบการติดตั้งและความกว้างของแผงกันแดด พบว่า กันสาด หรือ แผงกันแดดแนวนอน และแผงกันแดดแนวตั้ง มีผลต่อใช้พลังงานในการทำความเย็น สามารถประหยัดพลังงานทำความเย็นได้ประมาณ 20% ลดการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยสามารถลดพลังงานทำความเย็นด้วยกันสาด และแผงกันแดดแนวตั้ง ถึง 19.7% และ 17.3% ตามลำดับ (Cho, Kim, and Yoo, 2014) การใช้แผงบังแดดภายใน การใช้แผงบังแดดที่มีค่า solar transmittance ต่ำ จะมีการใช้พลังงานที่มากขึ้น ด้านความน่าสบายทางอุณหภูมิ (thermal comfort) การใช้แผงบังแดดภายนอกและภายใน ให้ผลในเรื่องสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิไม่ต่างกันมาก แผงบังแดดแบบที่มีค่า solar transmittance สูง ทำให้มีความน่าสบายทางอุณหภูมิมากขึ้น (Atzeri, Cappelletti, and Gasparella, 2014)



ภาพที่ 2.7: อาคาร 2 หลังที่มีลักษณะเหมือนกัน

หลัง A มีต้นไม้บังแดด หลัง B ไม่มีต้นไม้บังแดด (Balogun et al., 2014)

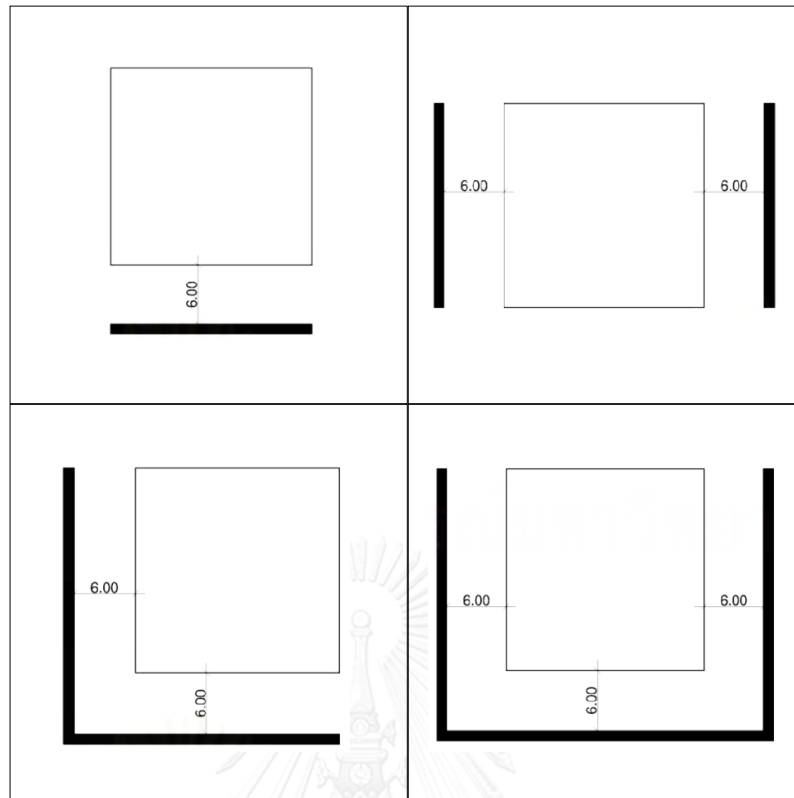
มีการศึกษาการบังแดดซึ่งเกิดจากผลกระทบของเงาต้นไม้ต่อการใช้พลังงานในการทำความร้อนความเย็นในอาคาร 2 หลังที่มีลักษณะคล้ายกัน ที่ประเทศไนจีเรีย ดังแสดงในภาพที่ 2.7 พบว่าอาคารที่มีต้นไม้บังใช้พลังงานน้อยกว่า เนื่องจากการใช้ต้นไม้ผลัดใบทำให้ต้นไม้จะบังแดดในหน้าร้อน

ซึ่งไม่ต้องการความร้อนจากดวงอาทิตย์ ลดพลังงานในการทำความเย็น และผลัดใบในหน้าหนาว ให้ความร้อนเข้าสู่อาคาร ลดพลังงานในการทำความร้อน (Balogun et al., 2014)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับอิทธิพลของการบังแดดต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร ทำให้เกิดสมมติฐานว่าอาคารที่มีอาคารข้างเคียงบังแดดน่าจะช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารลงได้ จึงทำการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากอาคารข้างเคียงในลำดับต่อไป

### 2.5.5 การศึกษาผลกระทบจากอาคารข้างเคียงต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงสู่พื้นดิน

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบจากอาคารข้างเคียงต่อพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดอาคารข้างเคียง 4 แบบ คือ ผังอาคารรูปตัวไอประชิดที่ดิน ตัวไอคู่ตรงข้ามที่ดิน ตัวแอลประชิดมุม และตัวยูโอบล้อมที่ดิน ดังแสดงในภาพที่ 2.8 โดยเพิ่มความสูงชั้นที่ละ 10 ม. 3 ช่วงความสูง คือ 0 – 100 ม., 110 – 200 ม. และ 250 – 300 ม. พบว่า ผังอาคารรูปตัวไอประชิดที่ดินมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นดินน้อยที่สุด ขณะที่กรณีตัวยูโอบล้อมที่ดินมีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นดินเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยลดลงเหลือ 1 ใน 4 ของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยอ้างอิงตลอดทั้งปีของประเทศไทย (สถาปนั เชื้อสถาปนศิริ, 2553) จึงกำหนดให้อาคารกรณีศึกษาในการวิจัยนี้มีอาคารข้างเคียงแบบตัวยูโอบล้อม



ภาพที่ 2.8: ผังอาคารทั้ง 4 แบบในงานวิจัยของสถาปนิก เชื้อสถาปนศิริ (2553)

### 2.5.6 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการบังแดด

สุวภา ขจรฤทธิ์ (2552) ทำการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการบังแดด พบว่า พื้นที่ของเงาตกทอดที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับวัน เวลา และที่ตั้ง รวมไปถึงรูปทรงและความสูงของอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 2.8 ดังนั้นจึงกำหนดให้ความสูงของอาคารข้างเคียงเป็นอีกตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยนี้

ตารางที่ 2.8: พื้นที่เงาตกทอดของอาคารที่มีความสูงต่างๆ (สุวภา ขจรฤทธิ์, 2552)

วันที่ 21 ธันวาคม	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	17.00 น.
อาคารสูง 15 เมตร										
อาคารสูง 23 เมตร										
อาคารสูงกว่า 23 เมตร (60 เมตร)										

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่ามีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของรวมอาคาร เช่น รูปทรงอาคาร ทิศทางการวางอาคาร อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) ชนิดวัสดุผนังทึบ ชนิดวัสดุผนังโปร่ง และการบังแดด โดยปัจจัยการบังแดดจากเงาอาคารข้างเคียงเป็นปัจจัยที่ยังไม่มีการกล่าวถึงในกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ ไทย และในเกณฑ์ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทย ขณะที่เกณฑ์ LEED V.4 ซึ่งเป็นเกณฑ์อาคารเขียวที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยเริ่มคำนึงถึงความสำคัญของปัจจัยนี้ โดยหัวข้อ Optimize Energy Performance ซึ่งเป็นหัวข้อที่กำหนดให้ทำการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบ เพื่อหาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอาคารที่ออกแบบว่าประหยัดพลังงานจากอาคารอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 เท่าไร ในหัวข้อนี้มีการเพิ่มเงื่อนไขการจำลองการใช้พลังงาน โดยกำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียงด้วย ทั้งในการจำลองการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ จากเดิมที่ LEED 2009 ซึ่งอ้างอิงการจำลองการใช้พลังงานของอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 ไม่ได้กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียง

ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงานตามสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงและการออกแบบอาคารที่เหมาะสมตามเกณฑ์ LEED V.4

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานและโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ของอาคารสำนักงานในประเทศไทย ซึ่งอ้างอิงการจำลองการใช้พลังงานของอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ทำการจำลองผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisaulDOE 4.1 จำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีเปลือกอาคารแบบต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่มีความสูงแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED 2009 ซึ่งอ้างอิงการจำลองการใช้พลังงานของอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 เพื่อหาผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โดยพิจารณาจากค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) และหาโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ซึ่งจะเก็บรวบรวมทำการวิเคราะห์ ก่อนที่จะสรุปผลและนำไปสู่การเสนอแนวทางการออกแบบหรือปรับปรุงแก้ไขอาคารสำนักงานตามเกณฑ์ LEED V.4 โดยมีขั้นตอนรายละเอียดในการวิจัยดังนี้

- 3.1 ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
- 3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างอาคารที่ออกแบบ
- 3.3 สร้างอาคารอ้างอิงของอาคารรูปทรงต่างๆตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010
- 3.4 จำลองผลอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ
- 3.5 การเก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบเพื่อหาค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4
- 3.6 เปรียบเทียบค่าพลังงานรวมของอาคารและระดับคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ของอาคารตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4
- 3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 3.8 เสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน LEED V.4

### 3.1 ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และเกณฑ์ LEED V.4 รวมถึงศึกษามาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 ที่ถูกใช้อ้างอิงในเกณฑ์ LEED 2009 และมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ที่ถูกใช้อ้างอิงในเกณฑ์ LEED V.4 เพื่อทราบข้อกำหนดในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร ประสิทธิภาพขั้นต่ำของอาคารอ้างอิง และความแตกต่างของเกณฑ์และมาตรฐานต่างๆ

ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของอาคาร และศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือจำลองการใช้พลังงานของอาคารในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมในการสร้างอาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิง

### 3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างอาคารที่ออกแบบ

จากการทบทวนวรรณกรรมนำมาสู่การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยเพื่อสร้างอาคารที่ออกแบบ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคาร และไม่มีผลกระทบด้านการบังแดด เพื่อจะได้สามารถพิจารณาผลกระทบจากการบังแดดของอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานรวมของอาคารได้อย่างชัดเจน โดยกำหนดตัวแปรต้นทั้งหมด 5 ปัจจัย ดังนี้

#### 3.2.1 ตัวแปรต้น

1. ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม
2. รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม
3. อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (Window to wall ratio : WWR)
4. ชนิดของผนังทึบ
5. ชนิดของผนังโปร่งแสง

ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังต่อไปนี้

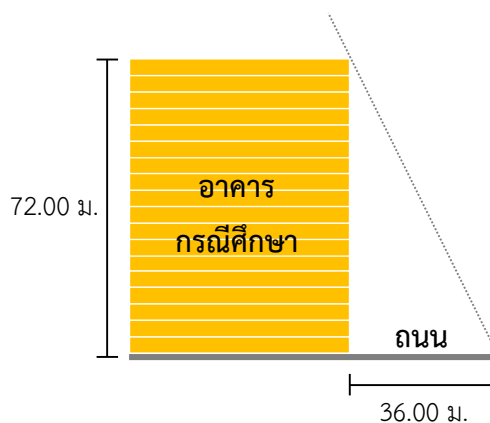
### 1. ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

เนื่องจากความสูงของอาคารข้างเคียงมีความสัมพันธ์กับระยะของเงาที่เกิดขึ้น (สุวภา ขจรฤทธิ์, 2552) จึงกำหนดให้ความสูงของอาคารข้างเคียงเป็นสัดส่วนกับระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียงซึ่งเท่ากับ 12 ม. (ระยะร่นของอาคารกรณีศึกษา 6 ม. และระยะร่นของอาคารข้างเคียง 6 ม.) เพิ่มขึ้นทีละเท่าๆกันเช่นเดียวกับงานวิจัยสถาบัน เชื้อสถาปนศิริ (2553) ซึ่งพบว่าความสูงอาคารข้างเคียงในช่วงความสูงที่เกิน 100 ม. ขึ้นไป ความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงสู่พื้นน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงความสูง 1 – 100 ม. ดังนั้นจึงกำหนดความสูงอาคารข้างเคียง 3 ระดับ ดังนี้

1. **24 ม.** (2 เท่าของระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง และ 0.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)
2. **48 ม.** (4 เท่าของระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง และ 1 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)
3. **72 ม.** (6 เท่าของระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง และ 1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)

ความสูง 48 ม. เป็นความสูงของอาคารพาณิชย์ในการศึกษาเกี่ยวกับ OTTV สำหรับอาคารพาณิชย์ในประเทศไทย (Chirarattananon and Taveekun, 2004)

ความสูง 72 ม. เป็นความสูงอาคารข้างเคียงสูงสุดที่สร้างได้โดยที่อาคารข้างเคียงทั้งหลังมีความสูงเท่ากัน ซึ่งกฎหมาย (กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543) กำหนดให้สร้างได้สูงไม่เกิน 2 เท่าของระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับเขตถนนฝั่งตรงข้าม โดยถนนกว้าง 30 ม. และอาคารกรณีศึกษามีระยะร่น 6 ม. จึงมีระยะห่างระหว่างอาคารกรณีศึกษากับเขตถนนฝั่งตรงข้าม 36 ม. ทำให้สร้างอาคารได้สูงสุด 72 ม. ดังแสดงในภาพที่ 3.1 นอกจากนี้ความสูง 72 ม. ยังเทียบได้กับอาคารสำนักงานสูง 18 ชั้น ที่มีระยะพื้นถึงพื้นสูง 4 เมตร (แบบเดียวกับอาคารกรณีศึกษา)



ภาพที่ 3.1: ความสูงของอาคารและระยะระหว่างอาคารกรณีศึกษากับเขตถนนฝั่งตรงข้ามตามกฎหมาย

ความสูง 24 ม. มาจากอาคารสูง 23 ม. และมีผนังคาดฟ้าสูง 1 ม. เนื่องจากอาคารที่สูงตั้งแต่ 23 ม. ถือเป็นอาคารสูงตามกฎหมาย (กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535) โดยความสูงอาคารจะวัดจากระดับอ้างอิงถึงระดับพื้นของคาดฟ้า ดังนั้นในการออกแบบหากสถาปนิกที่ไม่ต้องการให้อาคารเป็นอาคารสูงตามกฎหมายมักออกแบบให้อาคารมีความสูงใกล้เคียง 23 ม. ที่ให้มากที่สุดเพื่อให้มีความสูงจากพื้นถึงพื้นมากที่สุด โดยออกแบบให้สูงน้อยกว่า 23 ม. เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในการก่อสร้างจริง ความสูงของอาคารไม่ได้สิ้นสุดที่พื้น มักมีกำแพงคาดฟ้าขึ้นมาเพื่อควบคุมน้ำฝนไม่ให้ตกโดยรอบและใช้เป็นเพื่อกันคนตก ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และความสูงนี้ยังเทียบได้กับอาคารสำนักงานสูง 6 ชั้น ที่มีระยะพื้นถึงพื้นสูง 4 เมตร (แบบเดียวกับอาคารกรณีศึกษา)



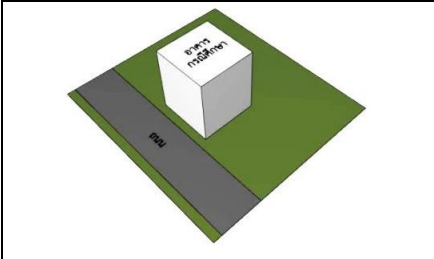
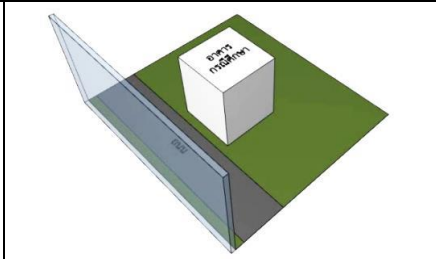
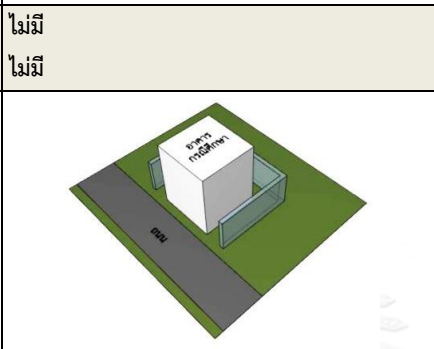
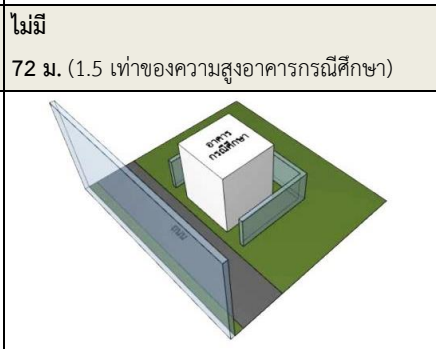
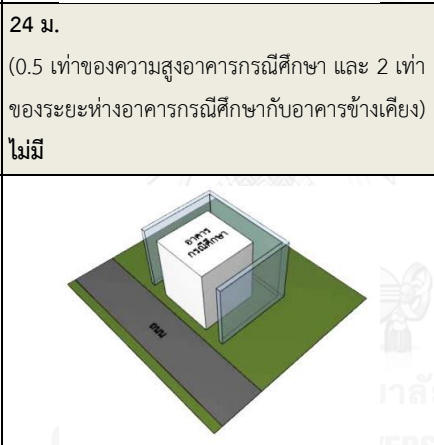
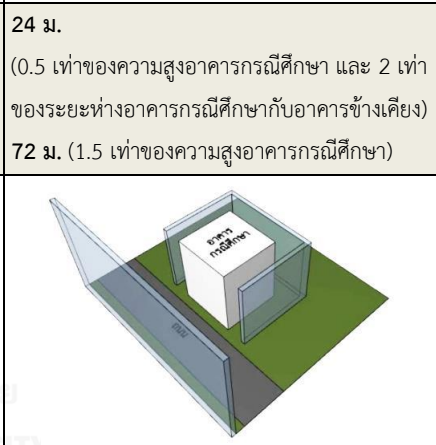
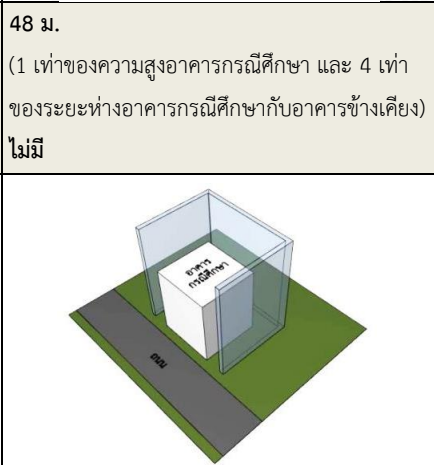
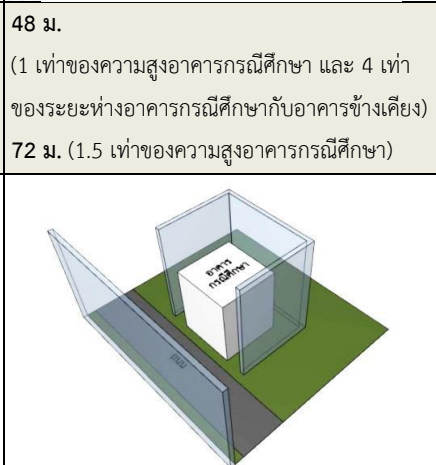
ภาพที่ 3.2: ลักษณะของคาดฟ้าอาคาร

ที่มา: [http://www.floortechconstruction.com/product/polyurethane\\_water\\_proof](http://www.floortechconstruction.com/product/polyurethane_water_proof)

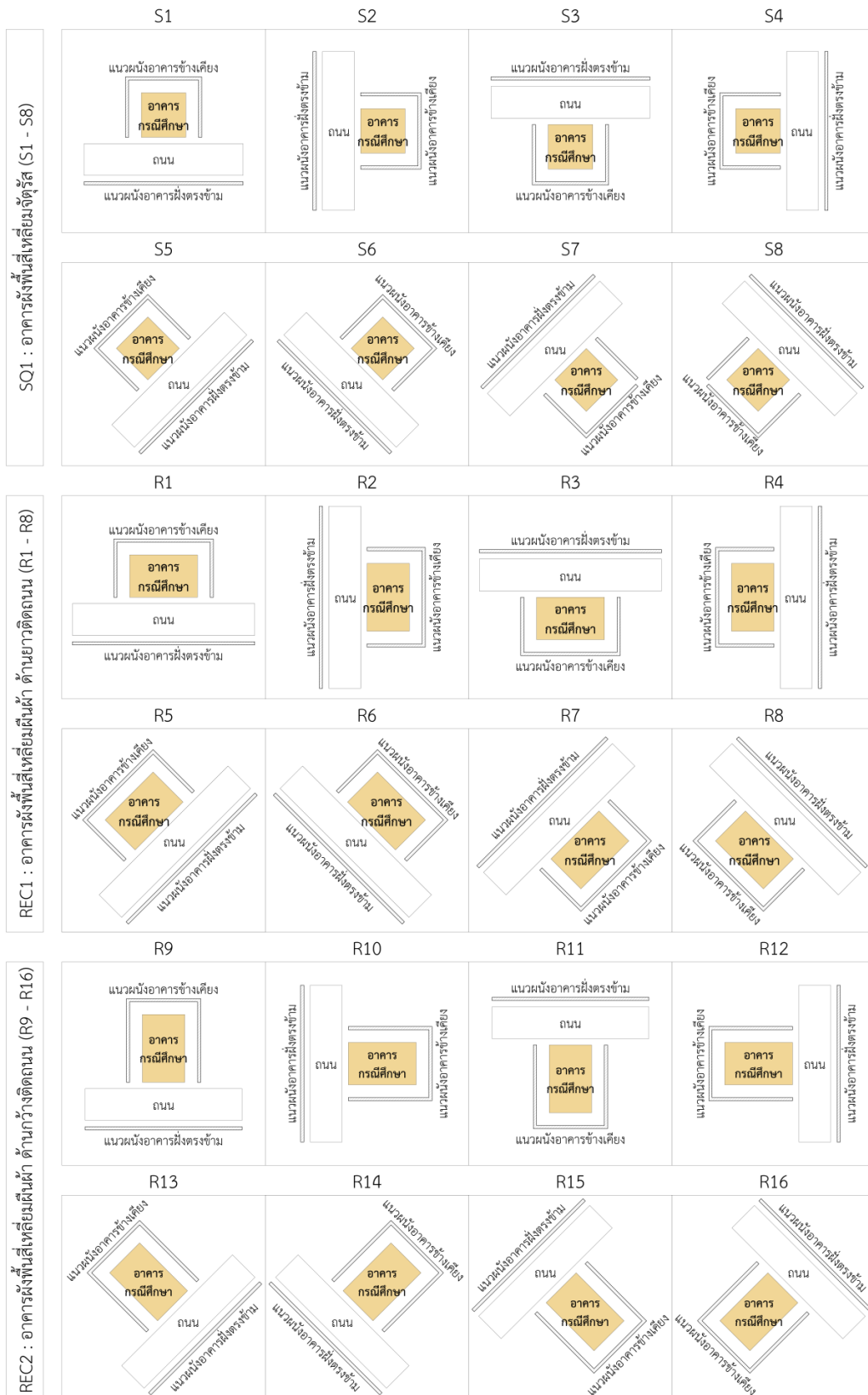
<http://www.genialthai.com/jitwaree.html>



ตารางที่ 3.1: ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

		
ความสูงอาคารข้างเคียง	ไม่มี	ไม่มี
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม	ไม่มี	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)
		
ความสูงอาคารข้างเคียง	24 ม. (0.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 2 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)	24 ม. (0.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 2 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม	ไม่มี	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)
		
ความสูงอาคารข้างเคียง	48 ม. (1 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 4 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)	48 ม. (1 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 4 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม	ไม่มี	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)
		
ความสูงอาคารข้างเคียง	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 6 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา และ 6 เท่าของระยะห่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารข้างเคียง)
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม	ไม่มี	72 ม. (1.5 เท่าของความสูงอาคารกรณีศึกษา)

## 2. รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม

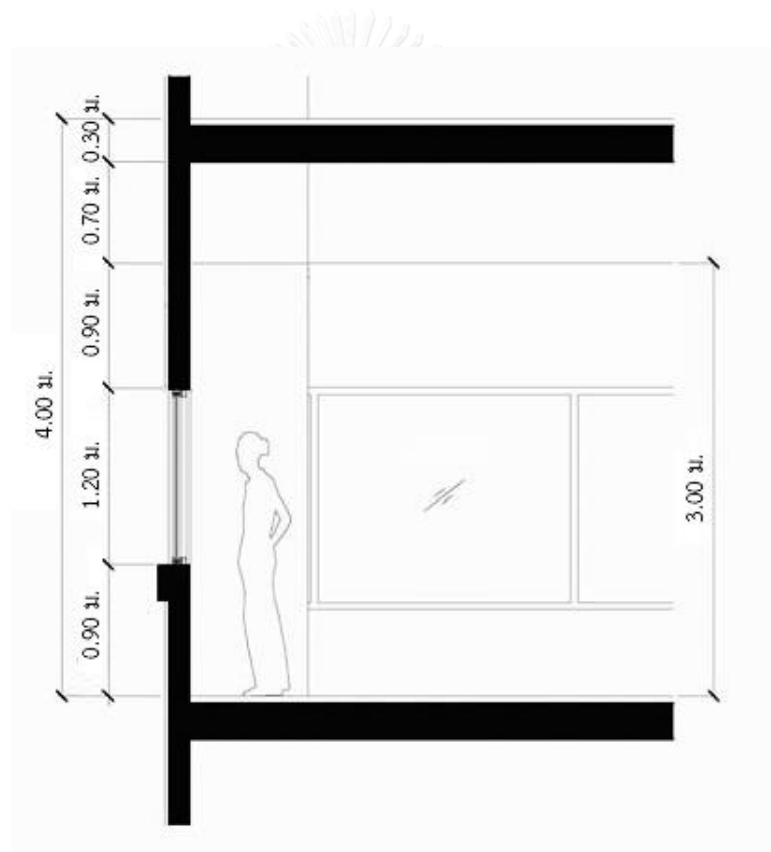


ภาพที่ 3.3: รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม

### 3. อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (Window to wall ratio : WWR) ได้แก่

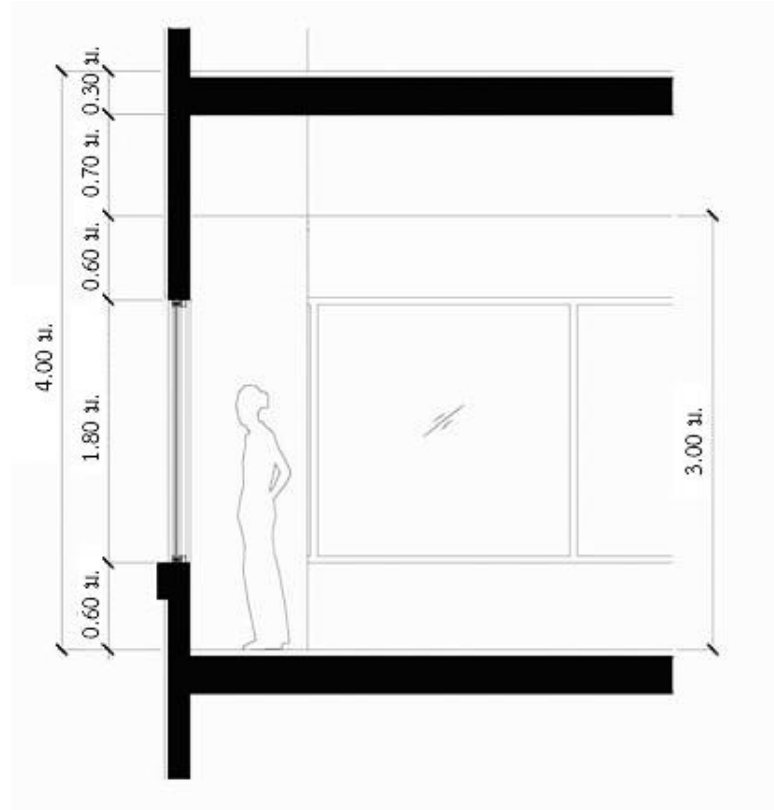
อาคารอ้างอิง (อาคาร Baseline) ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 กำหนดให้มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40 % ขณะที่อาคารสำนักงานให้เช่าในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่ต้องการพื้นที่ช่องเปิดค่อนข้างมาก เนื่องจากจะทำให้ภายในสำนักงานมีความโปร่งสบายและผู้ใช้สามารถมองเห็นทิวทัศน์ภายนอกได้มาก ดังนั้นอาคารกรณีศึกษาในการวิจัยนี้จึงกำหนดให้มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 2 ขนาด โดยอ้างอิงขนาดจากงานวิจัยของอุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555) คือ

#### 1) WWR 40 % (เท่ากับอาคารอ้างอิง)



ภาพที่ 3.4: ภาพตัดอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 40 %

## 2) WWR 60 %



ภาพที่ 3.5: ภาพตัดอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 60 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 หมายเหตุ: การหาขนาดอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังในงานวิจัยนี้ คำนวณเฉพาะผนัง  
 ผนังที่ปรับอากาศ ไม่คำนวณผนังที่ได้ฝ้า

#### 4. ชนิดของผนังทึบ

การวิจัยนี้กำหนดวัสดุก่อสร้างผนังทึบของอาคารกรณีศึกษา 3 ชนิด คือ ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป, ผนังก่ออิฐมวลเบา และผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ซึ่งเป็นวัสดุผนังทึบที่นิยมใช้ในอาคารสำนักงานปรับอากาศจากการสำรวจของสวช. ดาวยุทธ (2552) ตัวอย่างผนังทึบที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่

ตารางที่ 3.2: คุณสมบัติของผนังทึบ

รหัส	ชนิดผนัง	ประเภทผนัง	ค่า U* (W/m <sup>2</sup> .C)
W1	อลูมิเนียมสำเร็จรูป ทหนา 3 มม.+ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. ทหนา 5 ซม.+ แผ่นยิปซัม ทหนา 1 ซม.	Low mass	0.66
W2	ผนังก่ออิฐมวลเบาทหนา 0.17 ม. (ปูนฉาบ 10 มม.+ผนังมวลเบา 150 มม.+ปูนฉาบ 10 มม.)	High mass	1.55
W3	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปทหนา 0.17 ม. (ปูนฉาบ 15 มม.+ผนังคอนกรีต 140 มม.+ปูนฉาบ 15 มม.)	High mass	3.38

\* ค่า U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละแบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พ.ศ.2552

## 5. ชนิดของผนังโปร่งแสง

ชนิดวัสดุผนังโปร่งแสงหรือกระจกที่ใช้เป็นช่องหน้าต่างของอาคารกรณีศึกษากำหนดให้ใช้กระจก 4 ชนิด คือ กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกระจกสะท้อนแสง, กระจกลามิเนต และกระจกลามิเนตแผ่นรังสีต่ำ (เคลือบสาร Low-E) ซึ่งเป็นกระจกที่ได้รับความนิยมมากในอาคารสำนักงานปรับอากาศจากการสำรวจของสวชญา ดาวประกายมงคล (2552) นอกจากนี้ยังใช้กระจกลามิเนตอินซูเลตแผ่นรังสีต่ำ (เคลือบสาร Low-E) ซึ่งมีค่า U และค่า SHGC ต่ำ ตัวอย่างผนังโปร่งแสงที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่

ตารางที่ 3.3: คุณสมบัติของผนังโปร่งแสง

รหัส	ชนิดกระจก	ค่า U* (W/m <sup>2</sup> .C)	ค่า SHGC**
G1	กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (คุณสมบัติใกล้เคียงกับกระจกสะท้อนแสง)	6.81	0.25
G2	กระจกลามิเนตสีเขียว Green 6 mm.A/N + Clear PVB 0.76 mm. + Clear 6 mm.	5.44	0.51
G3	กระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E Clear 6 mm. A/N + Clear PVB 0.76 mm. + Green 6 mm. H/S (Low-E #4)	2.93	0.37
G4	กระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E Clear 6 mm.A/N + Clear PVB 0.38 mm. + Green 6 mm. A/L (Low-E #4) +10 mm. bending spacer with argon gas + Clear 6 mm. A/N	1.85	0.28

\* ค่า U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

\*\* ค่า SHGC ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์

ที่มา : บริษัทกระจกไทยอาซาฮี จำกัด (G1) และบริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตีกลาส จำกัด (G2 และ G3)

### 3.2.2 ตัวแปรควบคุม

อาคารกรณีศึกษา และข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพฯ TMY (BKK TMY) จัดทำโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นภูมิอากาศร้อนชื้น



ภาพที่ 3.6: อาคารกรณีศึกษา อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม



ภาพที่ 3.7: รูปร่างและขนาดของอาคารฝั่งสี่เหลี่ยมจัตุรัส



ภาพที่ 3.8: รูปร่างและขนาดของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสำนักงาน โดยศึกษาอาคารที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดด 2 รูปทรงที่ไม่มีการบังแดดด้วยเงาอาคาร (Self-Shading) เพื่อศึกษาเฉพาะผลกระทบจากเงาอาคารข้างเคียงเท่านั้น ได้แก่ 1. อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งเป็นรูปทรงที่มีการใช้พลังงานของอาคารต่ำกว่าอาคารอื่นที่มีพื้นที่เท่ากัน เนื่องจากมีอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคารน้อย (การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548) พื้นที่อาคาร 21,168 ตร.ม. ผังพื้นที่กว้าง 42 ม. ยาว 42 ม. ดัดแปลงจาก อาคาร EXCHANGE TOWER ดังแสดงในภาพที่ 3.7 2. อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเป็นรูปทรงที่ทิศทางการวางอาคารมีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร (อุไรษา เจียรนัยพานิชย์, 2555) พื้นที่อาคาร 29,760 ตร.ม. ผังพื้นที่กว้าง 40 ม. ยาว 64 ม. ดัดแปลงจากอาคาร อาคาร PARK VENTURES ECOPLEX ดังแสดงในภาพที่ 3.8 เพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงอาคารที่สร้างขึ้นจริง อาคารสูง 12 ชั้น 48 ม. อ้างอิงจำนวนชั้นและความสูงจากการศึกษาเรื่อง OTTV สำหรับอาคารพาณิชย์ในประเทศไทย (Chirattananon and Taveekun, 2004) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (LPD)  $10.5 \text{ W/m}^2$  และค่ากำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (EPD)  $10.5 \text{ W/m}^2$  ขนาดถนนในการทดลองกำหนดจากขนาดถนนใหญ่ในย่านศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) ตามรายงานตลาดสำนักงานในกรุงเทพฯ ประเทศไทย ไตรมาศที่ 2 ปี 2556 ของบริษัท Colliers international (Kongcheep, 2013) พิจารณาร่วมกับกฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 โดยเขตทางขนาด 30 ม. เป็นขนาดเขตทางหนึ่งที่กำหนดในแผนผังแสดง



โครงการคมนาคมและขนส่ง และเป็นขนาดที่ใช้พิจารณาอนุญาตให้สร้างอาคารขนาดใหญ่ขึ้นในบางประเภทพื้นที่ นอกจากนี้ยังเป็นระยะน้อยสุดที่สร้างอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูง 72 ม. ได้ตามกฎหมาย

### 3.3 สร้างอาคารอ้างอิงของอาคารรูปทรงต่างๆตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010

การสร้างอาคารอ้างอิงจะมีลักษณะเหมือนอาคารที่ออกแบบ แต่จะมีการกำหนดลักษณะบางประการไว้ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4: ลักษณะต่างๆของอาคารอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 และ 2010

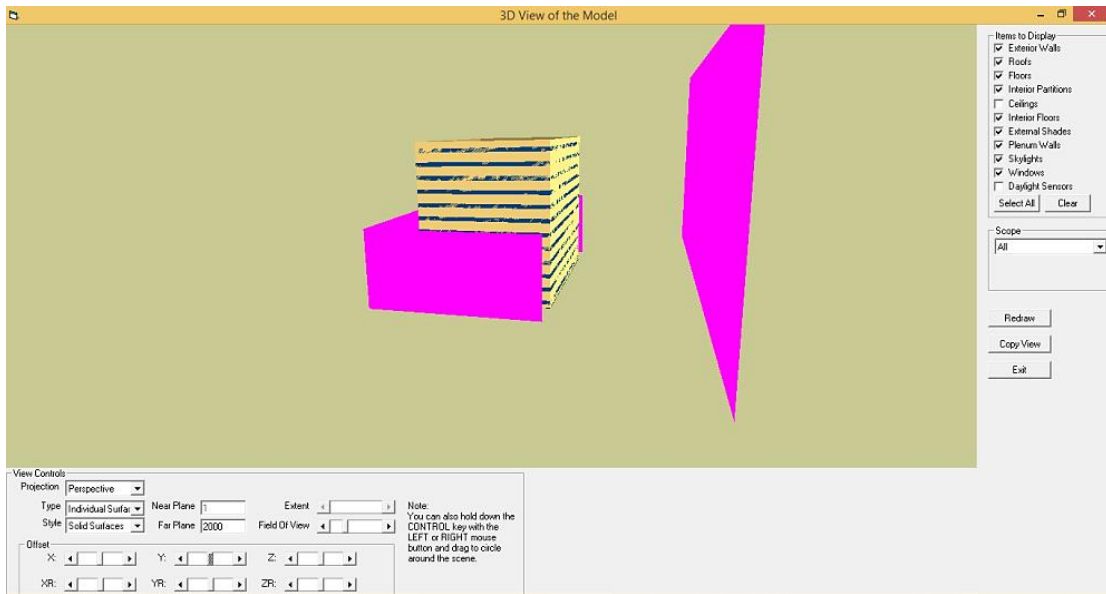
เปลือกอาคาร	หลังคา : Insulation Entirely above Deck ค่า U 0.360 W/m <sup>2</sup> .C ผนังอาคาร : Steel Frame ค่า U 0.705 W/m <sup>2</sup> .C พื้น : Steel Joist ค่า U 1.986 W/m <sup>2</sup> .C กระจก : ค่า U 6.81 W/m <sup>2</sup> .C ค่า SHGC 0.25 อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) ไม่เกิน 40 % ไม่มีแผงกันแดด วัสดุอาคารให้จำลองโดยไม่มีมวลอุณหภูมิ
งานระบบ	LPD : 11 W/m <sup>2</sup> ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 LPD : 10.5 W/m <sup>2</sup> ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 Centrifugal Chiller COP : 6.10 ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 Centrifugal Chiller COP : 6.17 ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 HVAC System : Variable Air Volume
อื่นๆ	กำหนดให้ไม่มีการบังแดดด้วยเงาอาคาร (Self-Shading) มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 ไม่ได้กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียง มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียง

ค่าพลังงานรวมของอาคารอ้างอิง คือ ค่าพลังงานรวมเฉลี่ยของอาคารแบบเดียวกับอาคารที่ออกแบบ มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบเดียวกัน ผนังตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ค่า U เท่ากับ 0.705 W/m<sup>2</sup>.C กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 หรือ G1 ใน 4 ทิศทางการวางอาคาร คือทิศทางเดียวกับอาคารที่ออกแบบ และทิศทางที่หมุนอาคาร 90, 180 และ 270 องศา

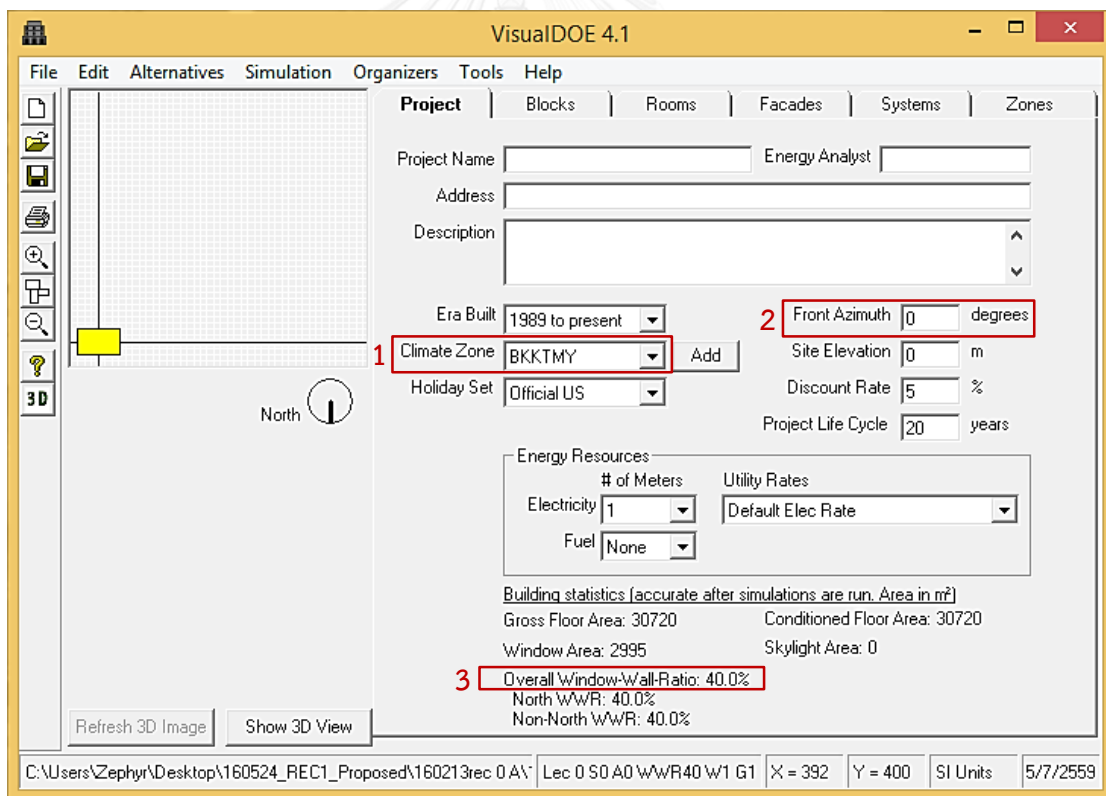
### 3.4 จำลองอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ

เมื่อกำหนดอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ แล้วจึงทำการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าการใช้พลังงานของอาคารทั้งหมด โดยมีขั้นตอน ดังนี้

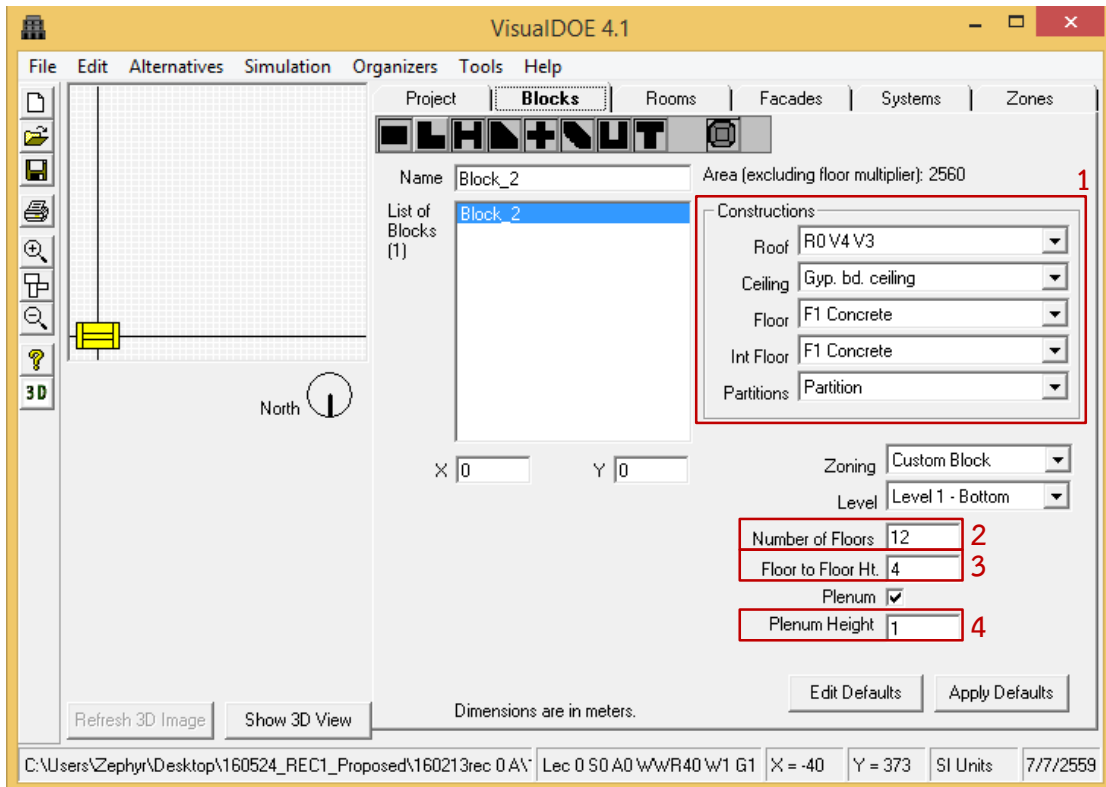
- 3.4.1 สร้างแบบจำลองของอาคารกรณีศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 3.9
- 3.4.2 ตั้งค่าไฟล์อากาศ ทิศทางการวางอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 3.10
- 3.4.3 ตั้งค่าวัสดุโครงสร้าง จำนวนชั้นและความสูงต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.11
- 3.4.3 สร้างวัสดุเปลือกอาคารต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.12
- 3.4.4 ตั้งค่าเปลือกอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 3.13
- 3.4.5 ตั้งค่าการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์ไฟฟ้า ความหนาแน่นของผู้ใช้งาน และข้อมูลอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.14
- 3.4.6 สร้างอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม ดังแสดงในภาพที่ 3.145
- 3.4.7 ตั้งค่าระบบปรับอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3.16 – 3.18
- 3.4.8 ตั้งค่าพื้นที่ปรับอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3.19
- 3.4.9 โปรแกรมประมวลผลการใช้พลังงานของอาคาร



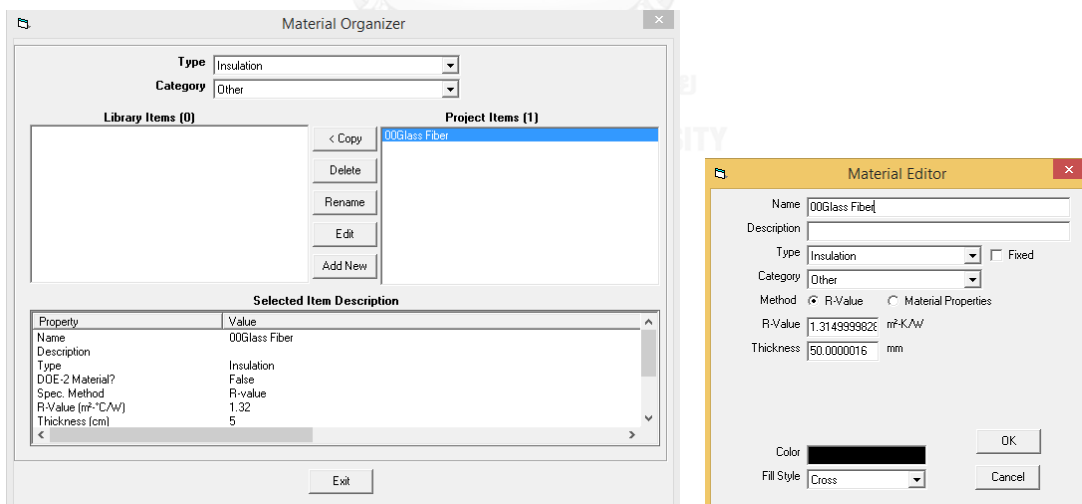
ภาพที่ 3.9: ภาพ 3 มิติ ของอาคารกรณีศึกษาที่จำลอง



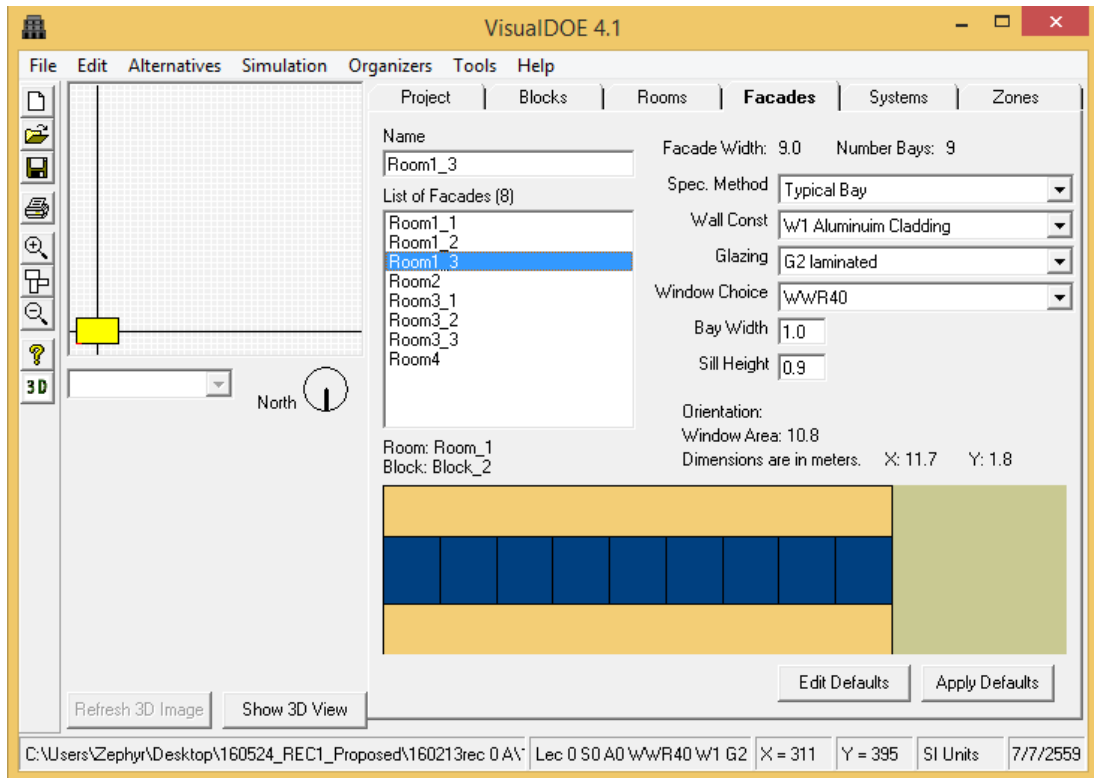
ภาพที่ 3.10: การตั้งค่าไฟล์อากาศ (1) ทิศทางการวางอาคาร (2) และ WWR (3)



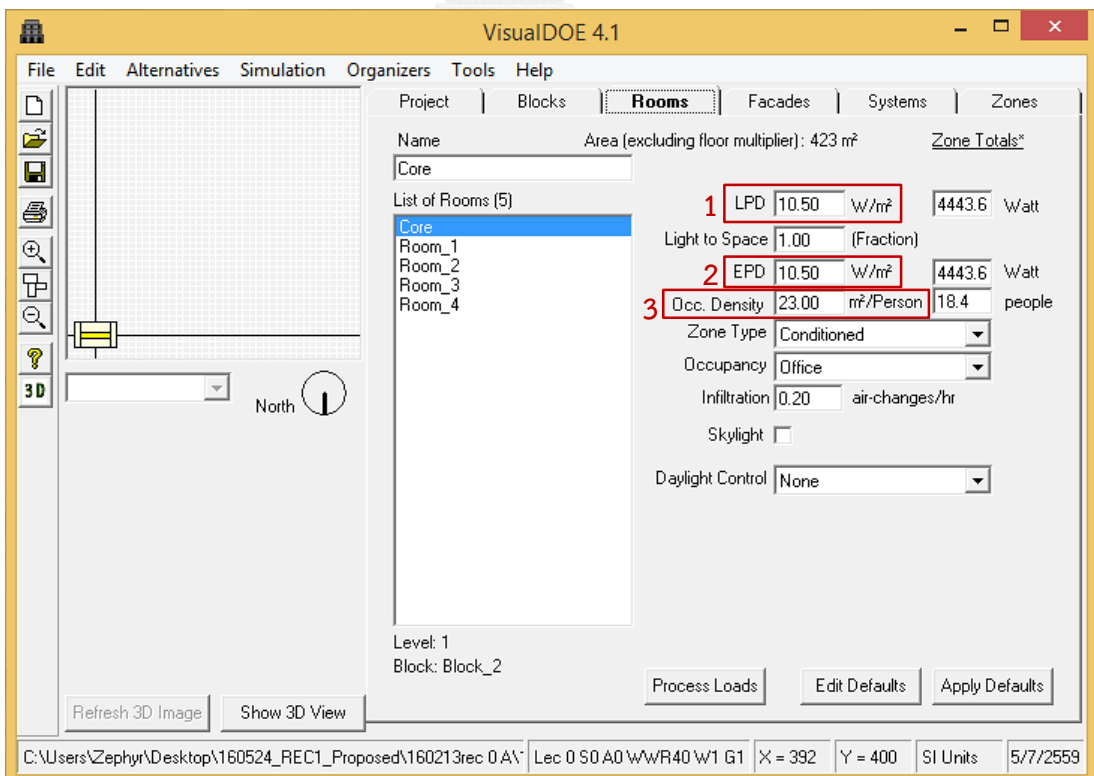
ภาพที่ 3.11: การตั้งค่าวัสดุโครงสร้าง (1) จำนวนชั้น (2) ความสูงของระยะพื้นถึงพื้น (3) และความสูงพื้นที่ใต้ฝ้า (4)



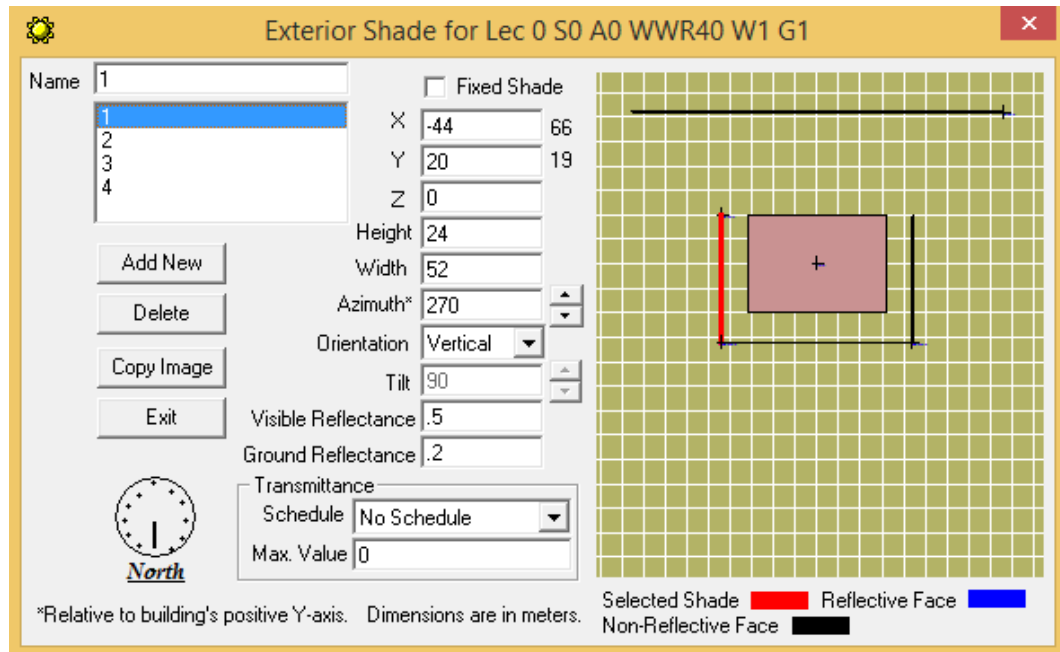
ภาพที่ 3.12: การตั้งค่าวัสดุเปลือกอาคาร



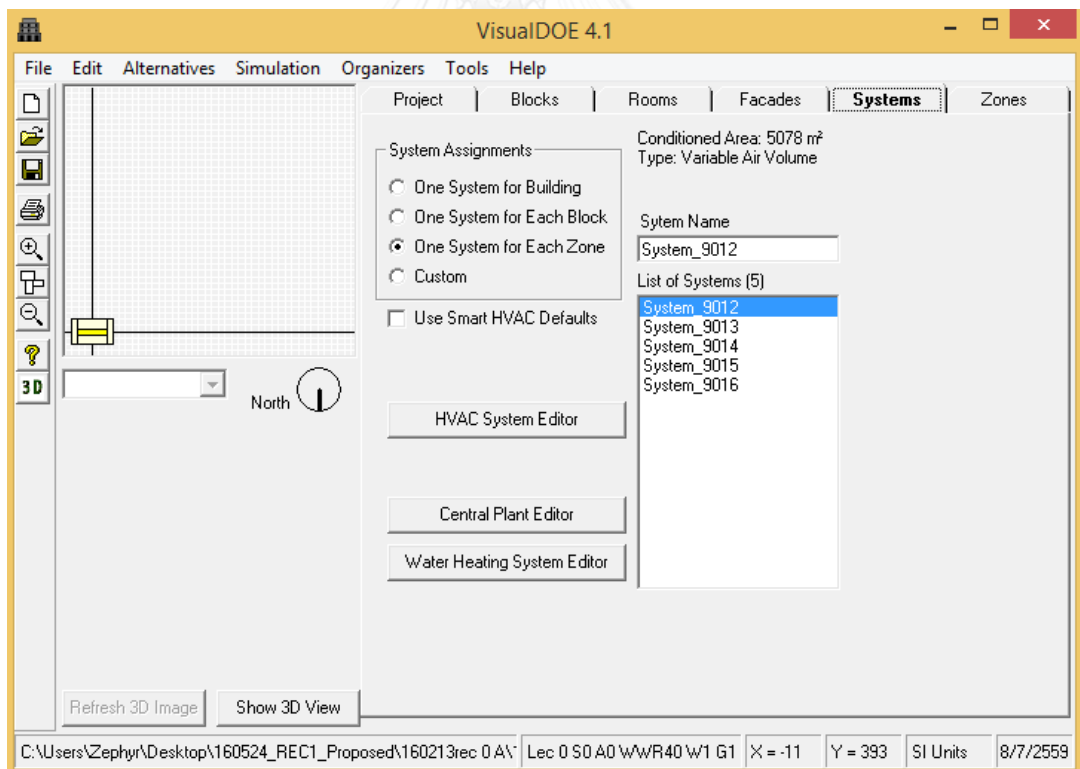
ภาพที่ 3.13: การตั้งค่าเปลือกอาคาร



ภาพที่ 3.14: การตั้งค่า LPD (1) EPD (2) และ occupancy density (3)



ภาพที่ 3.15: การตั้งค่าอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม



ภาพที่ 3.16: การตั้งค่าระบบปรับอากาศ

**Supply Fan**

Template: **VSD 4 in. High Eff**

---

**Method**

Include in EER/COP  
 Enter Pressure/Efficiency  
 Enter Power/Delta-T

Let program size.  
 Rated Fan Flow: 471.9 l/s  
 On-Hours Control: **Variable Speed**  
 Use DOE-2 System Default Curves.  
 Fan Curve:   
 Off-Hours Control: Cycle on Any Zone

**Fan Pressure/Efficiency**

Static Pressure: 995.2 Pa  
 Mechanical Eff.: .65  
 Drive Efficiency: .95  
 Motor Efficiency: .9

**Motor Placement**

In Air Stream  
 Outside Air Stream

**Fan Placement**

Draw-Through  
 Blow-Through

**Power/Delta-T**

Power: .00108 kW/(l/s)  
 Temperature Rise: 1.7 °C  
 Motor Efficiency:   
**Low-Speed Ratios**

Air Volume: .5  
 Power: .6  
 Heating Capacity: .6  
 Cooling Capacity: .6

Cancel OK

ภาพที่ 3.17: การตั้งค่า Supply Fan

**Electric Chiller Type #1**

Template: **Default Open Centrifugal**

General | Sizes | Evaporator Pump | Condenser Pump | Curves

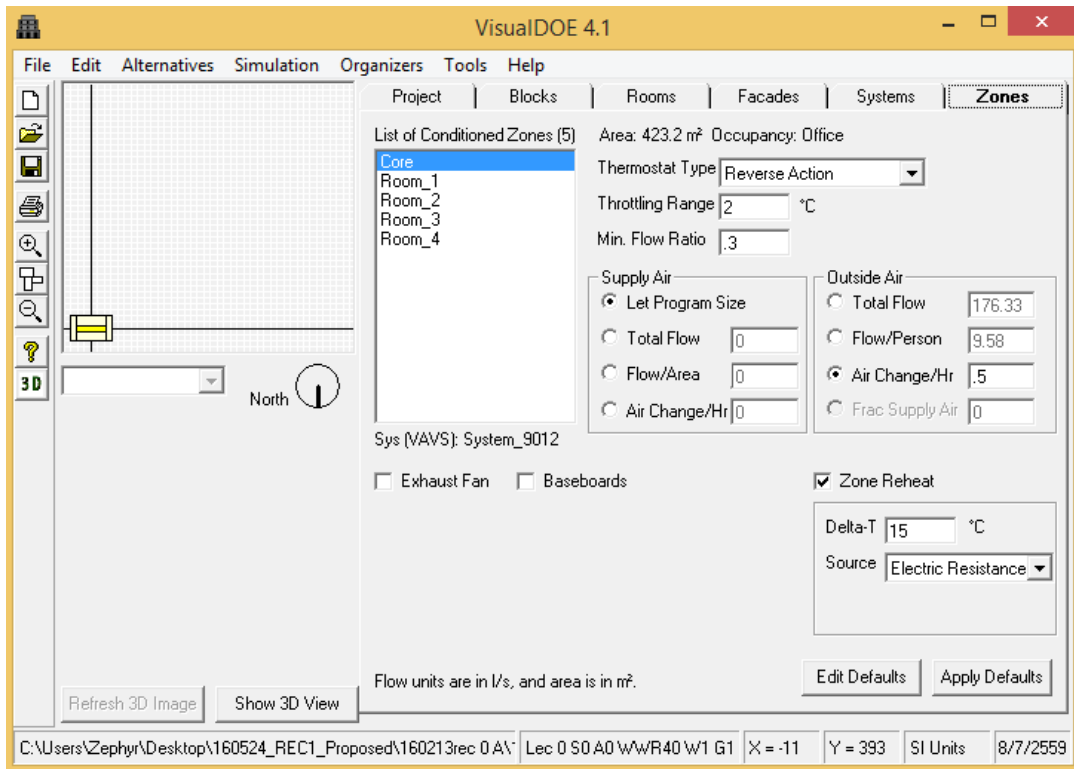
Type: Centrifugal

Chilled Water Supply Temperature: 6.7 °C  
 Entering Condenser Water Temperature: 29.4 °C  Air Cooled  
**Full Load Efficiency at Reference Conditions: .162 MW/(MW of Cap.)**

Minimum Operating Point: .1  Hot Gas Bypass

Set As Default Cancel OK

ภาพที่ 3.18: การตั้งค่า Electric Chiller



ภาพที่ 3.19: การตั้งค่าพื้นที่ปรับอากาศ

3.5 การเก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบเพื่อหาค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

ค่าการใช้พลังงานของอาคารทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวมและแปลงเป็นค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ตามสูตรที่ได้แสดงไว้ดังนี้

### 3.5.1 ตัวแปรตาม

1. ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index : EUI) คือ ค่าพลังงานรวมทั้งอาคารต่อพื้นที่อาคาร 1 ตารางเมตร หน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี หรือ kWh/m<sup>2</sup>.y

$$= \frac{\text{ค่าพลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบ}}{\text{พื้นที่อาคารทั้งหมด}} \quad \text{kWh/m}^2.\text{y}$$



## 2. ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ %

$$= \frac{100 \times (\text{ค่าพลังงานรวมของอาคารอ้างอิง} - \text{ค่าพลังงานรวมของอาคารที่ออกแบบ})}{\text{ค่าพลังงานรวมของอาคารอ้างอิง}} \%$$

3. คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 ซึ่งคำนวณจากค่า %SAVE ที่ได้เทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนที่ LEED 2009 และ LEED V.4 กำหนด

### 3.6 เปรียบเทียบค่าพลังงานรวมอาคารและระดับคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ของอาคารตามเกณฑ์ LEED V.4

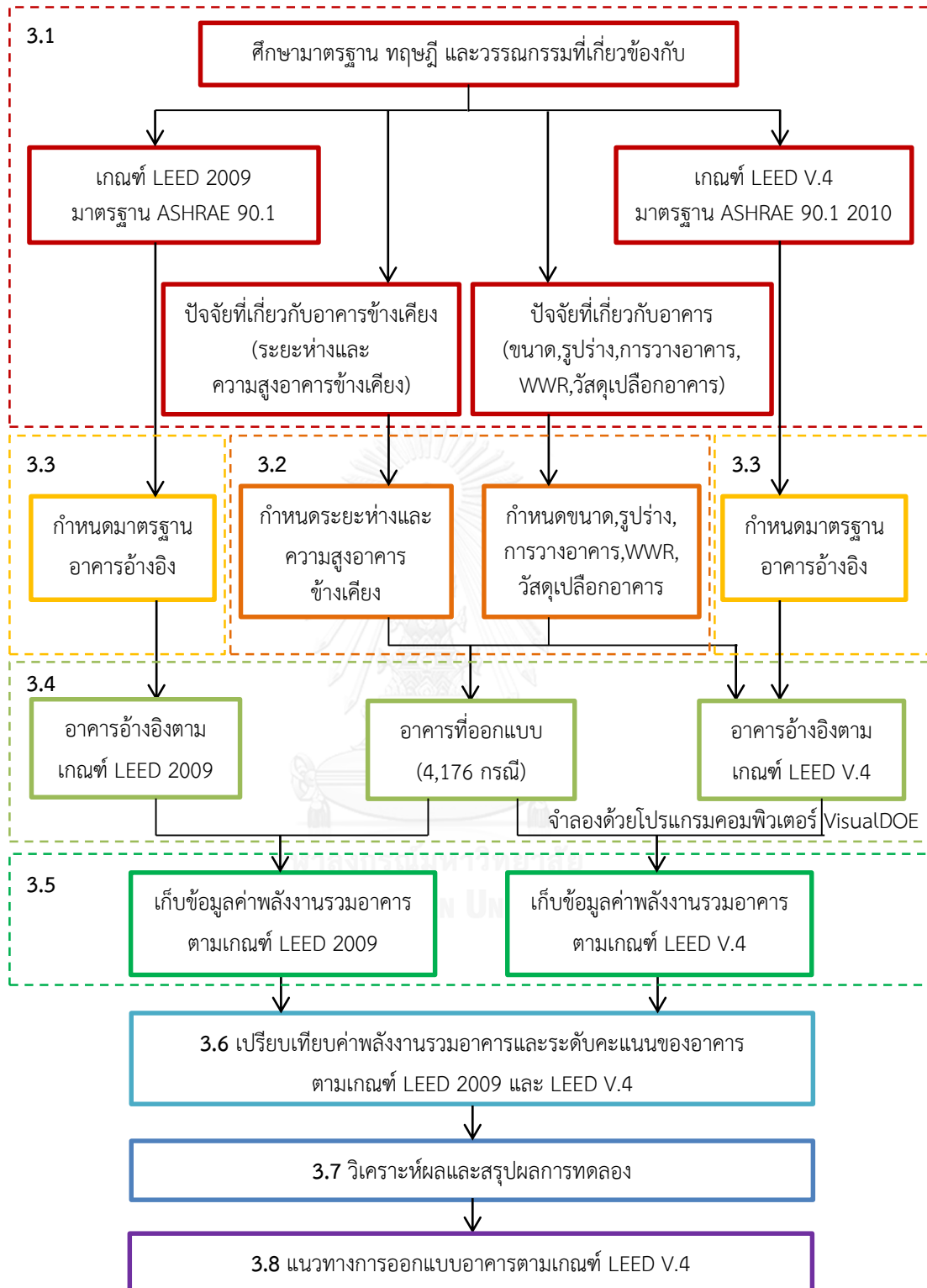
นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมและผ่านการแปลงเป็นค่าต่างๆ มาเปรียบเทียบกับระกวางการจำลองอาคารตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4 โดยพิจารณาจากค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (EUI) เพื่ออธิบายผลกระทบประเมินต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เพิ่มอธิบายโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

### 3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่ส่งผลต่อปัจจัยอื่นๆ การวิจัย จะถูกวิเคราะห์และสรุปผล โดยเฉพาะแนวโน้มต่างๆที่เกิดขึ้น เพื่อจะนำไปใช้ในการสร้างแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน LEED V.4 ต่อไป

### 3.8 เสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน LEED V.4

เสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน LEED V.4 ทั้งที่ทำให้มีการใช้พลังงานของอาคารต่ำ และแนวทางที่ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูง เพื่อประโยชน์ต่อผู้ศึกษาซึ่งสามารถเอาไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารสำนักงานที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามต่อไปได้



ภาพที่ 3.20: ระเบียบวิธีการศึกษา

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การจำลองการใช้พลังงานของอาคารต่างๆทั้งหมดในการทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 เพื่อหาค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง และอาคารที่ออกแบบ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาเก็บรวบรวม เรียบเรียง และคำนวณเพื่อหาและแปลงค่าต่างๆ รวมถึงสร้างแผนภูมิเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต่างกันด้วยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Excel และ SPSS Statistics 17.0



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การจำลองอาคารที่ออกแบบซึ่งมีรูปแบบแตกต่างกันจำนวน 4,176 กรณี ในสภาพภูมิอากาศ กรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISUAL DOE 4.1 ผลการทดลองที่ได้ถูกแปลงเป็นค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 โดยนำมาวิเคราะห์ตามแต่ละหัวข้อ ดังนี้

- 4.1 อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น และอาคารที่ได้ค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด - ต่ำสุด
- 4.2 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง
- 4.3 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร
- 4.4 อิทธิพลของรูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร
- 4.5 อิทธิพลของทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร
- 4.6 อิทธิพลของเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม
- 4.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED V.4 ต่อค่าการประหยัดพลังงานเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม
- 4.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED V.4 ต่อคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม
- 4.9 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการติดตั้งแผงกันแดด

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองกำหนด กำหนดความหมายของคำต่างๆ ดังนี้

“อาคารอ้างอิง” และ “อาคาร Baseline” หมายถึง อาคารอ้างอิงที่มีรายละเอียดอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 APPENDIX G และจำลองพลังงานเพื่อเป็นค่าการใช้พลังงานพื้นฐานสำหรับอาคารแต่ละรูปทรง

กรณี อาคารอ้างอิง ตามเกณฑ์ LEED 2009 อ้างอิงรายละเอียดอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 APPENDIX G

กรณี อาคารอ้างอิง ตามเกณฑ์ LEED V.4 อ้างอิงรายละเอียดอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 APPENDIX G

“อาคารที่ออกแบบ” และ “อาคาร Proposed” หมายถึง อาคารที่กำลังศึกษา

“อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น” หมายถึง อาคารที่กำลังศึกษา หรือ อาคารที่ออกแบบซึ่งมีเปลือกอาคารใกล้เคียงกับอาคารอ้างอิง

“EUI” หมายถึง ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index) หรือ ค่าระดับการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเป็นผลมาจากการจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0

“%SAVE” หมายถึง ค่าการประหยัดพลังงาน (Percentage improvement) ตามเกณฑ์ LEED V.4 ที่อ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010

“ทิศหลัก” หมายถึง ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก

“ทิศรอง” หมายถึง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

“CI” หมายถึง อัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอก (Compactness Index)

“WFR” หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคาร (Wall to Floor Area Ratio)

“SF” หมายถึง อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร (Shape Factor)

“ค่า U” หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม

“SHGC” หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient)

## การเรียกชื่อกรณี

การเรียกชื่อกรณีจะเรียงตามตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม มี 24 กรณี รหัสคือ S1 – S8 และ R1 – R16

โดยรหัส S ย่อมาจากคำว่า Square ใช้หน้ารหัสอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส และรหัส R ย่อมาจากคำว่า Rectangle ใช้หน้ารหัสอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า

2. ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม มี 8 กรณี โดยใช้รหัส AD ซึ่งย่อมาจากคำว่า Adjacent Building นำหน้าความสูงของอาคารข้างเคียง ในกรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียง ใช้รหัส 0 อาคารข้างเคียงสูง 24 ม. ใช้รหัส 24, สูง 48 ม. ใช้รหัส 48 และสูง 72 ม. ใช้รหัส 72 ซึ่งมี 4 กรณี รหัสคือ AD0, AD24, AD48, AD72 และใช้รหัส OP ซึ่งย่อมาจากคำว่า Opposite Building นำหน้าความสูงของอาคารฝั่งตรงข้าม ในกรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม ใช้รหัส 0 และอาคารฝั่งตรงข้ามสูง 72 ม. ใช้รหัส 72 ซึ่งมี 2 กรณี รหัสคือ OP0, OP72

3. อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง มี 2 กรณี รหัสคือ 40% และ 60%

4. ผนังทึบ ใช้รหัส W ที่ย่อมาจากคำว่า Wall นำหน้าชนิดผนังทึบ มี 3 กรณี รหัสคือ W1 – W3 ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

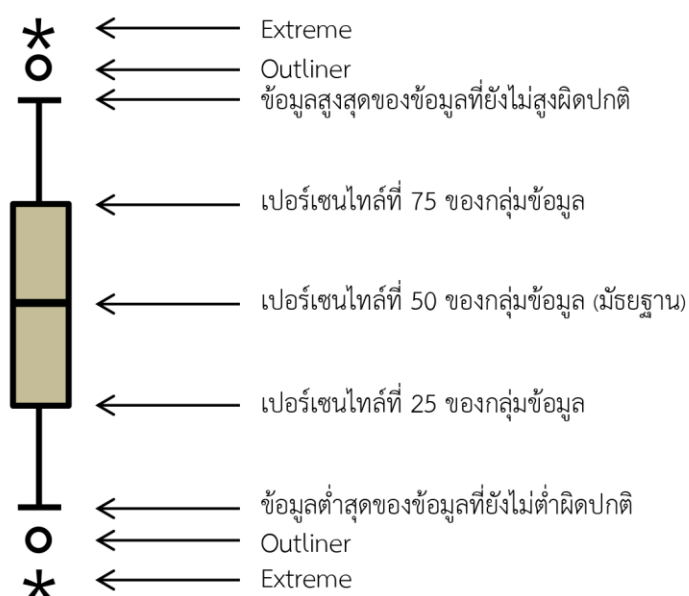
5. ผนังโปร่งแสง ใช้รหัส G ที่ย่อมาจากคำว่า Glass นำหน้าชนิดผนังโปร่งแสง มี 4 กรณี รหัสคือ G1 – G4 ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

รูปทรงและทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม / ความสูงอาคารข้างเคียง อาคารฝั่งตรงข้าม / อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง / ผนังทึบ / ผนังโปร่งแสง

เช่น SQ1 / AD24 OP0 / 40% / W3 / G4 หมายถึง กรณีอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านติดถนนหันทางทิศใต้ มีอาคารข้างเคียงสูง 24 ม. ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40 % ผนังทึบเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป และผนังโปร่งแสงเป็นกระจกกระจกลามิเนตอินซูลेटสีเขียว เคลือบสาร Low-E

## แผนภูมิแบบ Box Plot

การวิเคราะห์ผลการทดลองมีการใช้แผนภูมิแบบ Box Plot เพื่อศึกษาการกระจายของข้อมูล เนื่องจากในแต่ละกลุ่มข้อมูลที่สนใจศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลย่อยจำนวนมากซึ่งมีค่าแตกต่างกันจากปัจจัยต่างๆที่ต่างกันในแต่ละข้อมูลย่อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้แผนภูมิแบบ Box Plot ประกอบการวิเคราะห์ โดยมีสัญลักษณ์ ดังนี้



**Outliner** คือ ข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าระยะเปอร์เซ็นต์ที่ 25 ของกลุ่มข้อมูล หรือมากกว่าระยะเปอร์เซ็นต์ที่ 75 ของกลุ่มข้อมูล ระหว่าง 1.5 - 3 ช่วง

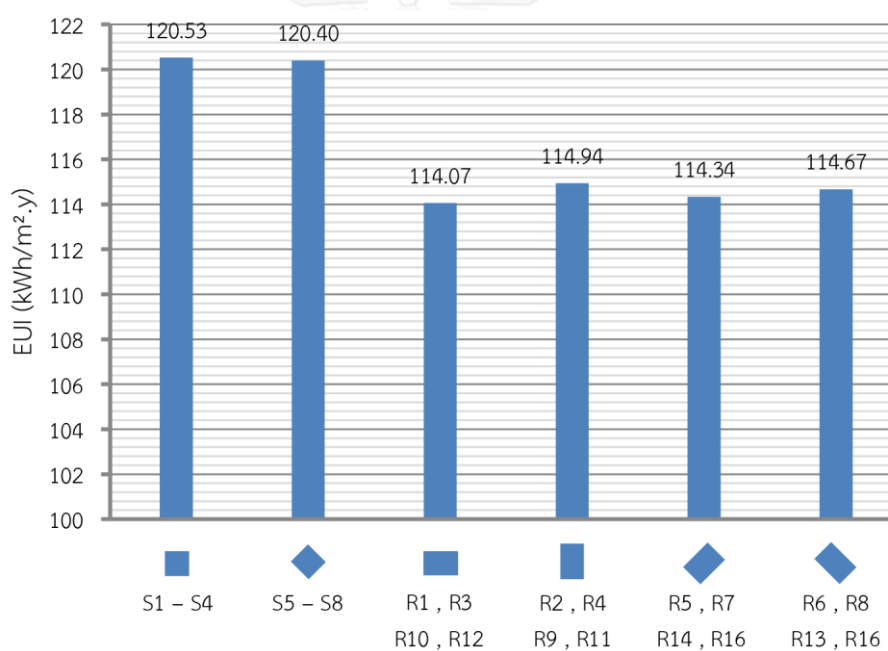
**Extreme** คือ ข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าระยะเปอร์เซ็นต์ที่ 25 ของกลุ่มข้อมูล หรือมากกว่าระยะเปอร์เซ็นต์ที่ 75 ของกลุ่มข้อมูล เกิน 3 ช่วง

ภาพที่ 4.1: รายละเอียดสัญลักษณ์แผนภูมิแบบ Box plot

#### 4.1 อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น และอาคารที่มีค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน สูงสุด - ต่ำสุด

##### 4.1.1 อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น

อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น คือ อาคารที่มีเปลือกอาคารใกล้เคียงกับอาคารอ้างอิง คือ มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเท่ากับ 40 % ผนังเป็นผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูปหนา 3 มม. + ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 5 ซม. + แผ่นยิปซัม หนา 1 ซม. (W1) ผนังโปร่งแสงใช้กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม มี 2 รูปทรงอาคารคือ สี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 ทิศทาง และสี่เหลี่ยมผืนผ้า 4 ทิศทาง รวมทั้งสิ้น 6 กรณี



แผนภูมิที่ 4.1: แสดงค่า EUI ของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีรูปทรงและทิศทางอาคารแบบต่างๆ

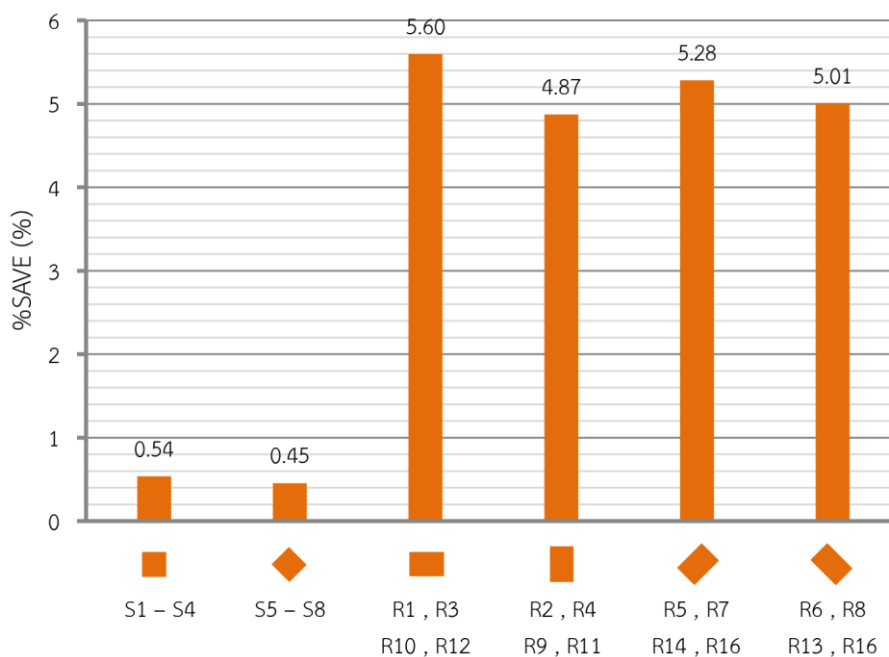
จากแผนภูมิที่ 4.1 พบว่าอาคารฝั่งพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า (REC1 : R1- R8 และ REC2 : R9 – R16) มีค่า EUI ต่ำกว่าอาคารฝั่งพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1 : S1 – S8) เนื่องจากมีอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคาร (WFR) น้อยกว่า โดยอาคารฝั่งพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคารเท่ากับ 24.37 % และอาคารฝั่งพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 28.57 % การที่อาคารฝั่งพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้ามีอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคารน้อยกว่าทำให้ความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้น้อยกว่า จึงมีการใช้



พลังงานรวมของอาคารต่ำกว่าอาคารผนังสีเหลืองจัตุรัส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของการ์ณย์ ศุภมิตรโยธิน (2548) ที่พบว่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดี เช่นเดียวกับงานวิจัยของอุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555) ที่พิจารณาจากอัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอกซึ่งยังมีค่ามากยิ่งขึ้นด้วยเหตุผลเดียวกัน โดยอาคารผนังสีเหลืองผืนผ้ามีค่าเท่ากับ 9.17 และอาคารผนังสีเหลืองจัตุรัสมีค่าเท่ากับ 8.13

โดยอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นกรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด คือ อาคารผนังสีเหลืองผืนผ้าวางตามตะวัน คือ รูปแบบของอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามแบบ R1, R3, R10 และ R12 ซึ่งเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มีค่าเท่ากับ 114.07 kWh/m<sup>2</sup>.y ส่วนอาคารที่มีค่า EUI สูงสุด คือ อาคารผนังสีเหลืองจัตุรัสวางตามแนวทิศหลัก คือ รูปแบบของอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามแบบ S1, S2, S3 และ S4 ซึ่งเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามก็จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 120.53 kWh/m<sup>2</sup>.y

อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีผนังสีเหลืองจัตุรัสวางอาคารตามแนวทิศองมีค่า EUI ต่ำกว่าการวางอาคารตามแนวทิศหลัก ขณะที่อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีผนังสีเหลืองผืนผ้าวางอาคารตามตะวันมีค่า EUI ต่ำสุด การวางอาคารตามแนวทิศองทั้ง 2 แบบมีค่า EUI รองลงมา และการวางอาคารขวางตะวันมีค่า EUI สูงสุด ซึ่งเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยบังแดดในทิศทางที่ทำให้รังสีอาทิตย์เข้ามาจะทำให้ลำดับค่า EUI มีการเปลี่ยนแปลง ดังจะเห็นได้ในหัวข้อ 4.5 อิทธิพลของทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร



แผนภูมิที่ 4.2: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีรูปทรงและทิศทางอาคารแบบต่างๆ

จากแผนภูมิที่ 4.2 พบว่า อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า (REC1 : R1- R8 และ REC2 : R9 – R16) มีค่าการประหยัดพลังงาน สูงกว่าอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1 : S1 – S8) เนื่องจากมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร (SF) มากกว่า โดยอาคารที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด คือ อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าวางตามตะวัน คือ รูปแบบของอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารผังตรงข้ามแบบ R1, R3, R10 และ R12 มีค่าเท่ากับ 5.60 % ส่วนอาคารที่มีค่าการประหยัดพลังงานต่ำสุด คือ อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสวางตามแนวทิศตรง คือ รูปแบบของอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารผังตรงข้ามแบบ S5, S6, S7 และ S8 มีค่าเท่ากับ 0.45 %

อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสวางอาคารตามแนวทิศหลักมีค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่าการวางอาคารตามแนวทิศตรง

อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่มีผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าวางอาคารตามตะวันมีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด โดยการวางอาคารตามแนวทิศตรงทั้ง 2 แบบมีค่าการประหยัดพลังงานรองลงมา และการวางอาคารขวางตะวันมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำสุด ซึ่งเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารผังตรงข้ามช่วยบังแดดในทิศทางที่ทำให้รังสีอาทิตย์เข้ามาจะทำให้ลำดับค่าการประหยัดพลังงานมีการ

เปลี่ยนแปลง ดังจะเห็นได้ในหัวข้อ 4.5 อิทธิพลของทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

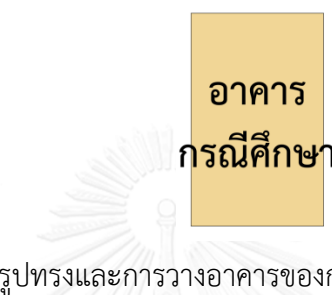
เมื่อพิจารณาพบว่าค่าการประหยัดพลังงานของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นทั้ง 6 กรณีมีค่าเป็นบวก แสดงว่าอาคารเหล่านี้มีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารอ้างอิง เนื่องจากผนังของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นมีค่า  $U$  เท่ากับ  $0.66 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่าผนังของอาคารอ้างอิง ที่กำหนดค่า  $U$  เท่ากับ  $0.705 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  นอกจากนี้การจำลองอาคารที่ออกแบบกำหนดให้ผนังมีมวลอุณหภาพ (thermal mass) ซึ่งช่วยหน่วงความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารเวลากลางวัน ขณะที่อาคารอ้างอิงกำหนดให้ผนังไม่มีมวลอุณหภาพ จึงไม่สามารถหน่วงความร้อนไว้ที่ผนังได้



#### 4.1.2 อาคารที่ได้ค่า EUI และค่า %SAVE สูงสุด-ต่ำสุด

##### กรณีที่มีค่า EUI สูงสุด

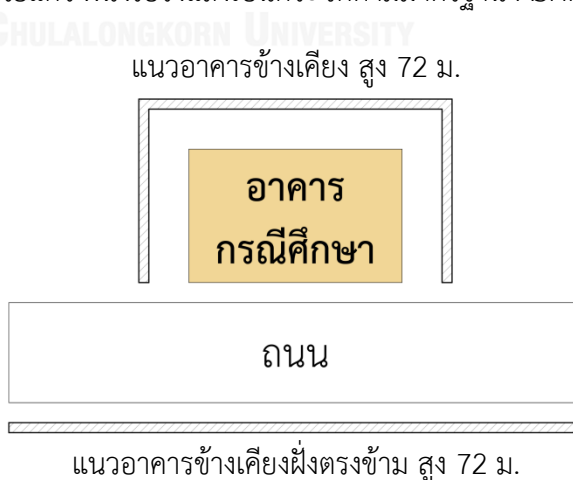
กรณีที่มีค่า EUI สูงสุด มีค่า EUI เท่ากับ 137.56 kWh/m<sup>2</sup>.y มีค่า %SAVE เท่ากับ -13.85% คือ กรณี R2, R4, R9, R11 / AC0 OP0 / 60% / W3 / G2 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางอาคารขวางตะวัน ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% ผนังทึบเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตสีเขียว



ภาพที่ 4.2: รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่า EUI สูงสุด

##### กรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด

กรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด มีค่า EUI เท่ากับ 103.28 kWh/m<sup>2</sup>.y มีค่า %SAVE เท่ากับ - 5.90% คือ กรณี R1 /AC72 OP72 / 40% / W1 / G4 อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางอาคารตามตะวัน อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูง 72 ม. อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ผนังทึบเป็นอลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010

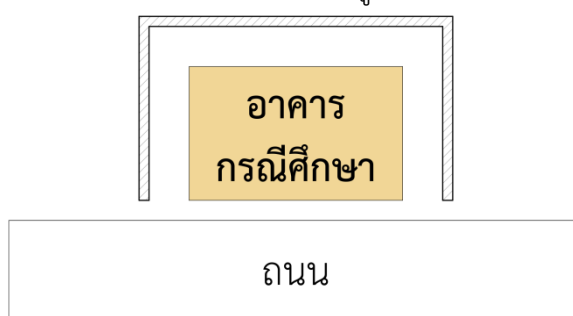


ภาพที่ 4.3: รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด

### กรณีที่มีค่า %SAVE สูงสุด

กรณีที่มีค่า %SAVE สูงสุด มีค่า EUI เท่ากับ 104.59 kWh/m<sup>2</sup>.y มีค่า %SAVE เท่ากับ 7.23 % คือ กรณี R1 / AC72 OP0 / 40% / W1 / G4 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาวติดถนน หันทางทิศใต้ วางอาคารตามตะวัน อาคารข้างเคียงสูง 72 ม. ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ผนังทึบเป็นอลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว ผนังโปร่งแสงเป็นกระจก ลามิเนตอินซูลेटสีเขียว เคลือบสาร Low-E

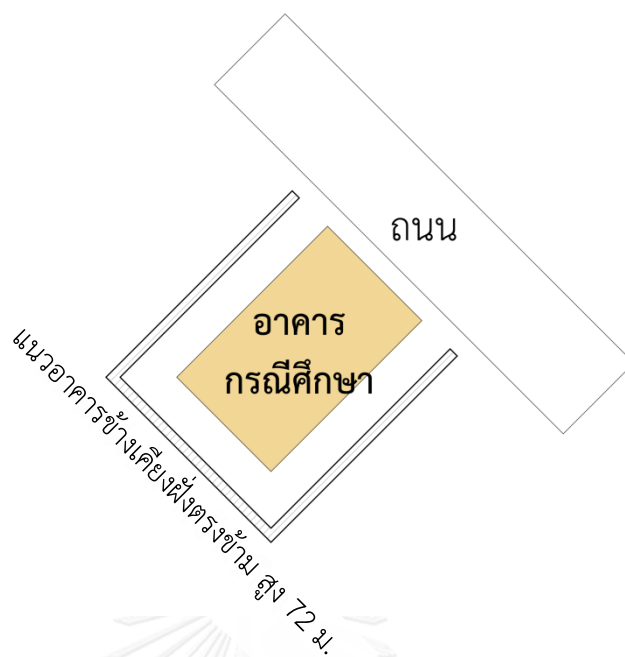
แนวอาคารข้างเคียง สูง 72 ม.



ภาพที่ 4.4: รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด

### กรณีที่มีค่า %SAVE ต่ำสุด

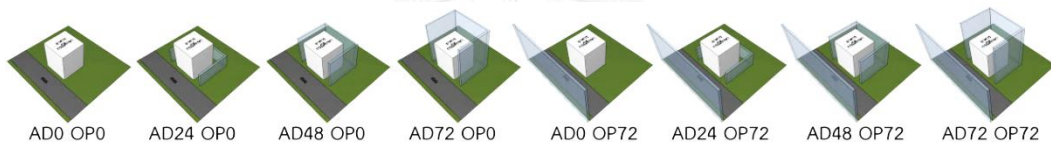
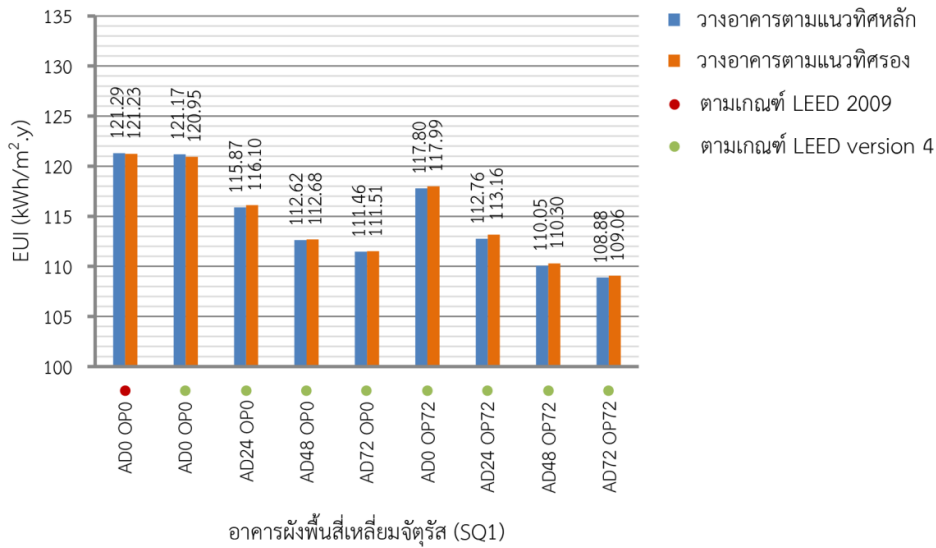
กรณีที่มีค่า %SAVE ต่ำสุด มีค่า EUI เท่ากับ 126.85 kWh/m<sup>2</sup>.y มีค่า %SAVE เท่ากับ -18.92% คือ กรณี R16 / AC72 OP0 / 60% / W3 / G2 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านกว้างติดถนนหันทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ วางอาคารวางอาคารในแนวทิศตรง อาคารข้างเคียงสูง 72 ม. ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ผนังทึบเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก สำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตสีเขียว



ภาพที่ 4.5: รูปทรงและการวางอาคารของกรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงานต่ำสุด

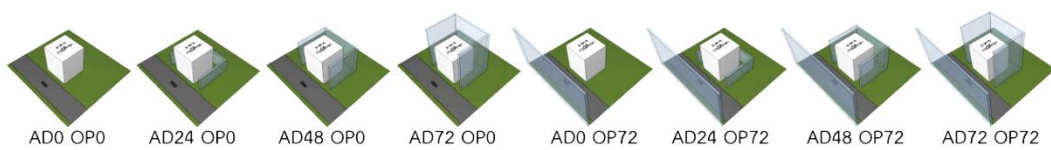
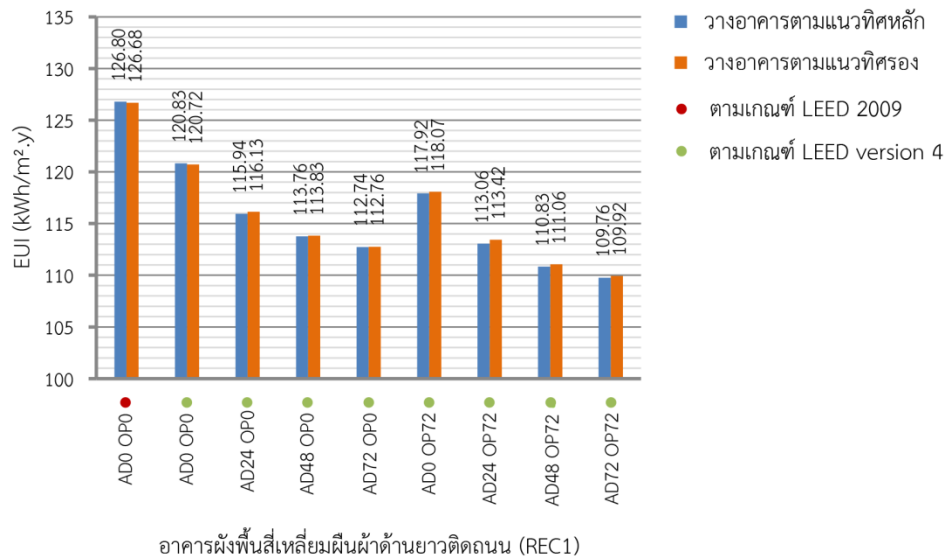
อาคารที่ได้ค่า EUI และค่า %SAVE สูงสุด-ต่ำสุด จะใช้ประกอบการอธิบายอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

#### 4.2 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่ออาคารอ้างอิง



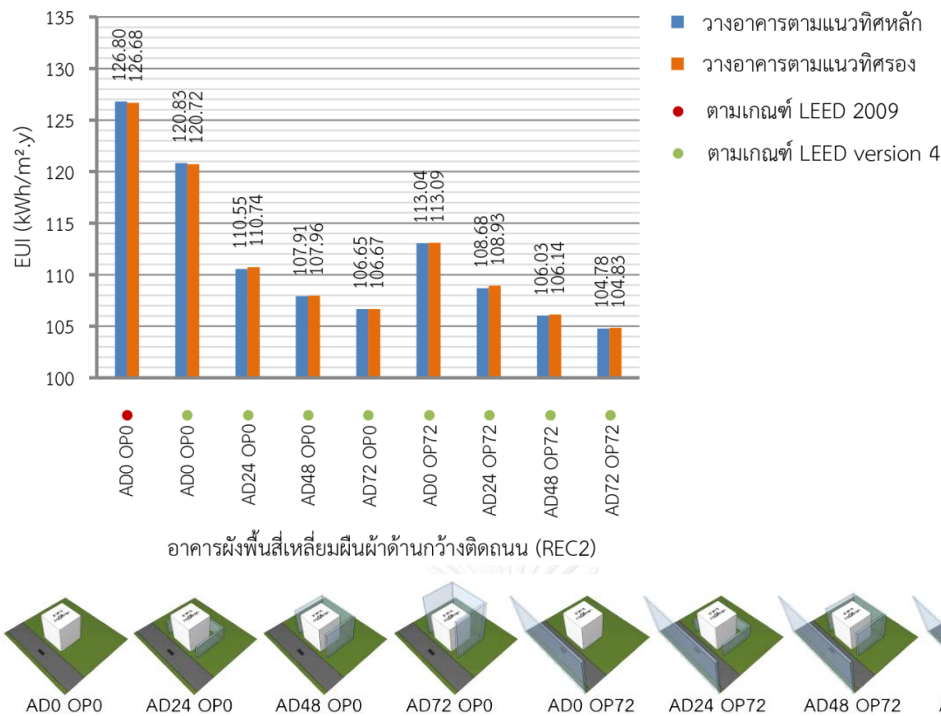
แผนภูมิที่ 4.3: แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1)

ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.4: แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1)

ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.5: แสดงค่า EUI ของอาคารอ้างอิง ผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) ที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

จากแผนภูมิที่ 4.3 – 4.5 แสดงให้เห็นว่าอาคารอ้างอิงทั้ง 3 รูปทรง คือ ผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1), ผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1) และผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) กรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามตามเกณฑ์ LEED V.4 (ADO AC0 ●) มีค่า EUI ต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามตามเกณฑ์ LEED 2009 (ADO AC0 ●) 0.12 – 0.25 kWh/m<sup>2</sup>.y ในกรณีผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส และ 5.79 – 5.96 kWh/m<sup>2</sup>.y ในกรณีผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า (REC1 และ REC2)

เมื่อพิจารณาอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED V.4 ในแต่ละปัจจัยความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม พบว่าอาคารอ้างอิงที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูงมีแนวโน้มค่า EUI ต่ำกว่าอาคารอ้างอิงที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามหรือมีความสูงน้อยกว่า โดยกรณีที่มีค่า EUI สูงสุด คือ กรณีอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า (REC1 และ REC2) ที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม (ADO AC0) วางอาคารตามแนวทิศหลักมีค่าเท่ากับ 126.80 kWh/m<sup>2</sup>.y ส่วนกรณีที่มีค่า EUI ต่ำสุด คือ กรณีผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าจัตุรัส มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูง 72 ม. วางอาคารตามแนวทิศหลักมีค่าเท่ากับ 103.93 kWh/m<sup>2</sup>.y



เมื่อมีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้าม อาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED V.4 มีค่า EUI ลดลงจากกรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเฉลี่ย 8.19 kWh/m<sup>2</sup>.y ในกรณีผนังสี่เหลี่ยมจัตุรัส 7.26 kWh/m<sup>2</sup>.y ในกรณีผนังสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน และ 12.49 kWh/m<sup>2</sup>.y ในกรณีผนังสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน

โดยอัตราการลดลงของค่า EUI ต่อความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่ออกแบบ ทำให้บางกรณีที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่มีอัตราการลดลงของค่า EUI ต่อความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มขึ้นมากกว่าอาคารอ้างอิงจะมีค่าการประหยัดพลังงานสูงขึ้น

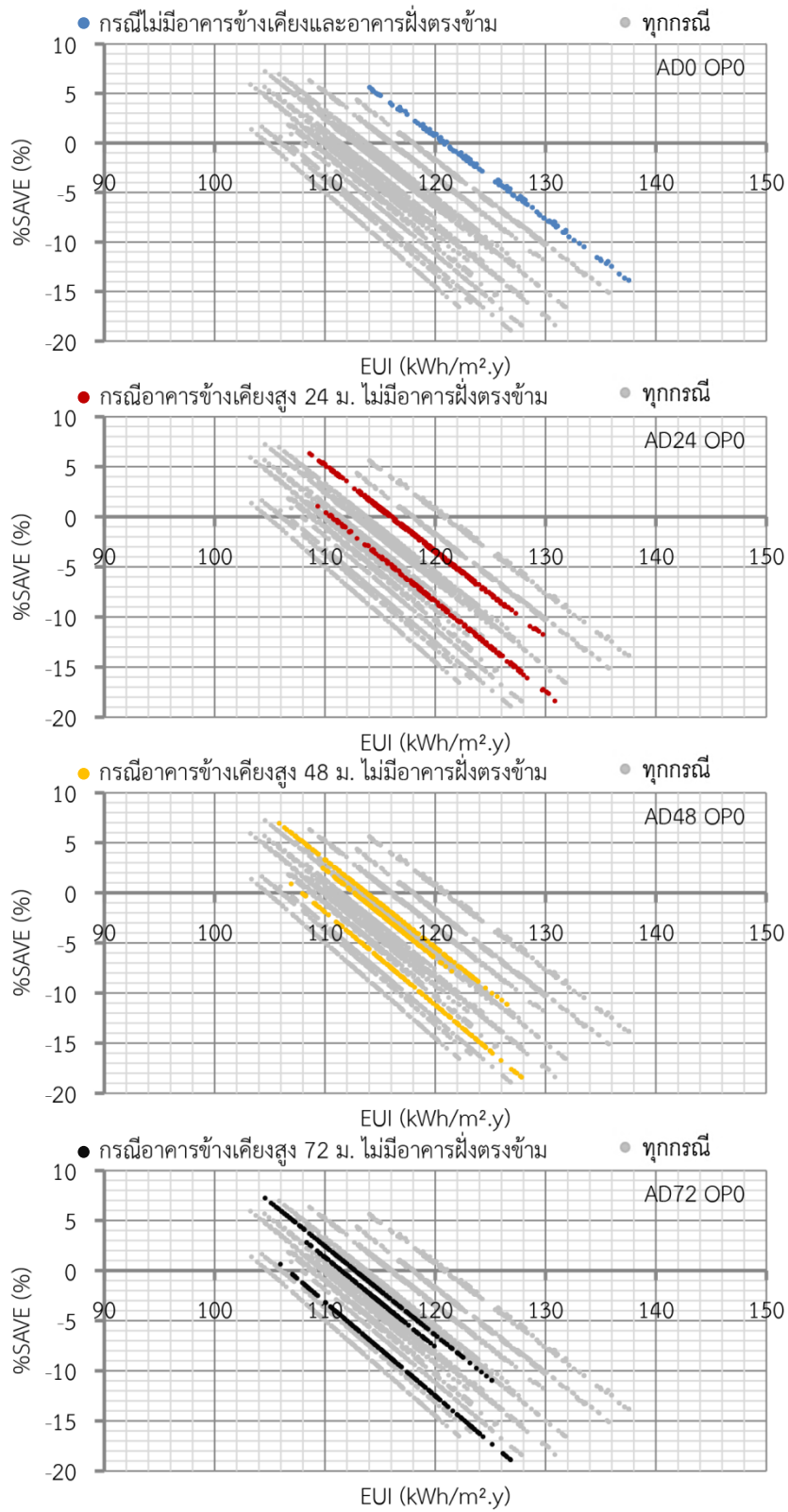


#### 4.3 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้

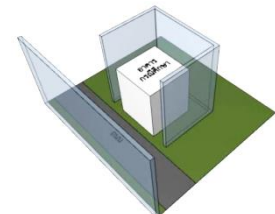
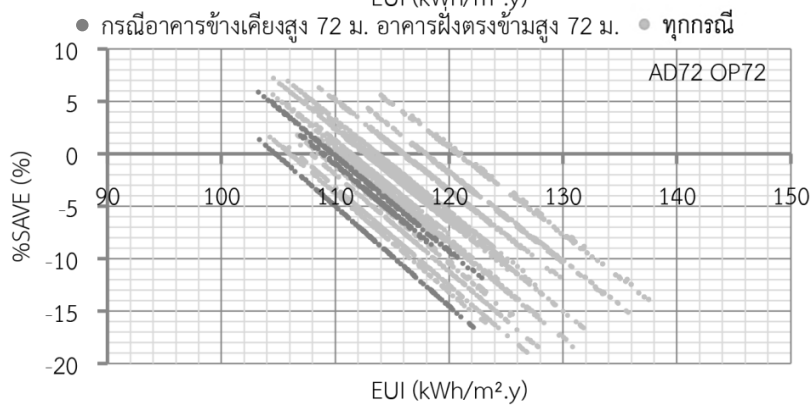
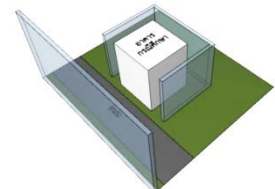
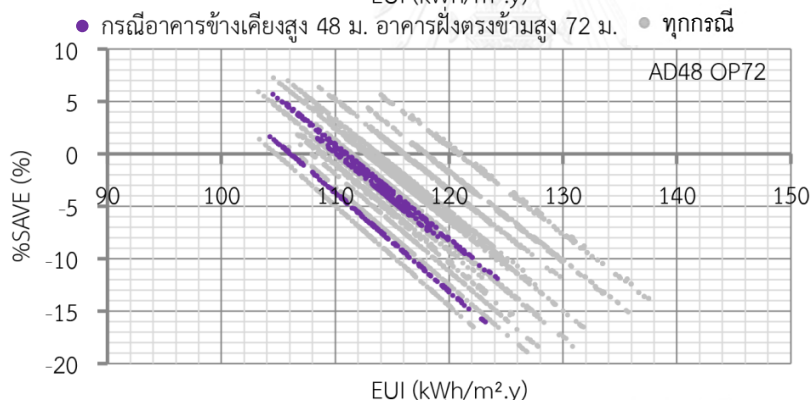
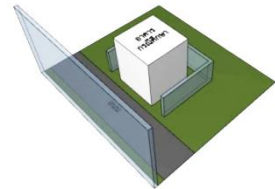
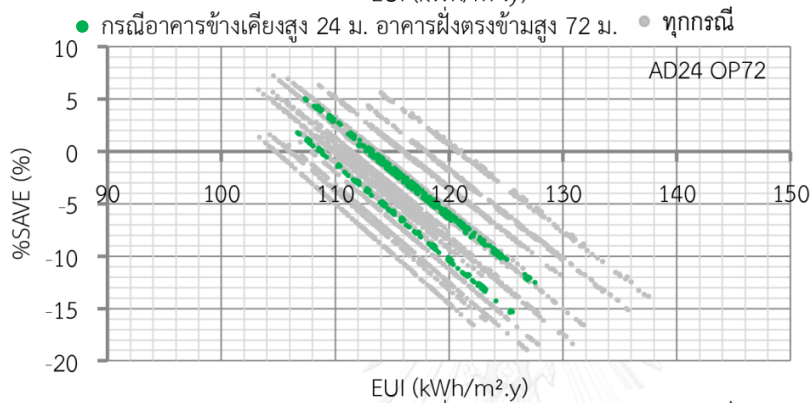
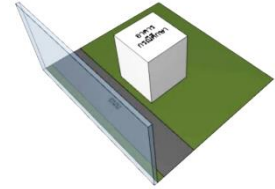
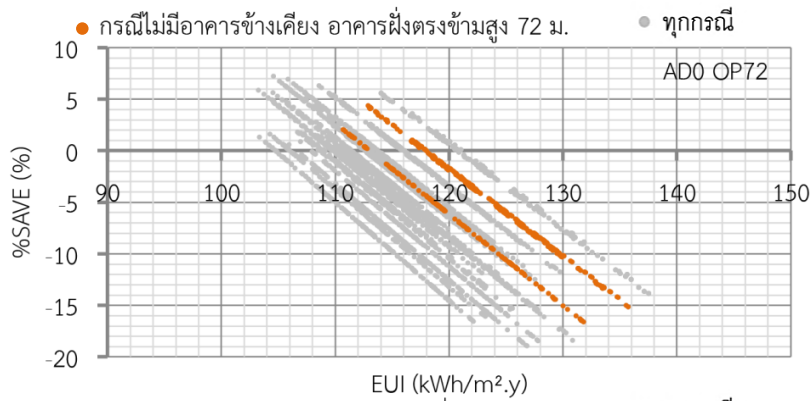
##### พลังงานของอาคาร

อาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดี ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.6 – 4.7 โดยพบว่าอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีค่า EUI ต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม (กราฟสีน้ำเงิน) โดยสังเกตได้จากกราฟสีต่างๆที่เคลื่อนตำแหน่งไปทางซ้ายเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

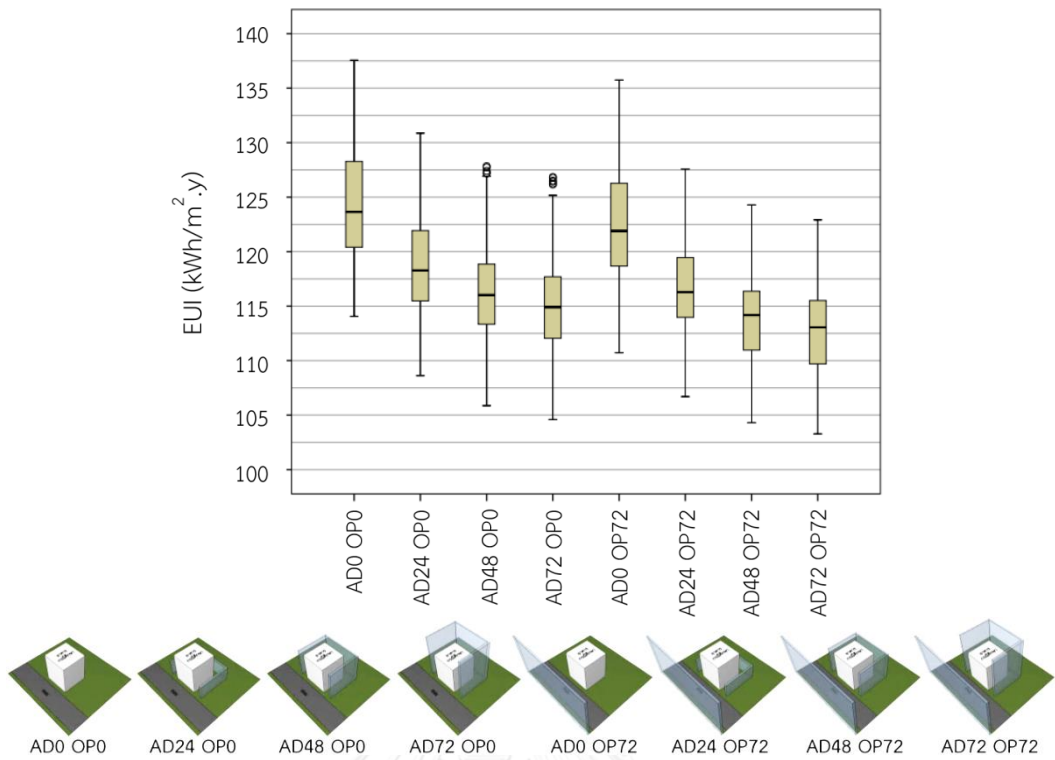
ด้านค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) มีค่าเฉลี่ยต่ำลงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาในกรณีอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1) และอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1) แนวของกราฟมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม เนื่องจากค่าการประหยัดพลังงานมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นในแผนภูมิที่ 4.10 และ 4.11 ซึ่งแสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงานแยกตามรูปทรงอาคาร ขณะที่อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) มีค่าการประหยัดพลังงานลดลงมากกว่าอาคารอีก 2 แบบอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.12 โดยสังเกตได้จากแนวกราฟที่เคลื่อนตำแหน่งลงเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม ซึ่งจะถูกแสดงแยกตามรูปทรงอาคารในแผนภูมิที่ 4.12 จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้กราฟในแผนภูมิที่ 4.6 – 4.7 มีการแยกออกจากกันเป็น 3 แนว



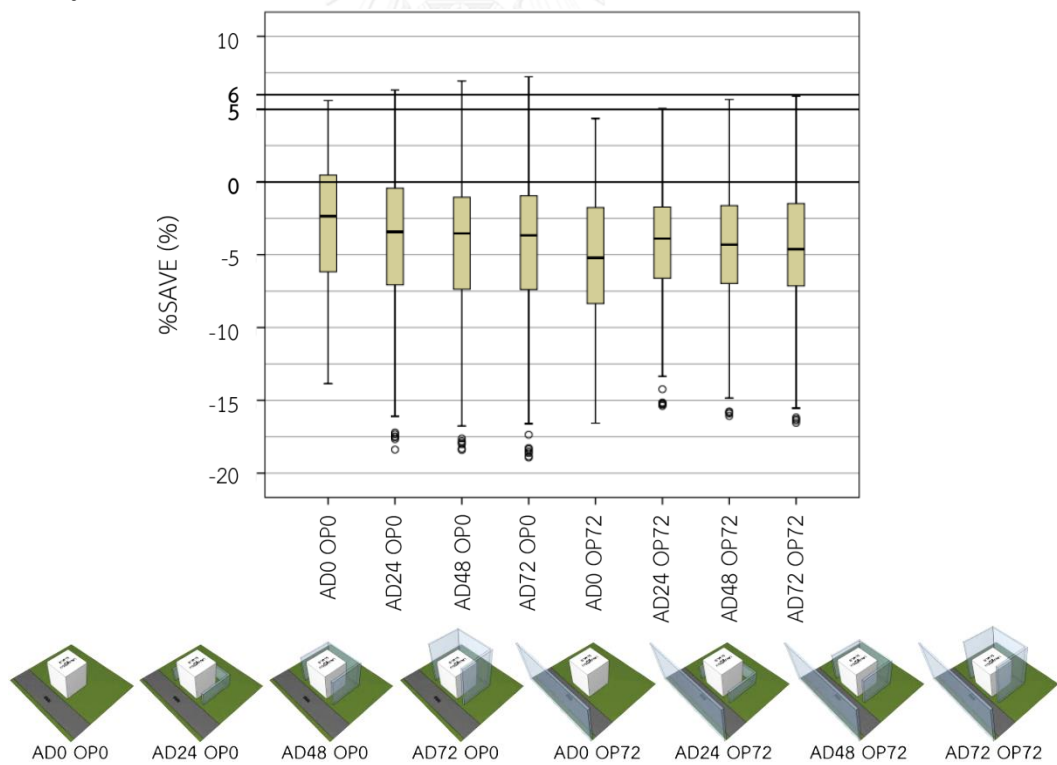
แผนภูมิที่ 4.6: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ (ส่วนที่ 1)



แผนภูมิที่ 4.7: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ (ส่วนที่ 2)



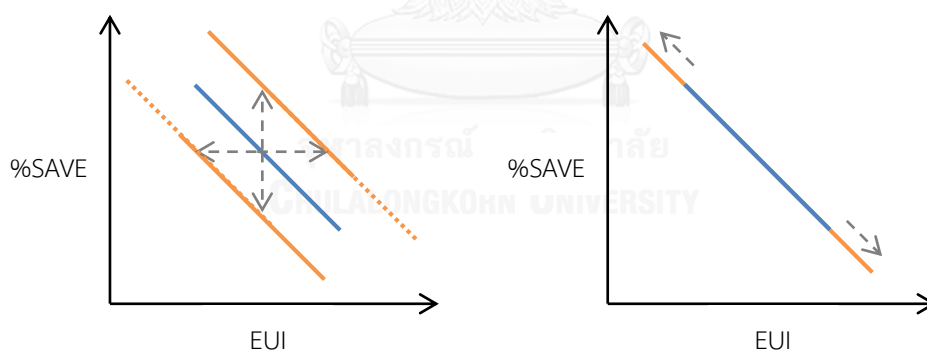
แผนภูมิที่ 4.8: แสดงค่า EUI ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.9: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน %SAVE ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

สาเหตุที่ค่าการประหยัดพลังงานของอาคารแต่ละรูปทรงที่มีค่า EUI เท่ากัน แต่กลับมีค่าการประหยัดพลังงานแตกต่างกัน เนื่องจากอาคารอ้างอิงของแต่ละรูปทรงจะมีการใช้พลังงานแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม โดยอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนมีสัดส่วนพื้นที่อาคารข้างเคียงต่อพื้นที่ผนังมากที่สุด อาคารอ้างอิงจึงมีการใช้พลังงานต่ำสุด ค่าการประหยัดพลังงานจึงต่ำสุด และอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนมีสัดส่วนพื้นที่อาคารข้างเคียงต่อพื้นที่ผนังน้อยสุด ค่าการประหยัดพลังงานจึงสูงสุด

ปัจจัยความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีผลทำให้ค่า EUI ลดลงในอัตราที่แตกต่างกับค่าการประหยัดพลังงาน เช่นเดียวกับปัจจัยรูปทรงอาคารดังเห็นได้จากลักษณะกราฟที่เคลื่อนในแนวแกน X และแกน Y ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ซ้าย) เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออาคารอ้างอิง ทำให้อาคารอ้างอิงมีค่าการใช้พลังงานเปลี่ยนไป ต่างจากปัจจัยประเภทเปลือกอาคารที่กราฟมีการเคลื่อนที่ในแนวเดิม (แนวเฉียง) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 (ขวา) การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่า EUI แปรผันตรงกับค่าการประหยัดพลังงาน เพราะเป็นปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง เนื่องจากอาคารอ้างอิงได้กำหนดคุณสมบัติของปัจจัยเหล่านี้ไว้ ไม่เปลี่ยนแปลงตามอาคารที่ออกแบบ



ภาพที่ 4.6: แนวโน้มของกราฟที่มีปัจจัยประเภทที่ส่งผลต่อการจำลองอาคารอ้างอิง (ซ้าย) และประเภทที่ไม่ส่งผลต่อการจำลองอาคารอ้างอิง (ขวา)

ตารางที่ 4.1: ค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

	AD0	AD24	AD48	AD72	AD0	AD24	AD48	AD72
	OP0	OP0	OP0	OP0	OP72	OP72	OP72	OP72
EUI เฉลี่ย (kWh/m <sup>2</sup> .y)	124.63	118.75	116.11	114.98	122.31	116.56	113.91	112.77
%SAVE เฉลี่ย (%)	-3.11	-4.03	-4.24	-4.32	-5.17	-4.41	-4.48	-4.58

กรณีอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม (AD0 OP0) มีค่า EUI เฉลี่ย (124.63 kWh/m<sup>2</sup>.y) ค่าสูงสุด - ต่ำสุด สูงที่สุด และกรณีอาคารที่มีอาคารข้างเคียงสูง 72 ม. และมีอาคารฝั่งตรงข้าม มีค่า EUI เฉลี่ย (112.77 kWh/m<sup>2</sup>.y) ค่าสูงสุด - ต่ำสุด ต่ำที่สุด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.8 และตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ยังพบว่าค่า EUI มีแนวโน้มที่ชัดเจน เมื่อความสูงอาคารข้างเคียงเพิ่มขึ้นทำให้ค่า EUI ลดลง แต่จะมีอัตราส่วนค่า EUI ที่ลดลงต่อความสูงอาคารข้างเคียงที่เพิ่มขึ้นลดลง ขณะที่แนวโน้มของค่า %SAVE ในแผนภูมิที่ 4.9 และตารางที่ 4.1 ไม่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน

#### 4.4 อิทธิพลของรูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

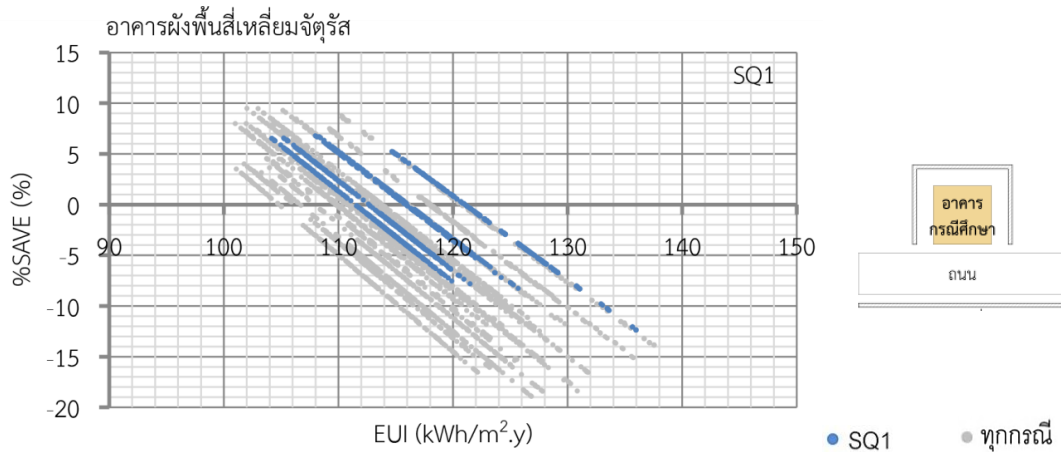
จากแผนภูมิที่ 4.10 – 4.12 ค่า EUI ของอาคารทั้ง 3 รูปทรงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1) มีค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) กระจุกตัวกว่าอาคารอีก 2 รูปทรง ขณะที่อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1) อิทธิพลของรูปทรงอาคารมีผลทำให้ ค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงานมีการกระจายมากกว่า โดยมีค่า EUI ทั้งที่ต่ำและสูงกว่าอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส แต่อยู่ในแนวใกล้เคียงกัน ส่วนอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) ที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้าม มีค่า EUI ใกล้เคียงกับอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน แต่มีค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยต่ำกว่าประมาณ 4.28% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.13 – 4.14 และตารางที่ 4.2 เนื่องจากมีพื้นที่ที่ถูกบังแดดด้วยเงาอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมาก

เมื่อพิจารณาร่วมกับแผนภูมิที่ 4.6 - 4.7 พบว่ารูปทรงอาคารเป็นตัวแปรที่ทำให้แนวกราฟแยกออกจากกันในกรณีที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้าม โดยอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนจะมีค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยต่ำสุด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.13 มีต่ำกว่าอาคารอีก 2 รูปทรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ขณะที่อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสและผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนค่าการประหยัดพลังงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ปัจจัยรูปทรงอาคารในกรณีอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสมิแนวนอนมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่าผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนที่วางอาคารในทิศทางที่ประหยัดพลังงานเมื่อมี EUI เท่ากัน

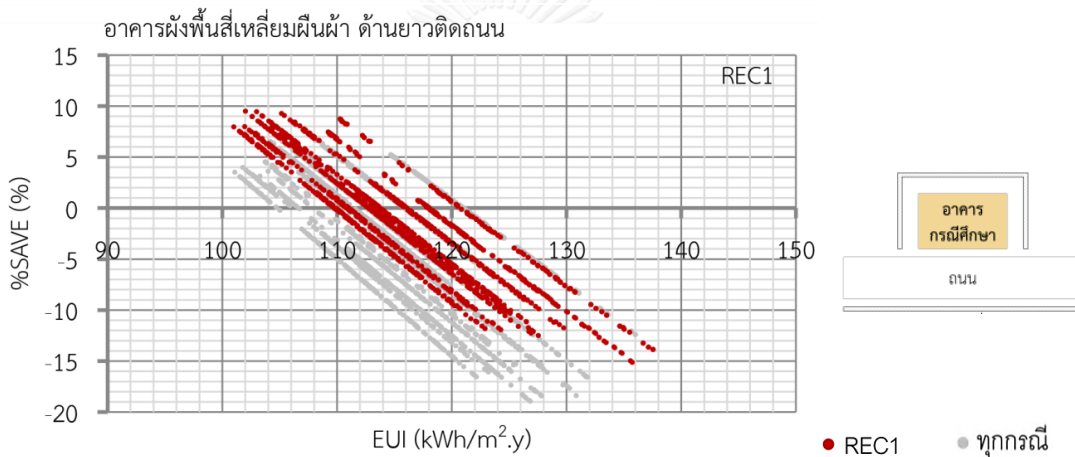
อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสและผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนมีแนวนอนมีค่าการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น เมื่อมีทั้งอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม แต่อาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนมีแนวนอนมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำลงหากมีอาคารฝั่งตรงข้ามเพียงอย่างเดียว ขณะที่อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนมีแนวนอนมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำลงหากมีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้าม





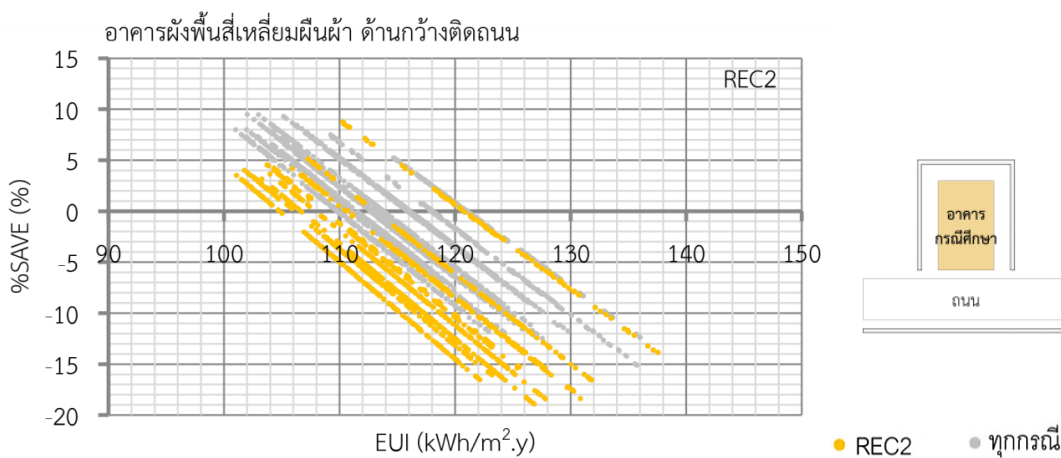
แผนภูมิที่ 4.10: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส



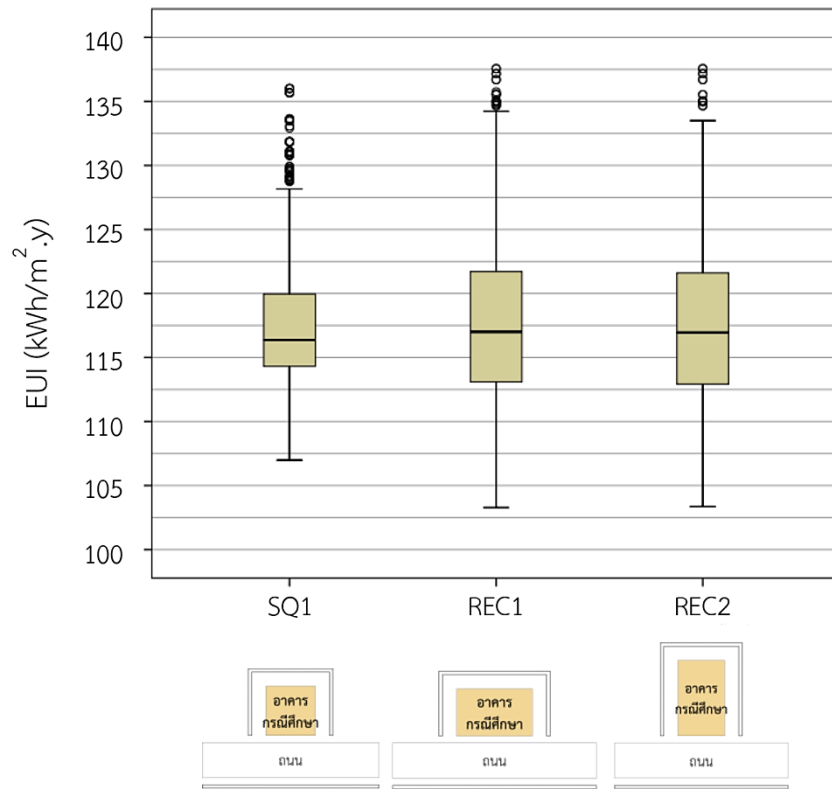
แผนภูมิที่ 4.11: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน

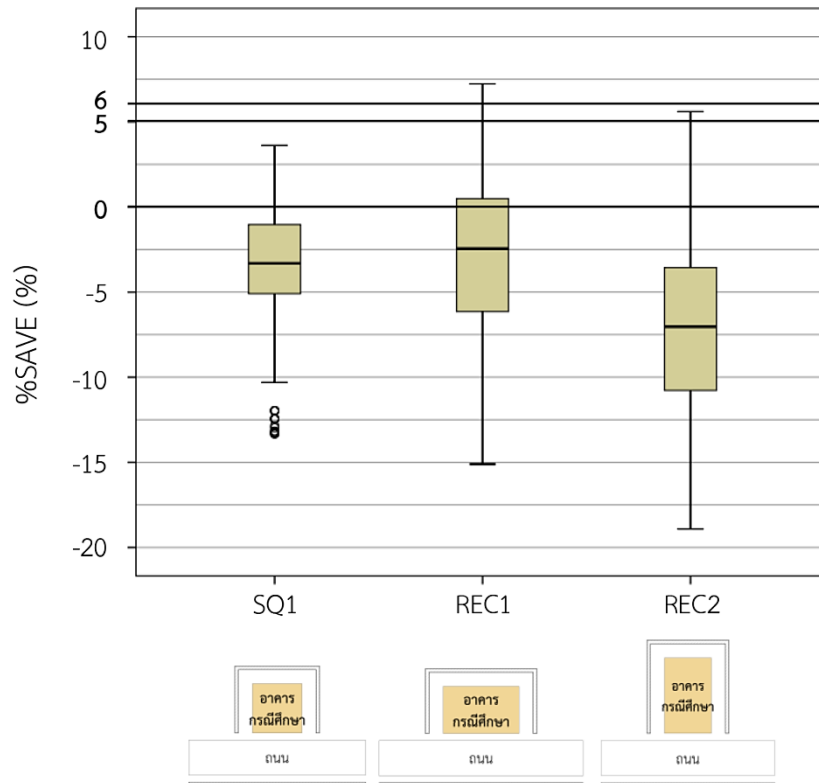


แผนภูมิที่ 4.12: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

ของอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน



แผนภูมิที่ 4.13: แสดงค่า EUI ของอาคารรูปทรงต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.14: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารรูปทรงต่างๆ  
 ตารางที่ 4.2: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารรูปทรงต่างๆ



	SQ1	REC1	REC2
EUI เฉลี่ย (kWh/m <sup>2</sup> .y)	117.52	117.54	117.45
%SAVE เฉลี่ย (%)	-3.18	-2.71	-6.99



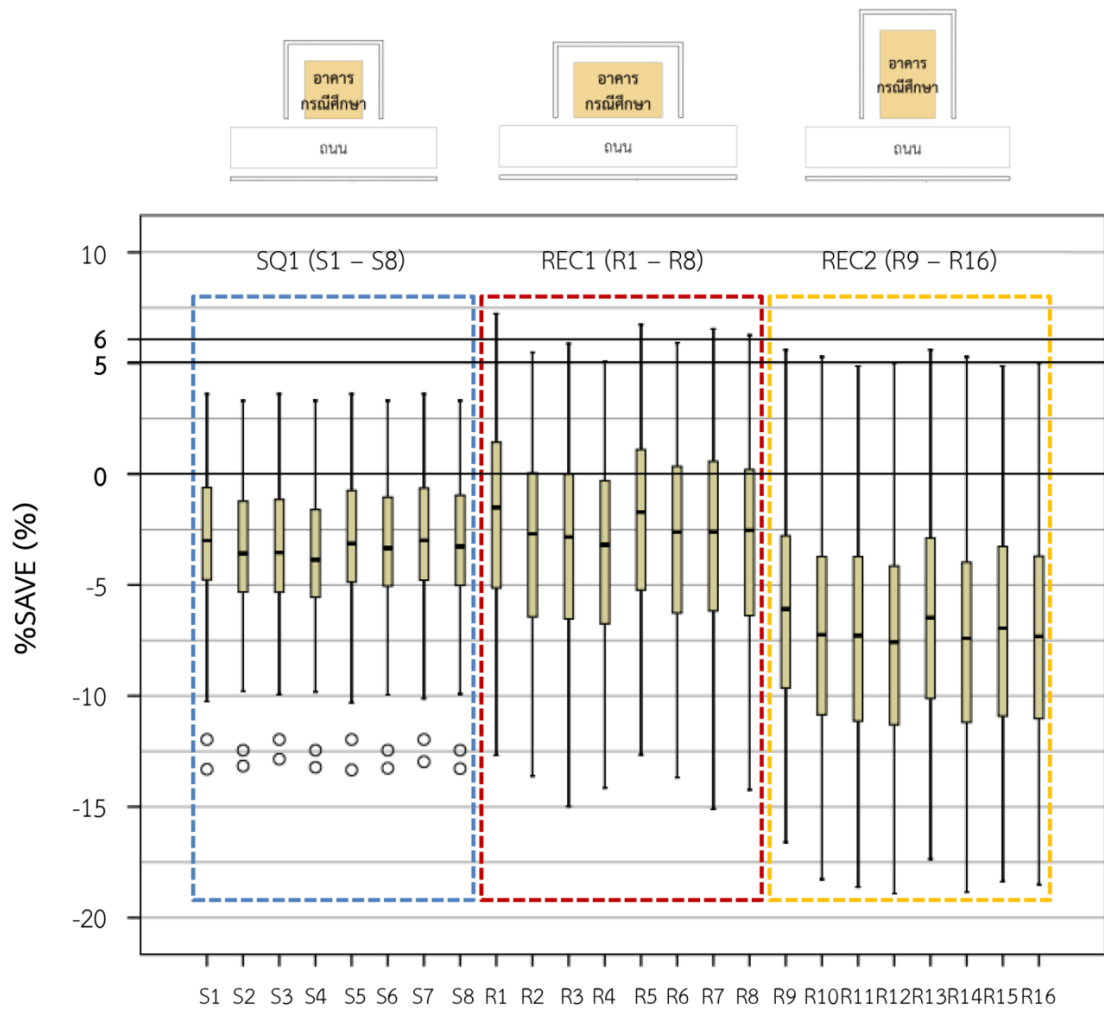
#### 4.5 อิทธิพลของทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

จากแผนภูมิที่ 4.15 – 4.16 และตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของการวางอาคารมีผลมากกว่าทิศของอาคารข้างเคียง เห็นได้ชัดจากการเปรียบเทียบค่า EUI เฉลี่ยและค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ย ระหว่างอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนกับด้านกว้างติดถนน ซึ่งลำดับ EUI เฉลี่ยจากต่ำไปสูง และค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยจากสูงไปต่ำมีการวางอาคารเหมือนกัน แตกต่างกันเพียงในกรณีอาคารรูปทรงฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน ค่า EUI ของการวางอาคารแบบ R11 และ R14 มีลำดับสลับกัน แต่มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 117.75 kWh/m<sup>2</sup>.y และ 117.78 kWh/m<sup>2</sup>.y ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า 3 ลำดับที่มีค่า EUI เฉลี่ยต่ำสุด และมีค่า %SAVE เฉลี่ยสูงสุดของแต่ละรูปทรงมีการวางอาคารตามแนวทิศหลัก ขณะที่ 2 ลำดับที่มีค่า EUI เฉลี่ยสูงสุด และมีค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยต่ำสุดของแต่ละรูปทรงมีการวางอาคารเอียง 45 องศาจากแนวทิศหลัก ซึ่งต่างจากกรณีของอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่ในกรณีอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า การวางอาคารขวางตะวันมีค่า EUI ต่ำสุด แต่ในกรณีที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามพบว่าลำดับค่า EUI แนวโน้มดีขึ้น โดยเฉพาะการบังอาคารข้างเคียงในทิศตะวันตก



แผนภูมิที่ 4.15: แสดงค่า EUI ของอาคารที่มีรูปทรงและการวางอาคารแบบต่างๆ

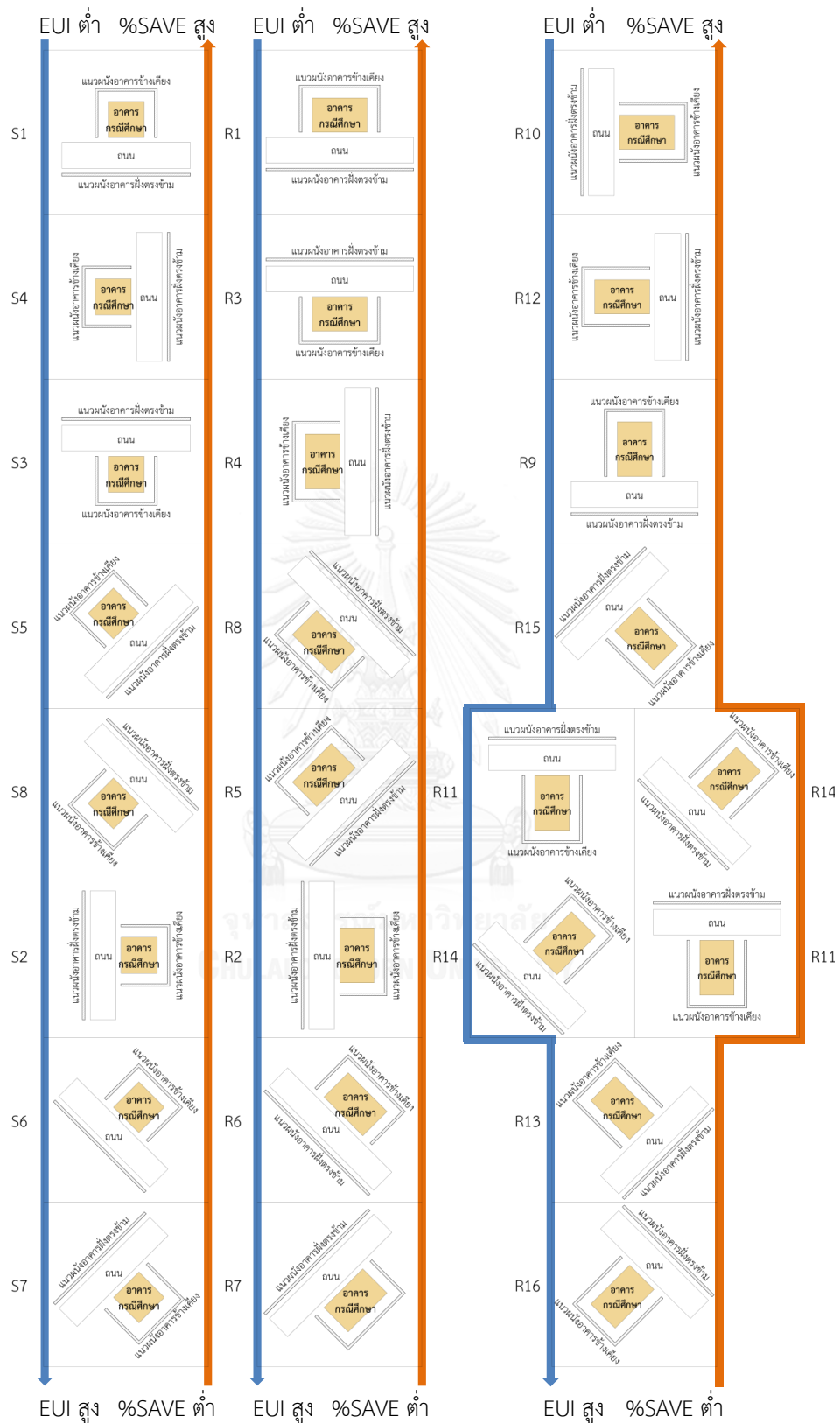


แผนภูมิที่ 4.16: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีรูปทรง และการวางอาคารแบบต่างๆ

ตารางที่ 4.3: ลำดับค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่ทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

ลำดับ	อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส SQ1				อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน REC1				อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน REC2			
	EUI เฉลี่ยต่ำสุด		%SAVE เฉลี่ยสูงสุด		EUI เฉลี่ยต่ำสุด		%SAVE เฉลี่ยสูงสุด		EUI เฉลี่ยต่ำสุด		%SAVE เฉลี่ยสูงสุด	
	รหัส	EUI เฉลี่ย (kWh/m <sup>2</sup> )	รหัส	%SAVE เฉลี่ย (%)	รหัส	EUI เฉลี่ย (kWh/m <sup>2</sup> )	รหัส	%SAVE เฉลี่ย (%)	รหัส	EUI เฉลี่ย (kWh/m <sup>2</sup> )	รหัส	%SAVE เฉลี่ย (%)
1	S1	117.12	S1	-2.89	R1	116.23	R1	-1.63	R10	116.35	R10	-6.01
2	S4	117.13	S4	-2.89	R3	116.43	R3	-1.81	R12	116.72	R12	-6.36
3	S3	117.23	S3	-2.99	R4	117.57	R4	-2.80	R9	117.39	R9	-6.95
4	S5	117.54	S5	-3.13	R8	117.78	R8	-2.87	R15	117.68	R15	-7.16
5	S8	117.56	S8	-3.15	R5	117.81	R5	-2.89	R11	117.75	R14	-7.24
6	S2	117.64	S2	-3.35	R2	117.92	R2	-3.11	R14	117.78	R11	-7.29
7	S6	117.80	S6	-3.36	R6	118.09	R6	-3.15	R13	117.92	R13	-7.39
8	S7	118.13	S7	-3.66	R7	118.46	R7	-3.46	R16	118.05	R16	-7.50
	EUI เฉลี่ยสูงสุด		%SAVE เฉลี่ยต่ำสุด		EUI เฉลี่ยสูงสุด		%SAVE เฉลี่ยต่ำสุด		EUI เฉลี่ยสูงสุด		%SAVE เฉลี่ยต่ำสุด	





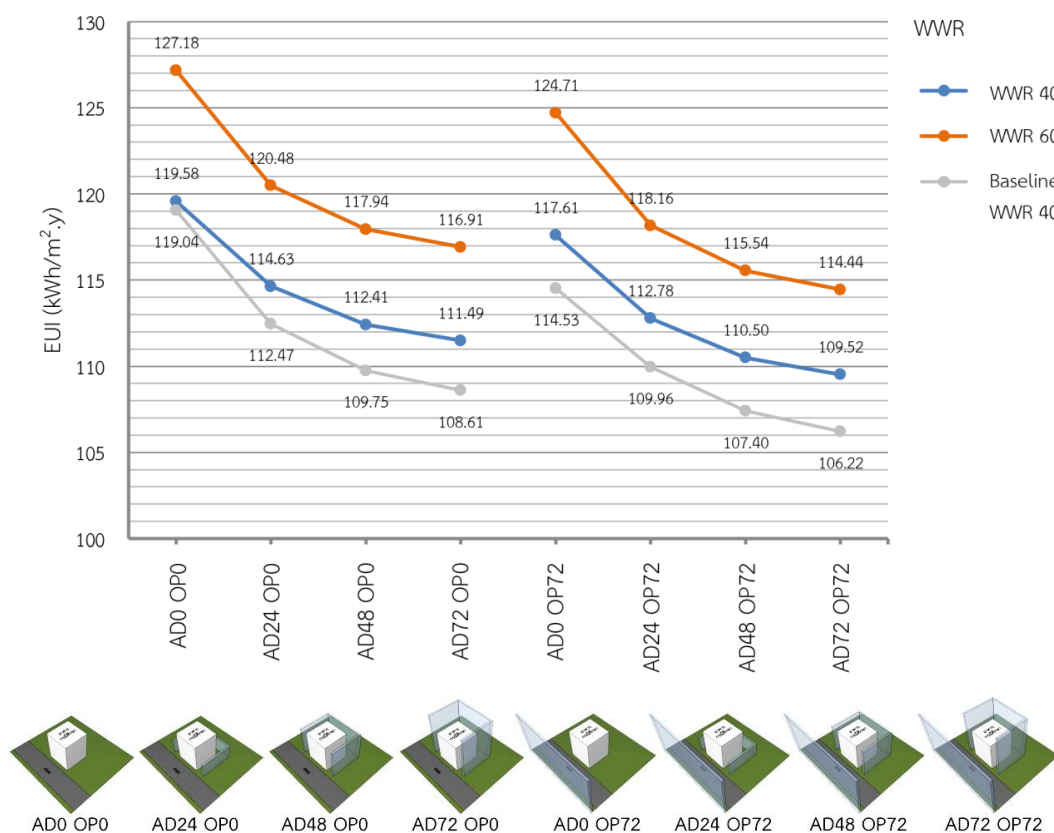
ภาพที่ 4.7: ลำดับค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีทิศทางอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ ตามตารางที่ 4.3



4.6 อิทธิพลของเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

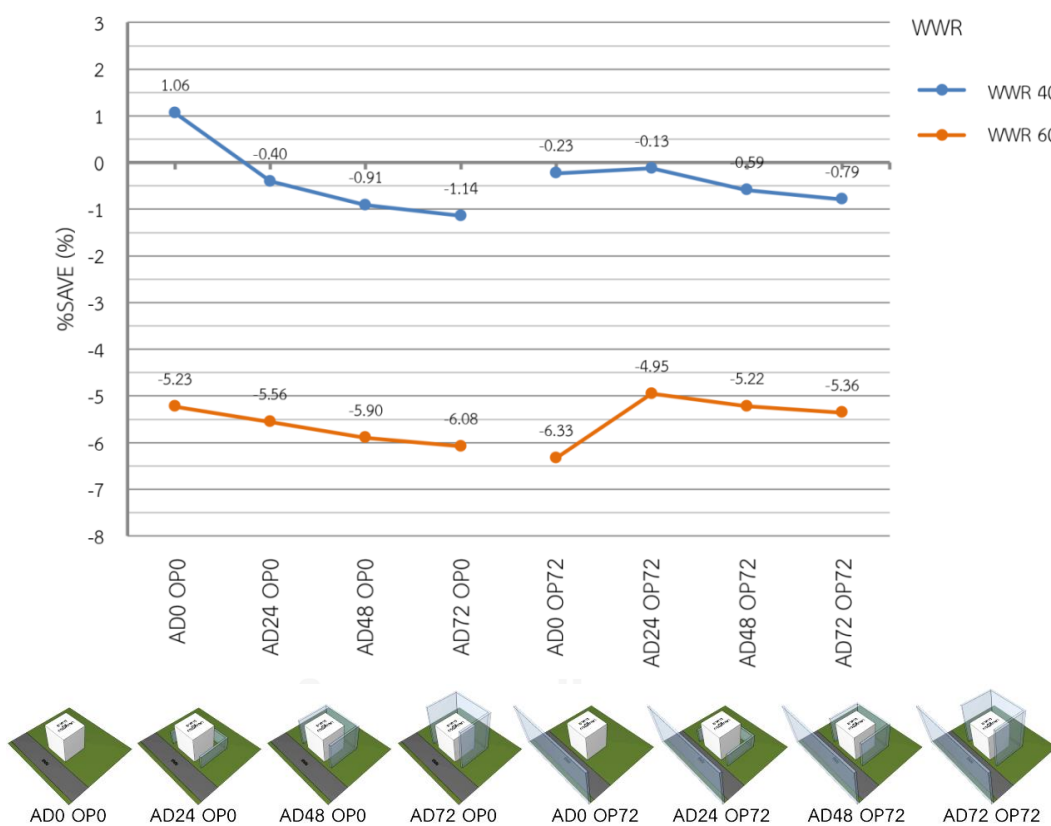
4.6.1 อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR)

กรณีที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% และ 60% ค่า EUI เฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยกรณี 60% มีอัตราการลดของค่า EUI เฉลี่ยเมื่อมีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามสูงกว่าเพียง 0.28 – 1.47% และมีค่า EUI เฉลี่ยสูงกว่า 4.87 – 7.40 kWh/m<sup>2</sup>.y ดังแสดงแผนภูมิที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเป็นปัจจัยในการออกแบบที่มีแนวโน้มชัดเจน แม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามซึ่งช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีอาทิตย์ได้ เพราะค่า U ของช่องเปิดหรือผนังโปร่งแสงส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าผนังทึบทั่วไป นอกจากนี้ยังมีความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ที่เข้ามาทำให้การมีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังมากยังคงทำให้อาคารมีค่า EUI ต่ำ



แผนภูมิที่ 4.17: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

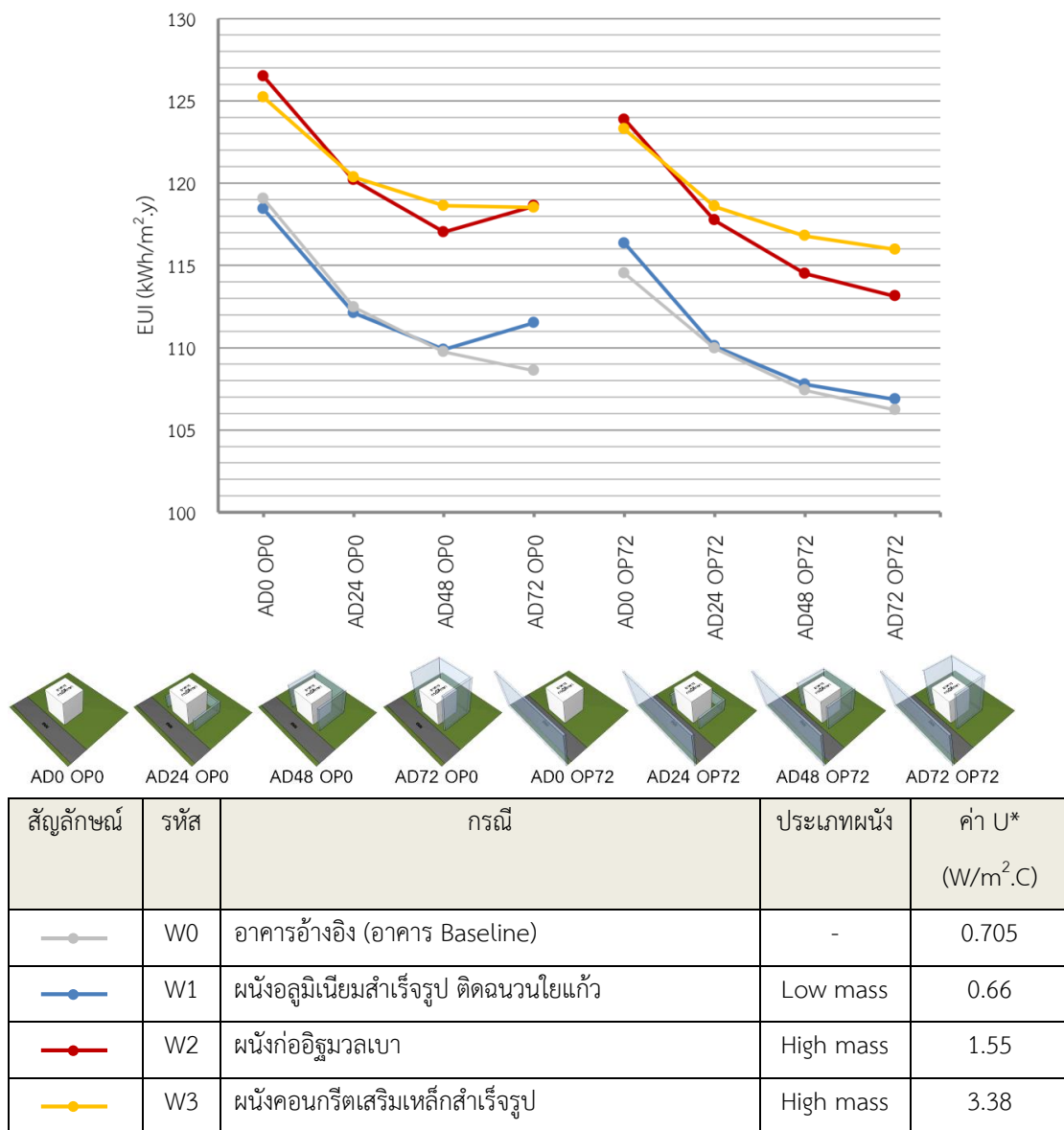
เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 4.18 พบว่าค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ดูเหมือนยังไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน แม้ว่าในกรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้ามค่าการประหยัดพลังงานของอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทั้ง 40% และ 60% มีแนวโน้มลดลงตามความสูงของอาคารข้างเคียงที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับกรณีที่ไม่มีทั้งอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม ขณะที่กรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามแต่ไม่มีอาคารข้างเคียงกลับมีค่าต่ำกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 4.17 ประกอบ พบว่าเป็นผลจากการที่กรณีทั้ง 2 มีการใช้พลังงานลดลงคนละอัตรากับอาคารอ้างอิง



แผนภูมิที่ 4.18: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

### 4.6.2 ชนิดผนังทึบ

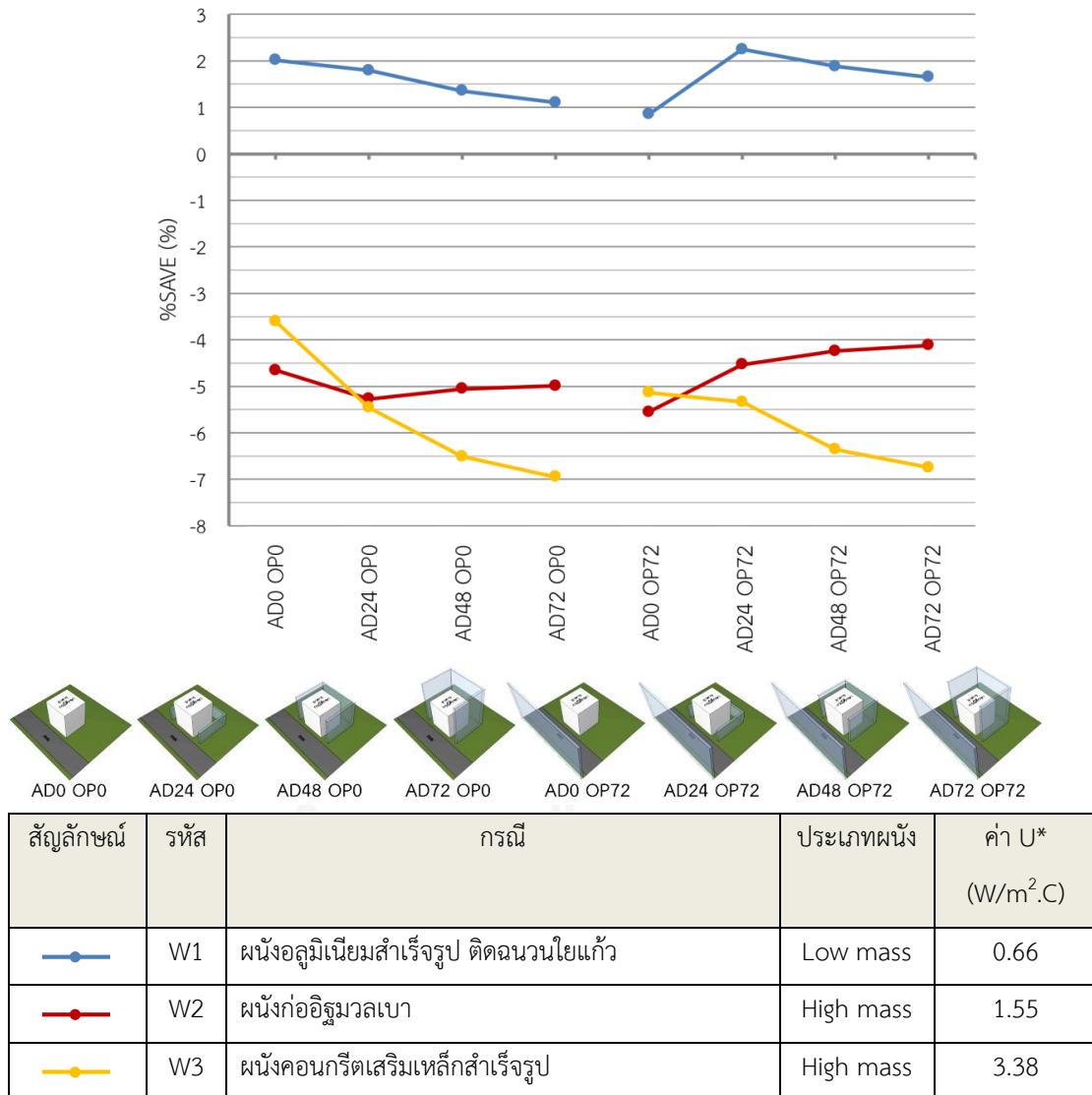
จากแผนภูมิที่ 4.9 ผนังอิฐมวลเบา (W2) เมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงมีค่า EUI เฉลี่ยสูงกว่าผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (W3) แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงกลับมีค่าต่ำกว่า โดยผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปมีอัตราการลดของค่า EUI เฉลี่ยเมื่อมีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามต่ำกว่าผนังอีก 2 ชนิด 0.41 – 3.20 % ขณะที่ผนังทึบอีก 2 ชนิดต่างกัน 0.03 – 0.35 % แสดงให้เห็นว่าอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่สูงขึ้น ทำให้อัตราการลดค่า EUI เฉลี่ยของผนังทึบแต่ละชนิดลดลงไม่เท่ากัน



แผนภูมิที่ 4.19: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังทึบ

อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

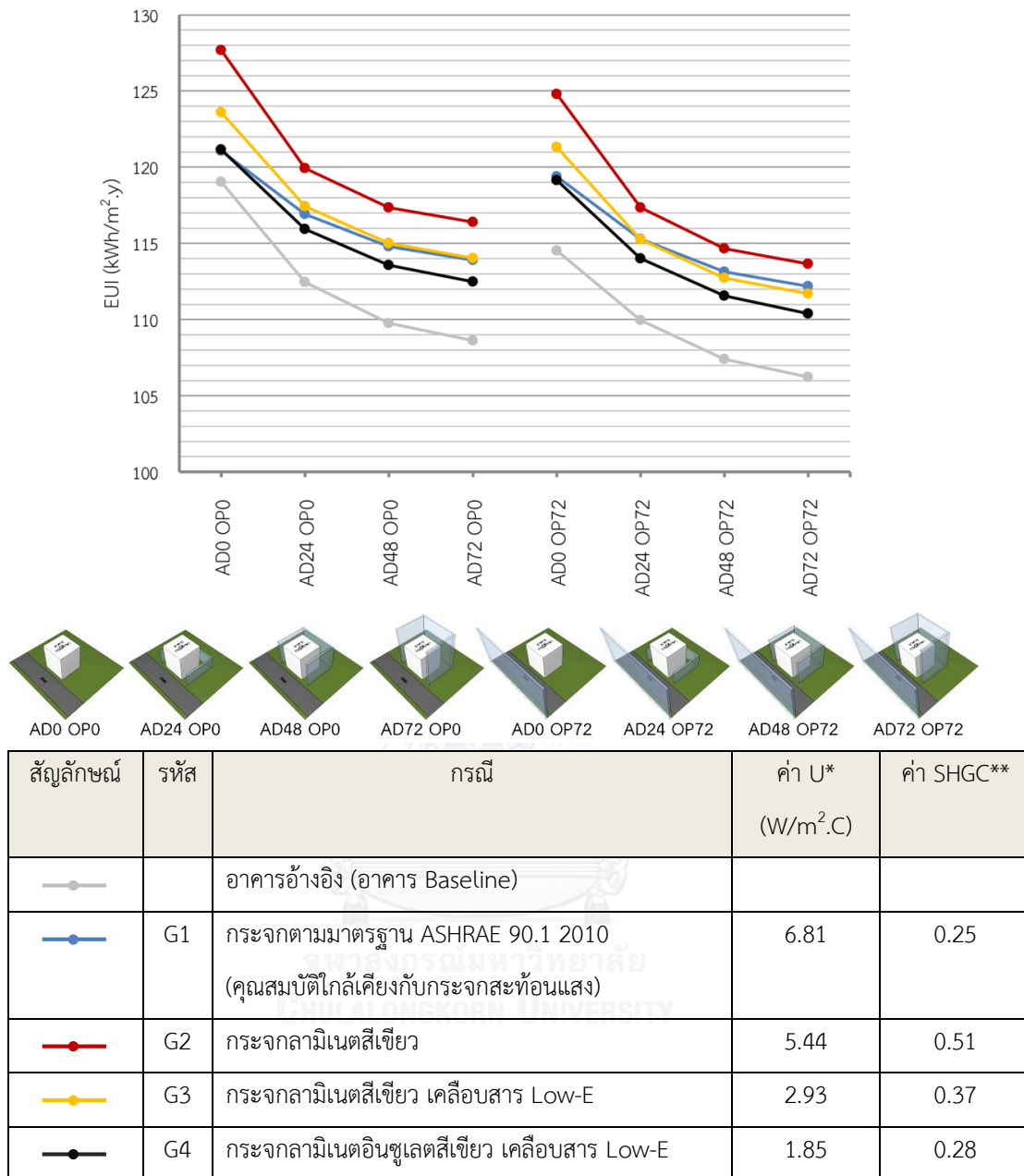
จากแผนภูมิที่ 4.20 ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว (W1) เป็นตัวแปรผนังเพียงชนิดเดียวที่ได้ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยมากกว่า 0 เนื่องจากมีค่า U ต่ำกว่าค่า U ของผนังอาคารอ้างอิง ขณะที่อัตราการลดลงของค่า EUI เมื่อความสูงของอาคารข้างเคียงเพิ่มขึ้นที่ไม่เท่าของอาคารอ้างอิงกับอาคารที่มีผนังชนิดต่างๆ ทำให้ค่าการประหยัดพลังงานไม่แน่นอนที่ชัดเจน



แผนภูมิที่ 4.20: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังที่อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

#### 4.6.3 ชนิดผนังโปร่งแสง

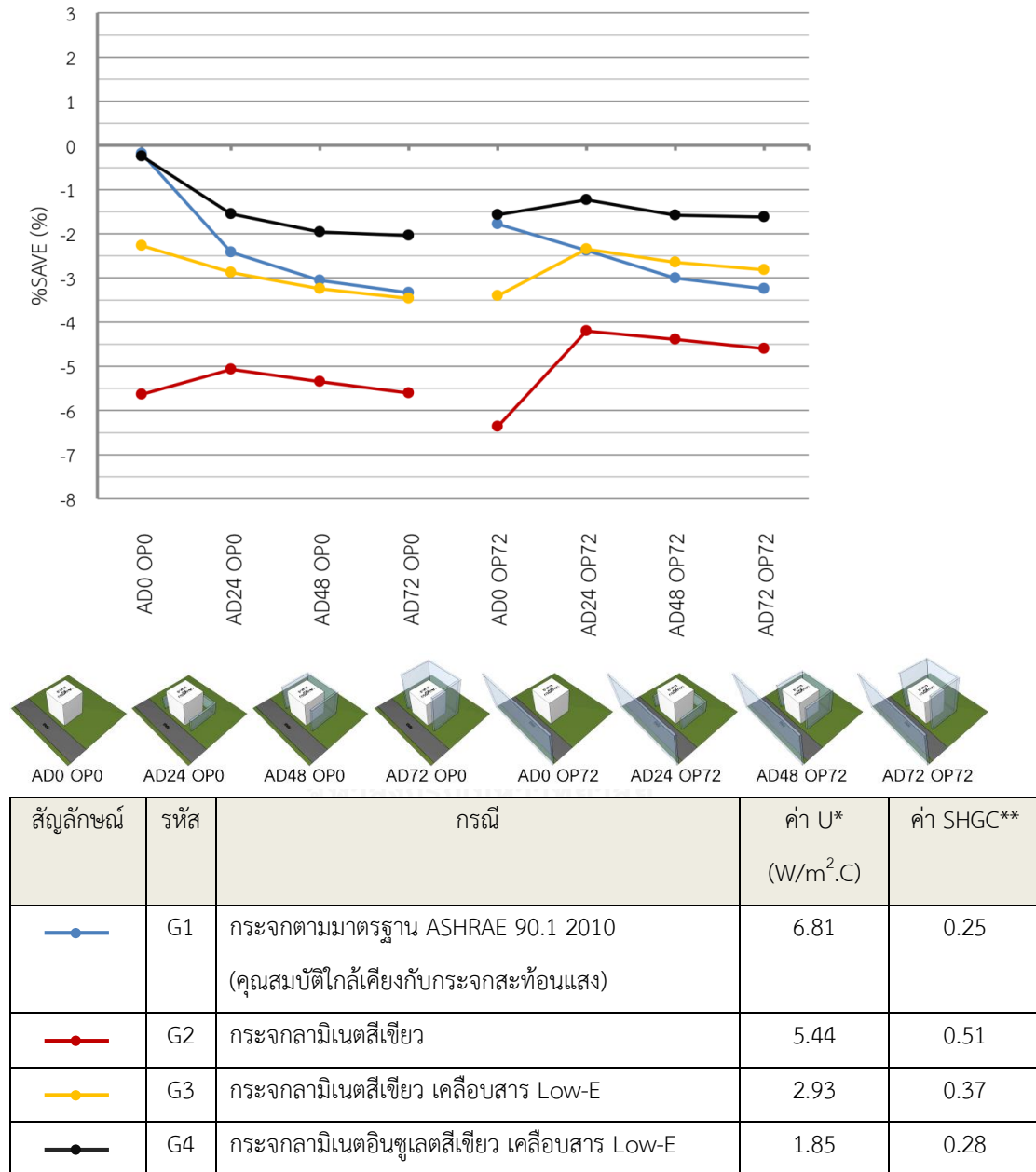
จากแผนภูมิที่ 4.21 กรณีผนังโปร่งแสงเป็นกระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) เมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงมี EUI เฉลี่ยต่ำกว่ากระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G3) แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามกลับมีค่าสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่สูงขึ้น ทำให้อัตราการลดค่า EUI เฉลี่ยของผนังโปร่งแสงแต่ละชนิดมีการลดลงไม่เท่ากัน เช่นเดียวกับปัจจัยกรณีผนังทึบ ซึ่งเกิดจากการมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสี ทำให้จากในกรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม กระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนผ่านรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.25 ซึ่งต่ำกว่ากระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G3) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนผ่านรังสีอาทิตย์ (SHGC) เท่ากับ 0.37 จึงมีค่า EUI ต่ำกว่า แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม กระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G3) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า U) เท่ากับ  $2.93 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่ากระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า U) เท่ากับ  $6.81 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  ซึ่งสูงที่สุดในกระจกชนิดต่างๆที่ทดลอง จึงทำให้กระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G3) มีค่า EUI ต่ำกว่ากระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) แทน



แผนภูมิที่ 4.21: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังโปร่งแสง อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของปัจจัยผนังโปร่งแสงหรือกระจกในแต่ละรูปแบบ อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีค่าตามค่า EUI เฉลี่ยโดยในอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามพบว่าลำดับของค่า EUI เฉลี่ยเรียงตามค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนผ่านรังสีอาทิตย์ (SHGC) ขณะที่ในกรณีที่มีทั้งอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม พบว่าลำดับของค่า EUI

เฉลี่ยเรียงตามค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า U) ซึ่งเป็นผลจากการที่อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีที่เช่นเดียวกันดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.22

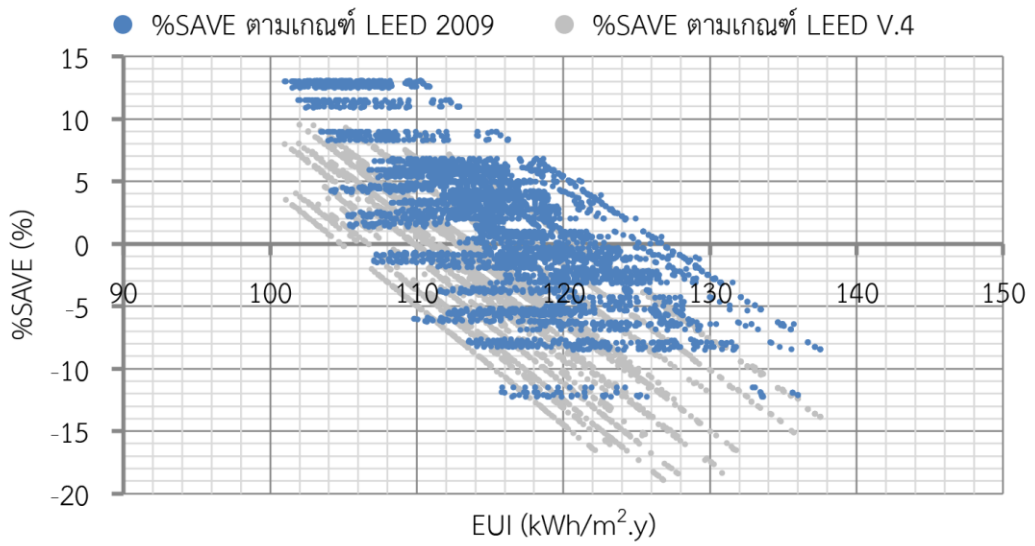


แผนภูมิที่ 4.22: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีวัสดุผนังโปร่งแสง อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

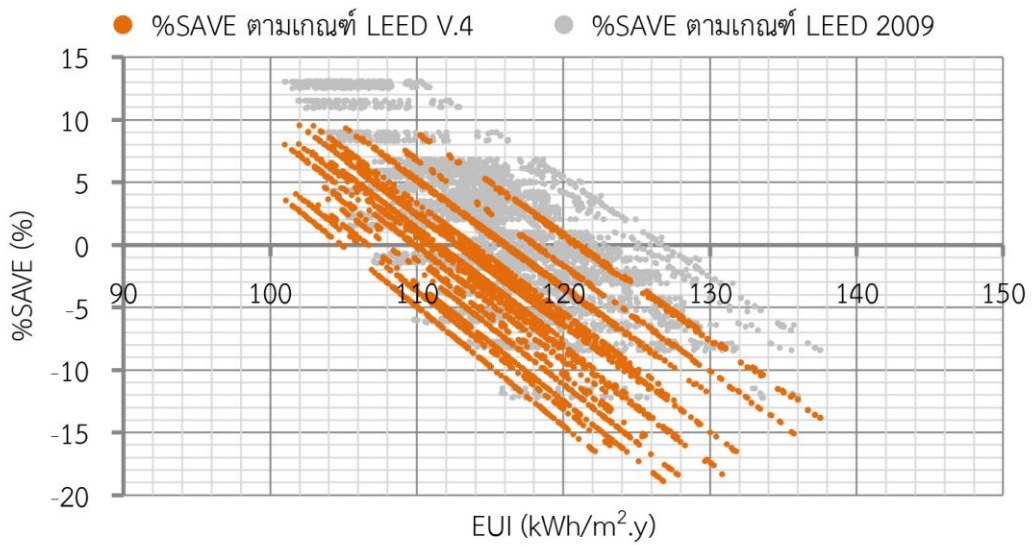
#### 4.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED version 4 ต่อค่า %SAVE เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

อาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED V.4 กำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียงหรือสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร ขณะที่เกณฑ์ LEED 2009 ไม่ได้กำหนดไว้ นอกจากนี้เกณฑ์ LEED V.4 ยังกำหนดคุณสมบัติของระบบปรับอากาศที่มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (COP) เท่ากับ 6.17 ขณะที่เกณฑ์ LEED 2009 กำหนดเท่ากับ 6.10 และกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (LPD) ต่ำกว่า คือ 10.5 W/m<sup>2</sup> ขณะที่เกณฑ์ LEED 2009 กำหนด 11.0 W/m<sup>2</sup> จึงทำให้อาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED V.4 มีแนวโน้มการใช้พลังงานต่ำกว่า และทำให้ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) จึงมีแนวโน้มต่ำกว่าเช่นกัน ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 4.23 – 4.24 พบว่าค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED 2009 ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด - ต่ำสุด โดยมีค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ -4.29 % และ 0.18 % ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.25 และตารางที่ 4.4

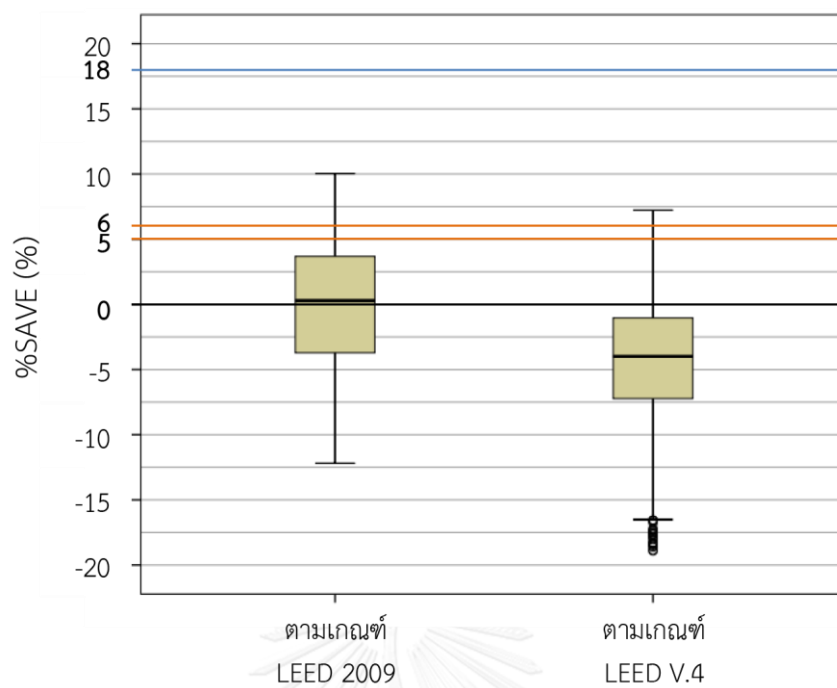




แผนภูมิที่ 4.23: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009



แผนภูมิที่ 4.24: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED V.4



แผนภูมิที่ 4.25: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

ตารางที่ 4.4: ค่า %SAVE ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4

	ตามเกณฑ์ LEED 2009	ตามเกณฑ์ LEED V.4
%SAVEเฉลี่ย (%)	0.18	-4.29

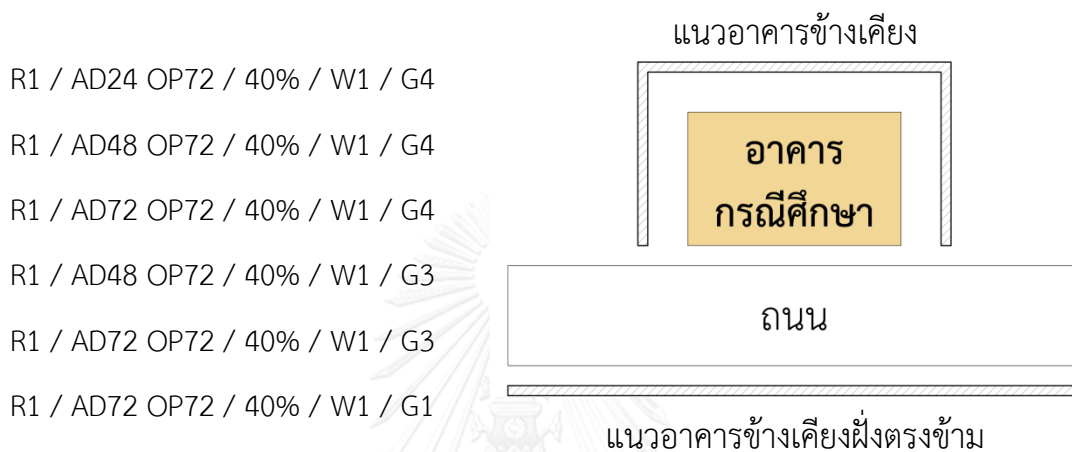
#### 4.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ LEED 2009 เป็น LEED V.4 ต่อคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

เมื่อพิจารณาจำนวนกรณีที่ได้คะแนนในตารางที่ 4.5 พบว่าไม่มีกรณีใดที่ได้คะแนนตามเกณฑ์ LEED 2009 ตั้งแต่ 1 คะแนนขึ้นไป (ค่าการประหยัดพลังงานตั้งแต่ 12 % แต่ไม่ถึง 14 %) เนื่องจากปัจจัยด้านเปลือกอาคารของอาคารอ้างอิงที่กำหนดไว้ตามเกณฑ์ LEED 2009 มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูง แม้ว่าวัสดุเปลือกอาคารทั้งที่เป็นผนังทึบและผนังโปร่งแสงที่นำมาใช้บางตัวจะมีค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานกว่า แต่ไม่มากพอที่จะทำให้ได้คะแนน

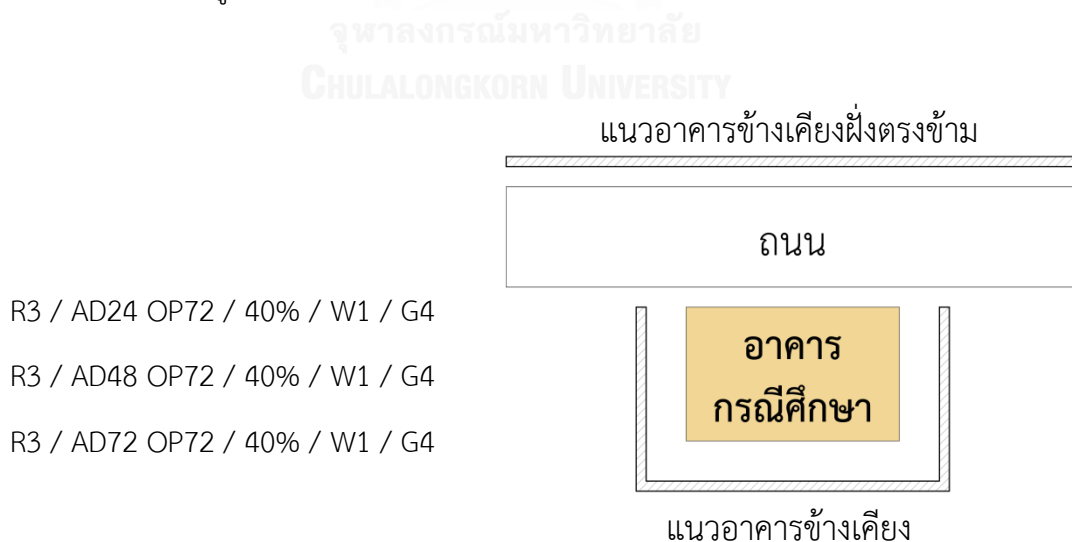
นอกจากนี้ USGBC ประกาศให้อาคารที่ลงทะเบียนเพื่อขอการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED 2009 ตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2559 ต้องมีค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำในหัวข้อ Minimum energy Performance ไม่ต่ำกว่า 18 % หรือ 4 คะแนนขึ้นไปสำหรับอาคารประเภทอาคารสำนักงาน ซึ่งในกรณีต่างๆที่ทำการทดลองไม่มีกรณีใดที่ผ่าน นั้นหมายความว่าอาคารเหล่านี้ไม่สามารถขอรับการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED 2009 ได้เลย

ขณะที่คะแนนตามเกณฑ์ LEED V.4 อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) เป็นรูปทรงเดียวที่มีจำนวนกรณีที่ได้คะแนน 1 คะแนน (ค่าการประหยัดพลังงานตั้งแต่ 6 % แต่ไม่ถึง 8 %) จำนวน 12 กรณี ที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 40 % และผนังทึบเป็นผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว (W1) แบ่งตามการวางอาคารเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. การวางอาคารแบบ R1 จำนวน 6 กรณี คือ กรณีที่มีผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G4) สำหรับกรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูงตั้งแต่ 24 ม.ขึ้นไป จำนวน 3 กรณี กระจกลามิเนตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G3) สำหรับกรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูงตั้งแต่ 48 ม.ขึ้นไป จำนวน 2 กรณี และกระจกตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 (G1) สำหรับกรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูง 72 ม. จำนวน 1 กรณี รายชื่อกรณีมีดังนี้



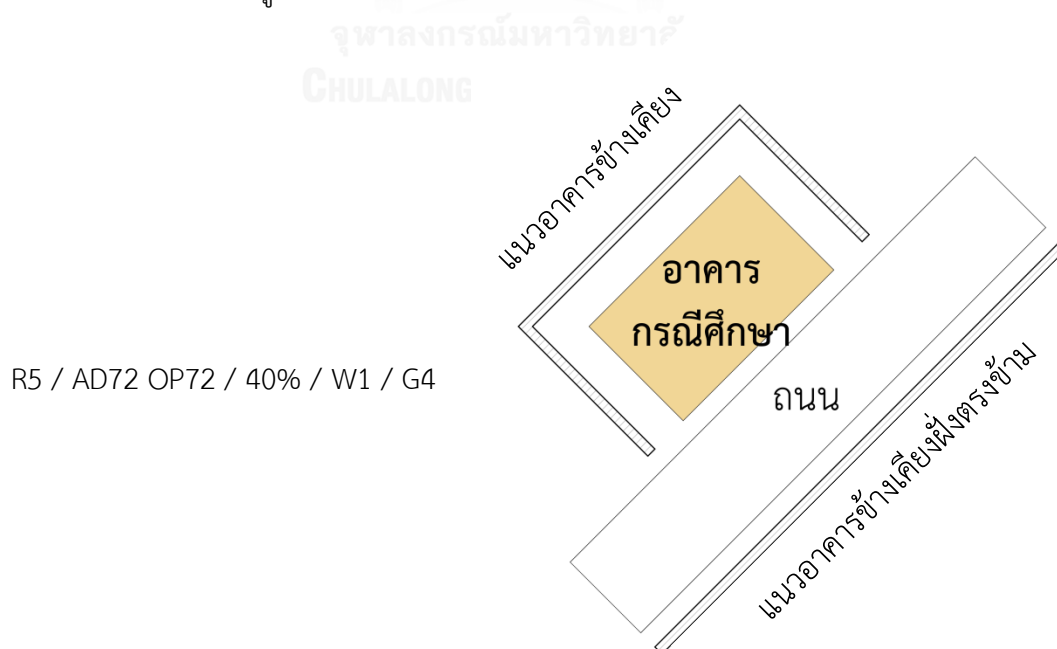
2. การวางอาคารแบบ R3 จำนวน 3 กรณี คือ กรณีที่มีอาคารข้างเคียงและผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G4) รายชื่อกรณีมีดังนี้



3. การวางอาคารแบบ R4 จำนวน 2 กรณี คือ กรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูง 48 ม. และ 72 ม. ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G4) รายชื่อกรณีมีดังนี้



4. การวางอาคารแบบ R5 จำนวน 1 กรณี คือ กรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูง 72 ม. ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E (G4) รายชื่อกรณีมีดังนี้



ตารางที่ 4.5: จำนวนกรณีที่ได้คะแนนต่างๆ

กรณี		จำนวนกรณีที่ได้คะแนน	
รูปแบบอาคาร	เกณฑ์คะแนน	0 คะแนน	1 คะแนน
SQ1 อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส (S1 – 8)	LEED 2009	1536	-
	LEED V.4	1536	-
REC1 อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (L1 – 8)	LEED 2009	1536	-
	LEED V.4	1524	12
REC2 อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (L9 – 16)	LEED 2009	1536	-
	LEED V.4	1536	-

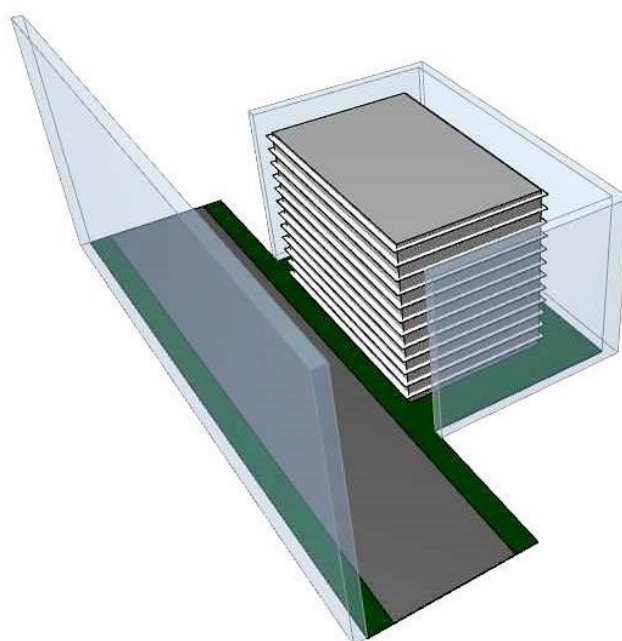
หมายเหตุ : เกณฑ์ LEED 2009 ค่า %SAVE ตั้งแต่ 12% ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 14% ได้ 1 คะแนน และเกณฑ์ LEED V.4 %SAVE ตั้งแต่ 6% ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8% ได้ 1 คะแนน

องค์กร USGBC ประกาศให้อาคารที่ลงทะเบียนเพื่อขอการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED 2009 ตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2559 ต้องมีค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำในหัวข้อ Minimum energy Performance ไม่ต่ำกว่า 18 % หรือ 4 คะแนนขึ้นไป

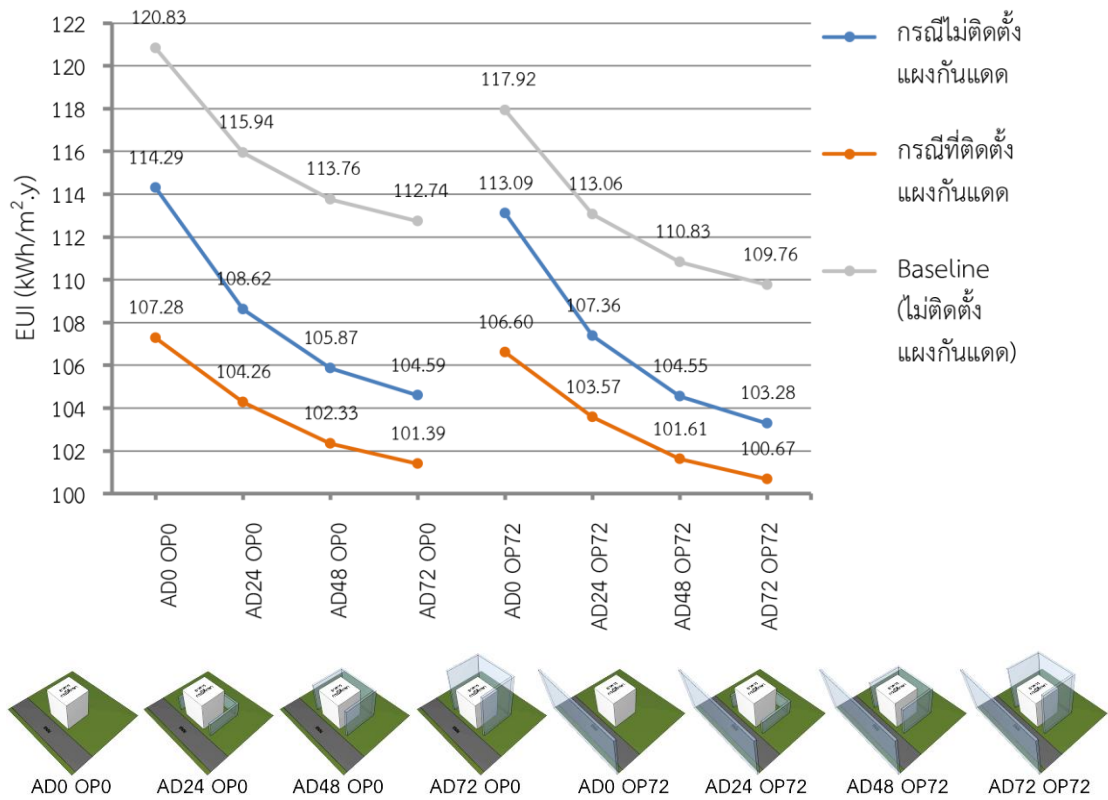
โอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 มีมากขึ้น เนื่องจากการปรับเกณฑ์การให้คะแนน โดยช่วงคะแนนตั้งแต่ 1 – 11 พิจารณาจากค่าการประหยัดพลังงานที่ต่ำกว่าเกณฑ์ LEED 2009 ถึง 6 % ช่วงคะแนนตั้งแต่ 12 – 15 ยังมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่า 5 – 2 % และช่วงคะแนนตั้งแต่ 16 – 18 มีค่าการประหยัดพลังงานเท่ากันจนถึงน้อยกว่า 4 %

#### 4.9 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของแผงกันแดด

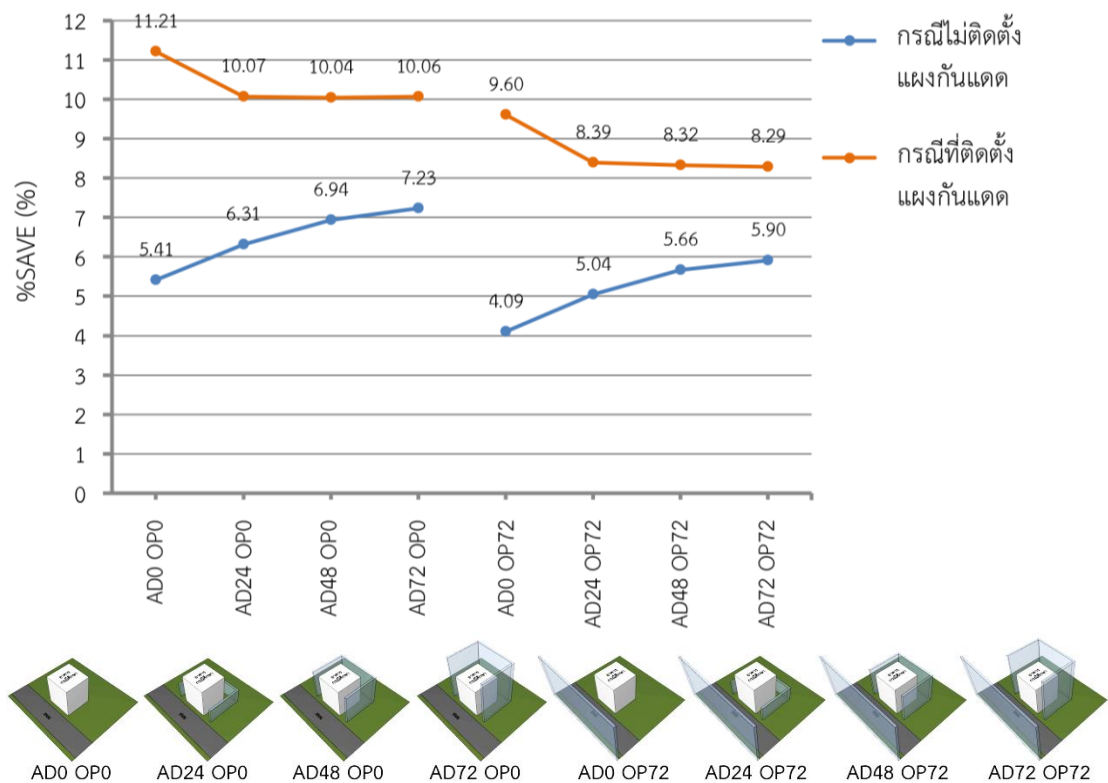
จากผลการทดลองขั้นที่ 1 พบว่าจากอาคารที่ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 4,176 กรณี มีอาคารที่ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูงสุดเพียง 1 คะแนน จำนวน 12 กรณี จากคะแนนเต็ม 16 คะแนนสำหรับอาคารสำนักงาน ดังนั้นจึงทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการติดตั้งแผงกันแดดแนวนอน กว้าง 1.2 ม. และติดตั้งรอบอาคารทุกด้าน ดังแสดงในภาพที่ 4.8 โดยนำอาคารที่มีค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูงสุด คือกรณี R1 / AC72 OP0 / 40 % / W1 / G4 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาวติดถนนหันทางทิศใต้ วางอาคารตามตะวัน อาคารข้างเคียงสูง 72 ม. ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40 % ผนังทึบ เป็นอลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกลามิเนตอินซูเลตสีเขียว เคลือบสาร Low-E มาเป็น “อาคารที่ออกแบบเริ่มต้น” ในการทดลองขั้นที่ 2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของแผงกันแดด จำนวน 8 รูปแบบเช่นเดียวกับรูปแบบในการทดลองขั้นที่ 1



ภาพที่ 4.8: อาคารที่ติดตั้งแผงกันแดดแนวนอน



แผนภูมิที่ 4.26: แสดงค่า EUI ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4



แผนภูมิที่ 4.27: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED 2009 และ LEED V.4



จากการศึกษาชั้นที่ 2 โดยการนำกรณี R1 / AC72 OP0 / 40% / W1 / G4 ซึ่งได้ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูงสุดมาศึกษาต่อโดยการเปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งแผงกันแดดกับกรณีติดตั้งแผงกันแดดเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ พบว่าการติดตั้งแผงกันแดดจะทำให้ค่า EUI ลดลงได้มากเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม โดยค่า EUI จะลดลงเมื่อความสูงของอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการลดลงของค่า EUI ต่อความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มลดลง เนื่องจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีเช่นเดียวกับแผงกันแดดไปแล้ว ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.26

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 4.27 พบจุดน่าสังเกต 3 จุด ดังนี้

1. กรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม
2. กรณีที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดด ค่าการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นตามความสูงอาคารข้างเคียง
3. ค่าการประหยัดพลังงานของกรณีติดตั้งแผงกันแดดที่มีอาคารข้างเคียงลดลงมากกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียง ขณะที่ความสูงของอาคารข้างเคียงที่ต่างกันมีค่าการประหยัดพลังงานใกล้เคียงกัน

### 1. กรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม

ค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงคำนวณจากค่าเฉลี่ยใน 4 ทิศทางการวางอาคารของอาคารอ้างอิง ขณะที่อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นในการทดลองชั้นที่ 2 เลือจากการวางอาคารในทิศทางที่ประหยัดพลังงานที่สุด ดังนั้นเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเลย การวางอาคารในทิศทางที่ดีกับทิศทางที่ไม่ดีจะมีความแตกต่างกันมาก อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นในการทดลองชั้นที่ 2 จะมีค่าการประหยัดพลังงานมาก

แต่การมีอาคารฝั่งตรงข้ามทำให้อาคารที่ออกแบบมีการบังแดดทุกด้าน ดังนั้นความแตกต่างระหว่างการวางอาคารในทิศทางที่ดีกับทิศทางที่ไม่ดีจะมัน้อยลงไปเรื่อยๆตามความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มขึ้น ค่าการประหยัดพลังงานจึงต่ำลง เพราะการวางอาคารในทิศทางที่ดีมีการใช้พลังงานต่ำกว่าอาคารอ้างอิงน้อยลง

ซึ่งจากคำอธิบายนี้อาคารที่มีความสูงอาคารข้างเคียงเพิ่มก็น่าจะมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำลง แต่เนื่องจากอาคารที่ออกแบบได้รับอิทธิพลจากกระจก ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

## 2. กรณีที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดด ค่าการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นตามความสูงอาคารข้างเคียง

อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นในการทดลองขั้นที่ 2 กรณีที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดด ค่าการประหยัดพลังงานจะสูงขึ้นเมื่อความสูงของอาคารข้างเคียงเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีลดลงเพราะถูกอาคารข้างเคียงบัง ดังนั้นค่า SHGC ของกระจกจึงมีความสำคัญน้อยลงตามความสูงอาคารข้างเคียงที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่อาคารที่ออกแบบเริ่มต้นในการทดลองขั้นที่ 2 มีค่า U ของกระจกต่ำกว่าอาคารอ้างอิง (ค่า U เท่ากับ  $1.85 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$  และ  $6.81 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$ ) ดังนั้นอาคารที่ออกแบบเริ่มต้นในการทดลองขั้นที่ 2 จึงมีค่าการประหยัดพลังงานสูงขึ้นเมื่อมีอาคารข้างเคียงสูงขึ้น

## 3. ค่าการประหยัดพลังงานของกรณีติดตั้งแผงกันแดดที่มีอาคารข้างเคียงลดลงมากกว่ากรณีที่ไม่อาคารข้างเคียง ขณะความสูงของอาคารข้างเคียงที่ต่างกันมีค่าการประหยัดพลังงานใกล้เคียงกัน

จากแนวโน้มค่าการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้นตามความสูงอาคารข้างเคียงของกรณีที่ไม่ติดตั้งแผงกันแดด พบว่าแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงโดยการติดตั้งแผงกันแดดให้อาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงจะลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้มากอย่างเห็นได้ชัด เมื่อลดความร้อนเหล่านั้นไปได้มากแล้ว ค่า EUI จึงลดลงในอัตราที่ลดลงเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงเพิ่มขึ้นซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการลดของอาคารของอาคารอ้างอิง ค่าการประหยัดพลังงานของกรณีที่มีอาคารข้างเคียงสูงต่างกันจึงไม่ต่างกัน โดยมีกรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้ามและอาคารข้างเคียงสูง 24 ม., 48 ม., และ 72 ม. มีความแตกต่างกันสูงสุดเพียง 0.03 % ขณะที่กรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามและอาคารข้างเคียงสูง 24 ม., 48 ม. และ 72 ม. มีความแตกต่างกันสูงสุดเพียง 0.10 %

การติดตั้งแผงกันแดดทำให้ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ได้ 3 คะแนนในกรณีที่ไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม และในกรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามได้ 2 คะแนน

จากการทดลองทั้งหมดในบพนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยลดค่า EUI ของอาคารที่ออกแบบลง แต่อาจเพิ่มหรือลดค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เพราะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง

2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง ได้แก่ รูปทรงอาคาร ขนาดอาคาร และอาคารข้างเคียง ทำให้ค่า EUI ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่สัมพันธ์กับค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ขณะที่ปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง ได้แก่ อัตราส่วนพื้นที่พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) ชนิดผนังทึบ ชนิดกระจก และรูปแบบแผงกันแดด ทำให้ค่า EUI ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงสัมพันธ์กับค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

การวางอาคารที่ต่างกัน 90 องศาถือเป็นปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง เนื่องจากการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงเฉลี่ยจากการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงทิศเดียวกับอาคารที่ออกแบบ และหมุน 90, 180 และ 270 องศา

3. การวางอาคารมีผลต่อค่า EUI มากกว่าทิศทางการบังแดดจากอาคารข้างเคียง แต่การมีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามบังแดดในด้านที่รับแดดมากอย่างทิศตะวันตกทำให้อาคารมีค่า EUI ต่ำลง เช่น การวางอาคารขวางตะวันมีค่า EUI สูงสุดเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียง แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงการวางอาคารตามแนวทิศรองที่ไม่มีอาคารข้างเคียงทางทิศตะวันตกเฉียงใต้หรือทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีค่า EUI ต่ำกว่า

4. ค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารที่มีรูปทรงและอาคารข้างเคียงแบบเดียวกันมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผกผัน

5. อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้ามีโอกาสได้ค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่าอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส แต่การพื้นที่มีอาคารข้างเคียงต่อพื้นที่ผนังมากอย่างอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนจะมีแนวโน้มค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ต่ำลงจากกรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามอย่างเห็นได้ชัด

6. เมื่อความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมากขึ้น ความสำคัญของค่า SHGC ของกระจกจะลดลง เนื่องจากความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีถูกอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยบัง ดังนั้นด้านที่มีอาคารข้างเคียงบังอาจใช้กระจกที่มีค่า U ต่ำเพียงอย่างเดียวไม่จำเป็นต้องมีค่า SHGC ต่ำมากก็ได้

7. แผงกันแดดและอาคารข้างเคียงทำหน้าที่เดียวกัน คือช่วยบังความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสี ดังนั้นหากมีอาคารข้างเคียง การติดตั้งแผงกันแดดด้วยจะช่วยลดการใช้พลังงานมากกว่าอาคารที่ติดตั้งกันแดดอีกไม่มาก และในขณะที่อาคารข้างเคียงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออาคารอ้างอิงทำให้มีการใช้พลังงานลดลง แต่แผงกันแดดเป็นปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง ดังนั้นการติดตั้งกันแดดในกรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะมีค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูงกว่ากรณีที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามอย่างเห็นได้ชัด

8. ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ตามเกณฑ์ LEED V.4 มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED 2009 แต่โอกาสในการได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance กลับมีมากขึ้นเนื่องจากการปรับเกณฑ์การให้คะแนนโดยพิจารณาจากค่าการประหยัดพลังงานที่ต่ำลง โดยสูงถึง 6 % ในช่วง 1 – 11 คะแนนแรก และเกณฑ์ LEED 2009 ผ่านยากขึ้นเมื่อกำหนดค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำในหัวข้อ Minimum Energy Performance ซึ่งเป็นหัวข้อบังคับที่ 18 % หรือ 4 คะแนน

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

เกณฑ์อาคารเขียวต่างๆ เช่น เกณฑ์ LEED V.4 พยายามวางเกณฑ์ทั้งที่เป็นข้อบังคับและเป็น การให้คะแนนเพื่อจูงใจให้เจ้าของโครงการพยายามสร้างอาคารที่ประหยัดพลังงาน โดยหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 มีส่วนที่แตกต่างจากเกณฑ์ LEED 2009 ซึ่งเป็นฉบับเดิม ด้วยการกำหนดให้จำลองอาคารข้างเคียงและสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่อาจมีผลต่อการใช้ พลังงานรวมของอาคารในการจำลองอาคารอ้างอิง ซึ่งอ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 รวมถึง ในการจำลองอาคารที่ออกแบบหรืออาคารที่ออกแบบ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าแนวทาง ในการออกแบบให้ได้คะแนนในการประหยัดพลังงานที่สุดอาจไม่ใช่แนวทางที่ได้อาคารที่ใช้พลังงาน จริงน้อยที่สุด เช่น ในกรณีคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 ซึ่งพบว่า คะแนนที่ได้จากการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ไม่สัมพันธ์กับค่า EUI

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามต่อ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อหาแนวโน้มการออกแบบให้มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดโดยพิจารณา จากค่า EUI และโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED Version 4 ซึ่งให้คะแนนจากค่า %SAVE

การอภิปรายผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

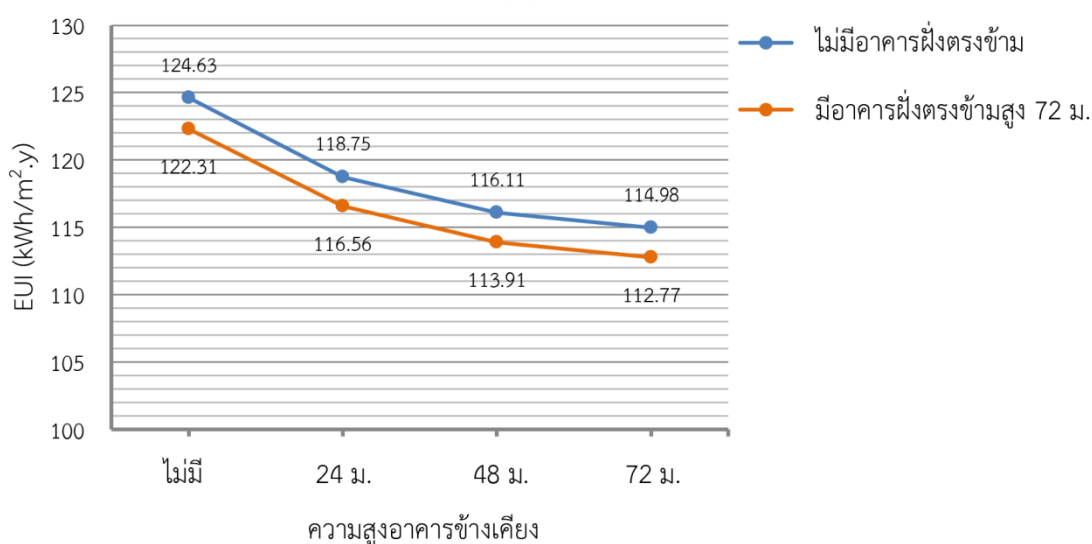
#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองจำลองอาคารสำนักงานที่มีรูปทรง ทิศทางอาคาร ความสูงของอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 สามารถสรุปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่อค่า EUI และค่าการตรงข้าม อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง และวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน จำนวน 4,176 กรณี ด้วยประหยัดพลังงาน (%SAVE) ได้ดังนี้

### 5.1.1 อิทธิพลของความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

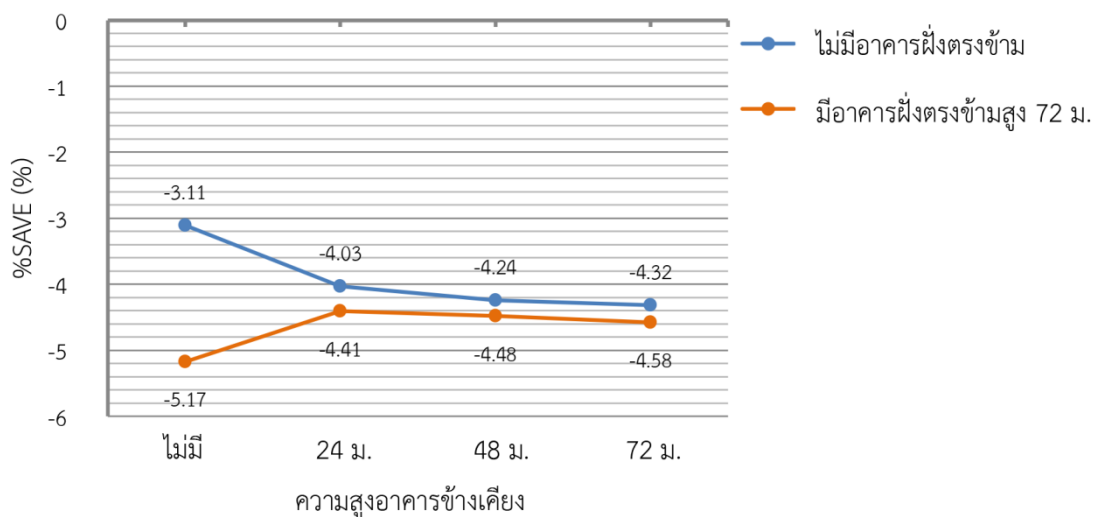


แผนภูมิที่ 5.1: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

การบังแดดจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามช่วยลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่เข้ามาภายในอาคารได้ ส่งผลต่อประสิทธิภาพพลังงานรวมของอาคารทำให้ค่า EUI ลดลง โดยอาคารข้างเคียงที่สูงจะช่วยบังแดดและลดค่า EUI ได้ดี แต่ความสูงของอาคารข้างเคียงที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดค่า EUI ลงในอัตราที่ลดลง

เนื่องจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามทำหน้าที่คล้ายอุปกรณ์กันแดดซึ่งจะช่วยลดรังสีอาทิตย์ที่เข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นการออกแบบเปลือกอาคารในด้านที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามบังแดด จึงมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูง น้อยกว่าด้านที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม โดยหากผู้ออกแบบต้องเลือกใช้



วัสดุที่มีค่าที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงเพียงบางด้านควรเลือกใช้ในด้านที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม แม้ว่าด้านที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะเป็นด้านที่มีพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์มากอย่างเช่นทิศตะวันตกก็ตาม




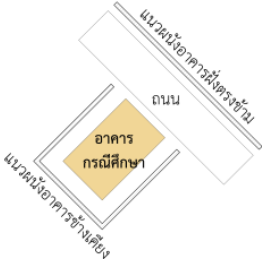
แผนภูมิที่ 5.2: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

ส่วนค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูงขึ้น เว้นแต่กรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามเพียงอย่างเดียวจะมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่ากรณีอื่นๆมากอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายกรณีกลับพบว่ามียังมีทั้งอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูงจะมีค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเลย โดยเฉพาะกรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูง

ตารางที่ 5.1: กรณีที่มีค่า EUI สูงสุดและต่ำสุด

	EUI สูงสุด	EUI ต่ำสุด
รูปทรงอาคาร ทิศทางอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม		
ความสูงอาคารข้างเคียง (ม.)	ไม่มี	72
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม (ม.)	ไม่มี	72
WWR	60 %	40 %
ผนังทึบ	คอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป	อลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว
ผนังโปร่งแสง	กระจกลามิเนตสีเขียว	กระจกลามิเนตอินซูลेटสีเขียว เคลือบสาร Low-E
EUI (kWh/m <sup>2</sup> .y)	137.56	103.28
%SAVE	-13.85 %	- 5.90 %

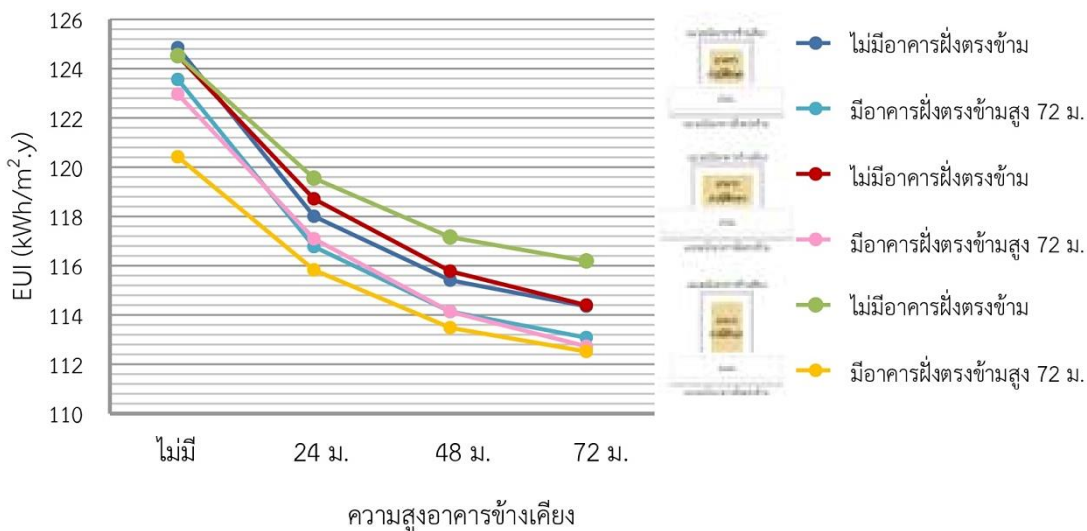
ตารางที่ 5.2: กรณีที่มีค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูงสุดและต่ำสุด

	%SAVE สูงสุด	%SAVE ต่ำสุด
รูปทรงอาคาร ทิศทางอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม		
ความสูงอาคารข้างเคียง (ม.)	72	72
ความสูงอาคารฝั่งตรงข้าม (ม.)	ไม่มี	ไม่มี
WWR	40 %	60 %
ผนังทึบ	อลูมิเนียมสำเร็จรูปติดฉนวนใยแก้ว	คอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
ผนังโปร่งแสง	กระจกลามิเนตอินซูลेटสีเขียว เคลือบสาร Low-E	กระจกลามิเนตสีเขียว
EUI (kWh/m <sup>2</sup> .y)	104.59	126.85
%SAVE	7.23 %	-18.92 %

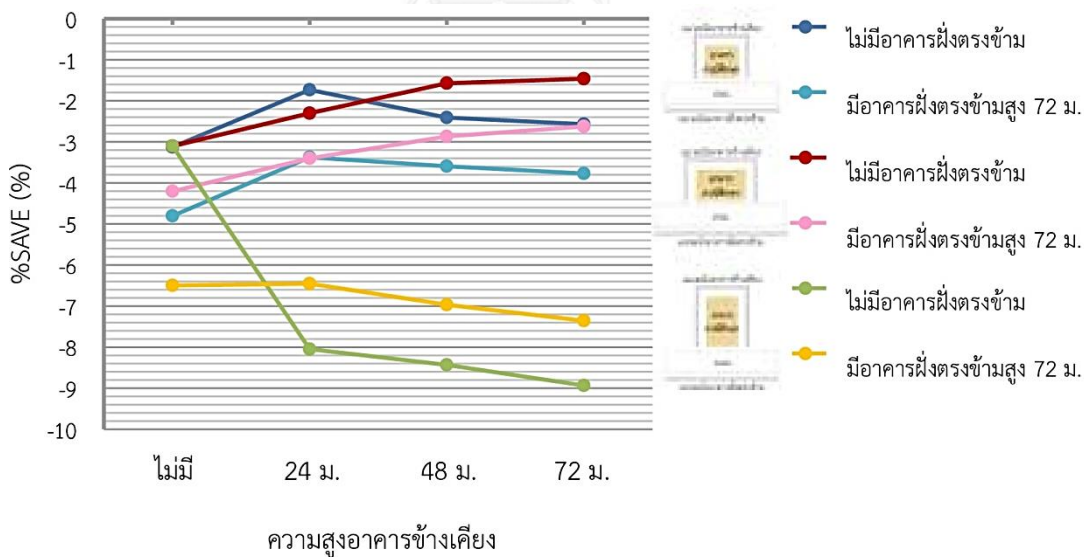
เมื่อพิจารณາัตรางที่ 5.1 และ 5.2 จะสรุปได้อย่างชัดเจนว่า ความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีแปรผกผันกับค่า EUI แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE)



1. อิทธิพลของรูปทรงอาคาร เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม



แผนภูมิที่ 5.3: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 5.4: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ

รูปทรงอาคารมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมจัตุรัส (SQ1) ซึ่งมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากัน ทำให้การวางอาคารในทิศต่างๆมีผลแตกต่างกันน้อย ค่า EUI มีการกระจายน้อยกว่าอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้า (REC1 และ REC2) ซึ่งมีความกว้างกับความยาวไม่เท่ากัน การวางอาคารในทิศทางที่ต่างกันจึงทำให้การใช้พลังงานของอาคารเกิดความแตกต่างกันมากกว่า ผลจึงมีการกระจายตัวมากกว่า โดยมีโอกาสได้ค่า EUI ที่สูงหรือต่ำกว่าอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขณะที่อาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนน (REC2) มีค่า EUI ใกล้เคียงกับอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนน (REC1) แต่มีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่า เพราะมีพื้นที่ที่ถูกบังแดดจากอาคารข้างเคียงมากกว่า ทำให้อาคารข้างเคียงมีการใช้พลังงานต่ำลง อาคารที่ออกแบบจึงมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำลง และรูปทรงอาคารเป็นปัจจัยที่ทำให้อาคารที่มีการใช้พลังงานเท่ากัน ได้ค่าการประหยัดพลังงานไม่เท่ากันเช่นเดียวกับปัจจัยความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม ซึ่งเป็นผลจากการเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานของอาคารข้างเคียง

เมื่อมีอาคารข้างเคียงอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนจะมีค่า EUI สูงกว่าอาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนติดถนน เมื่อไม่มีอาคารฝั่งตรงข้าม แต่เมื่อมีอาคารฝั่งตรงข้ามจะมีค่า EUI ต่ำกว่า

อาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนเมื่อมีอาคารข้างเคียงค่าการประหยัดพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงค่าการประหยัดพลังงานมีแนวโน้มลดลง

อาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนเมื่อมีอาคารข้างเคียงค่าการประหยัดพลังงานมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีอาคารฝั่งตรงข้ามอย่างเดียวน่าจะค่าการประหยัดพลังงานจะลดลง แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงด้วยจะมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่ากรณีที่มีแต่อาคารข้างเคียง

อาคารผังกว้างสี่เหลี่ยมจัตุรัสเมื่อมีอาคารข้างเคียงอย่างเดียวน่าจะมีค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่าอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียง ส่วนกรณีที่มีอาคารฝั่งตรงข้ามมีค่า EUI ต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

## 2. อิทธิพลของทิศทางอาคาร ทิศทางอาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้าม

ทิศทางอาคารมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารมากกว่าการบังแดดจากอาคารข้างเคียง ดังนั้นการออกแบบอาคารควรคำนึงถึงการวางอาคารในทิศทางที่ดีก่อนคำนึงถึงอาคารข้างเคียง โดยการวางอาคารเอียง 45 องศาจากแนวทิศหลักมีแนวโน้มค่า EUI สูงกว่าการวางอาคารตามทิศหลัก และการวางอาคารขวางตะวันมีแนวโน้มค่า EUI สูงกว่าการวางอาคารตามตะวัน ขณะที่ค่าการประหยัดพลังงานจะแปรผกผันกับค่า EUI อย่างมีแนวโน้มที่ชัดเจนเมื่อมีรูปทรงอาคาร ทิศทางอาคาร ทิศทางอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม

## 3. อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีผลต่อการออกแบบเปลือกอาคาร

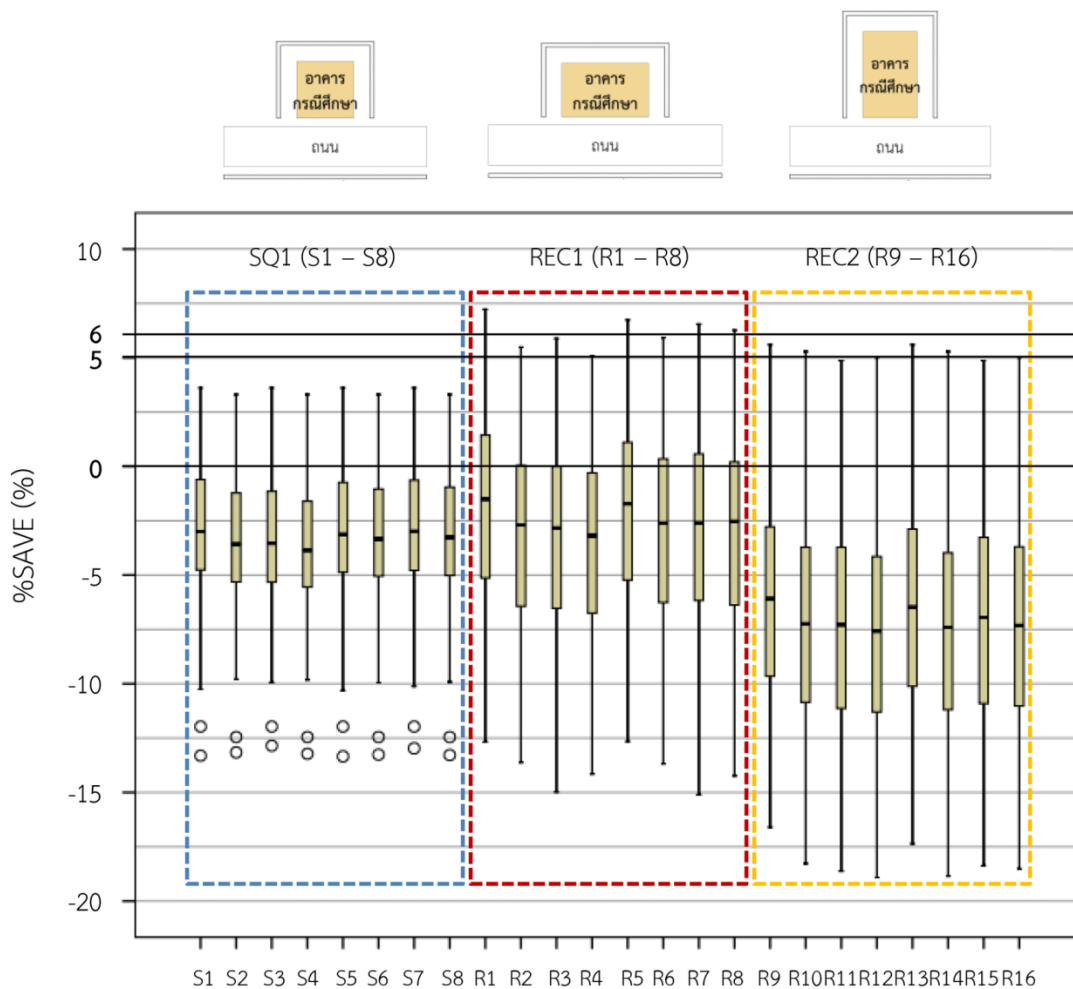
การมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะเห็นผลอย่างชัดเจนต่อวัสดุเปลือกอาคารประเภทกระจก เนื่องจากกระจกมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร 2 ทาง คือ โดยการนำความร้อน และโดยการปล่อยให้รังสีอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งสามารถทราบความสามารถในการนำความร้อนได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม (ค่า U) และทราบความสามารถในการปล่อยให้รังสีอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในอาคารได้จากค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) โดยยังมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามสูง ค่า U ของกระจกจะยิ่งสำคัญกว่าค่า SHGC เพราะความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีอาทิตย์จะถูกบังด้วยอาคารข้างเคียงก่อนที่จะผ่านมาถึงกระจกเช่นเดียวกับการติดแผงกันแดดที่มีประสิทธิภาพในการบังแดดสูง ซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากกระจกของอาคารอ้างอิง ตามเกณฑ์ LEED V.4 มีค่า SHGC ต่ำมาก ขณะที่ค่า U สูงเมื่อเทียบกับกระจกชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

### 5.1.2 อาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามทำให้ค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 ได้ยากขึ้น แต่มีโอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ง่ายขึ้น

ค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 มีแนวโน้มต่ำลงจาก LEED 2009 เนื่องจากการคำนวณการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED V.4 มีการจำลองอาคารข้างเคียง รวมถึงการปรับค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (COP) ให้ดีขึ้น และกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (LPD) ต่ำลง ทำให้การใช้พลังงานรวมของอาคารจึงต่ำกว่าอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์ LEED 2009 ซึ่งไม่จำลองอาคารข้างเคียง ดังนั้นเมื่อนำอาคารที่ออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง ค่าการประหยัดพลังงานจึงต่ำลง แม้ว่าอาคารที่ออกแบบอาจมีค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารและค่า EUI น้อยกว่าอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงก็ตาม

ขณะที่โอกาสได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 มีมากขึ้นเนื่องจากการปรับเกณฑ์การให้คะแนน โดยช่วงคะแนนตั้งแต่ 1 – 11 พิจารณาจากค่าการประหยัดพลังงานที่ต่ำกว่าเกณฑ์ LEED 2009 ถึง 6 % ช่วงคะแนนตั้งแต่ 12 – 15 ยังมีค่าการประหยัดพลังงานต่ำกว่า 5 – 2 % และช่วงคะแนนตั้งแต่ 16 – 18 มีค่าการประหยัดพลังงานเท่ากันจนถึงน้อยกว่า 4 % นอกจากนี้ USGBC ประกาศให้อาคารที่ลงทะเบียนเพื่อขอการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED 2009 ตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2559 ต้องมีค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำในหัวข้อ Minimum energy Performance ไม่ต่ำกว่า 18 % หรือ 4 คะแนนขึ้นไปสำหรับอาคารประเภทอาคารสำนักงาน ซึ่งในกรณีต่างๆที่ทำการทดลองไม่มีกรณีใดที่ผ่าน นั้นหมายความว่าอาคารเหล่านี้ไม่สามารถขอรับการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED 2009 ได้เลย

### 5.1.3 ค่าการประหยัดพลังงานมากกว่า 0 % , 5 % และ 6 %



แผนภูมิที่ 5.5: แสดงค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ที่มากกว่า 0 % มากกว่า 5 % และมากกว่า 6 %

อาคารทุกรูปทรงในการทดลองมีโอกาสได้ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) มากกว่า 0 % ซึ่งหมายถึงมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารอ้างอิง แต่เมื่อพิจารณากรณีที่ได้ค่าการประหยัดพลังงาน 5 % มากกว่า ซึ่งเป็นค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำในหัวข้อ Minimum Energy Performance ที่เป็นหัวข้อบังคับ พบว่ามีเพียงอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าทั้ง 2 รูปแบบเท่านั้นที่ผ่าน และอาคารผังพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้างติดถนนมีเพียงบางทิศทางอาคารที่ผ่านเท่านั้น คือ กรณีถนนอยู่ทางทิศใต้ (R9), กรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันตก (R10), กรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (R13) และกรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (R14) แต่มีค่าการประหยัดพลังงานส่วนใหญ่ต่ำกว่าอาคารอีก 2 รูปทรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ )

ขณะที่อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวติดถนนเพียงรูปทรงเดียวที่ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance 1 คะแนน และมีการวางอาคารเพียง 4 ทิศทางที่ได้คะแนน คือ กรณีถนนอยู่ทางทิศใต้ (R1), กรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันออก (R4), กรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (R7) และกรณีถนนอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (R8)

ปัจจัยที่ทำให้อาคารที่ออกแบบในการการวิจัยนี้มีค่าการประหยัดพลังงานมากกว่า 0 ได้แก่

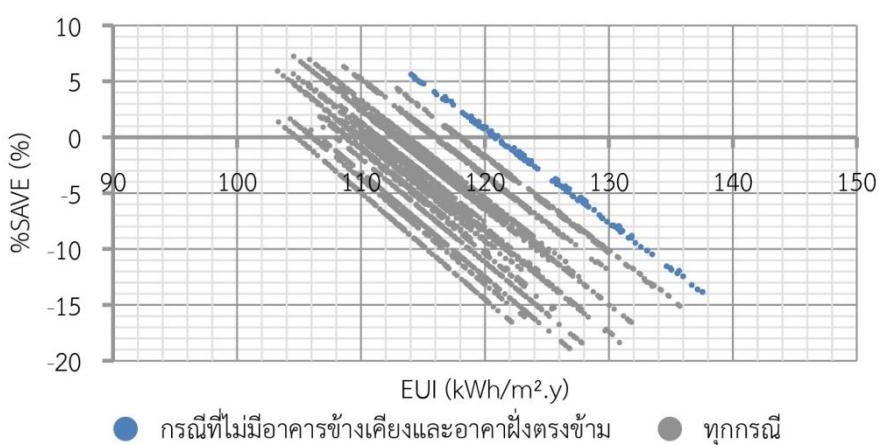
1. กระจกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม (ค่า U) ต่ำกว่าอาคารอ้างอิง ซึ่งยังมีอาคารข้างเคียงสูง ค่า U ของกระจกจะยิ่งสำคัญกว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เพราะความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีอาทิตย์จะถูกบังด้วยอาคารข้างเคียงไปก่อน
2. ผนังที่มีค่า U ต่ำกว่าอาคารอ้างอิง และมีมวลอุณหภาพ (Thermal mass) สามารถหน่วงความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารในเวลากลางวันได้
3. รูปทรงและการวางอาคารในทิศทางที่ดี

#### 5.1.4 เปรียบเทียบงานวิจัยอื่น

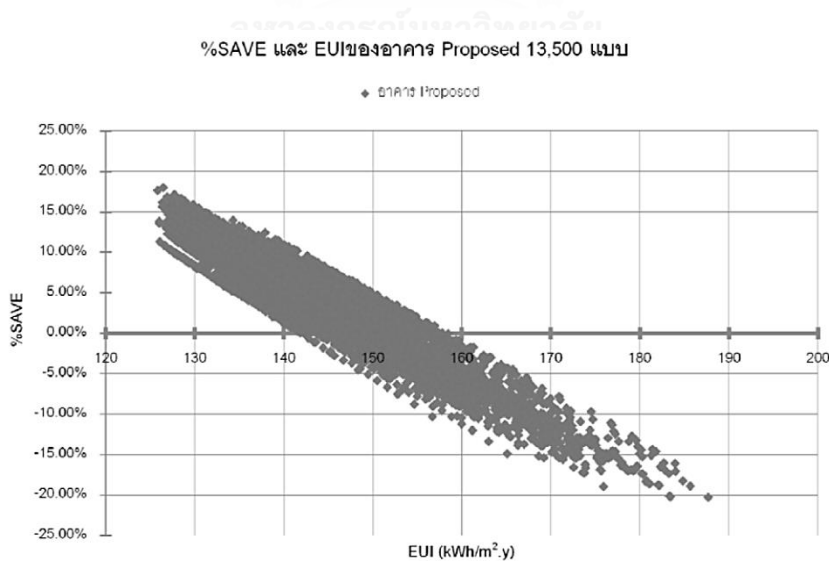
เมื่อเปรียบเทียบการวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอุโรชา เจียร นัยพานิชย์ (2555) ที่กล่าวว่าค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารสำนักงานไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยบางอาคารที่มีค่า EUI ต่ำกว่าอาจได้ค่าการประหยัดพลังงานต่ำด้วยเช่นกัน หรืออาคารที่ได้ค่า EUI สูงกว่าอาจได้ค่าการประหยัดพลังงานสูง โดยความไม่สัมพันธ์กันนี้จะเห็นได้ชัดเมื่ออาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามมีความสูงเพิ่มขึ้น ค่า EUI มีแนวโน้มลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ตรงข้ามกับค่าการประหยัดพลังงานที่มีแนวโน้มทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงได้เมื่อความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มส่งผลกระทบไม่เท่ากันสำหรับอาคารอ้างอิงและอาคารที่ออกแบบ เพราะคุณสมบัติต่างๆของอาคารที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงยังเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงใน 4 ทิศทางการวางอาคาร (ทิศทางเดียวกับอาคารที่ออกแบบ หมุน 90, 180 และ 270 องศา) โดยหากความสูงอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการประหยัดพลังงานของอาคารอ้างอิงมากกว่าอาคารที่ออกแบบ ค่าการประหยัดพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่หากส่งผลต่อการประหยัดพลังงานของอาคารอ้างอิงน้อยกว่าอาคารที่ออกแบบ ค่าการประหยัดพลังงานก็จะมีแนวโน้มลดลง ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 5.6 และ 5.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ LEED V.4 ยังคงไม่สะท้อนการประหยัดพลังงานที่แท้จริง สำหรับปัจจัยรูปทรงอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารมาก เช่นเดียวกับ LEED 2009 โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยทิศทางการวางอาคารมากกว่า ทำให้อาคารที่ออกแบบมีเปลือกอาคารมาก ซึ่งมีการใช้พลังงานมาก แต่วางอาคารในทิศทางที่ดี มีโอกาสได้ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance สูงกว่าอาคารที่ออกแบบมีเปลือกอาคารน้อย ซึ่งมีการใช้พลังงานต่ำ และวางอาคารในทิศทางที่ดีเหมือนกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณากรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม อาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้าและอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสมีค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงานอยู่ในแนวใกล้เคียงกันมากคล้ายกับแผนภูมิของโยชมพู นาคประสิทธิ์ (2557) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.8 แต่เป็นผลจากการที่อาคารทั้ง 2 รูปทรงมีส่วนความกว้างต่อความยาวต่างกันไม่มาก คือ 1 : 1 ในกรณีอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส และ 1 : 1.6 ในกรณีอาคารฝั่งพื้นที่เหลี่ยมผืนผ้า

แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะทำให้แนวกราฟแยกเป็นหลายแนว เช่นเดียวกับแผนภูมิของอุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555) ซึ่งเป็นผลจากการที่ทั้งปัจจัยรูปทรง การวางอาคาร และรูปแบบอาคารข้างเคียงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง โดยเฉพาะอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวันอย่างอาคารสำนักงาน ต่างจากอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางคืนอย่างอาคารชุดพักอาศัยซึ่งปัจจัยเหล่านี้ไม่มีผลตามงานวิจัยของโยชมพูนาคประสิทธิ์ (2557)

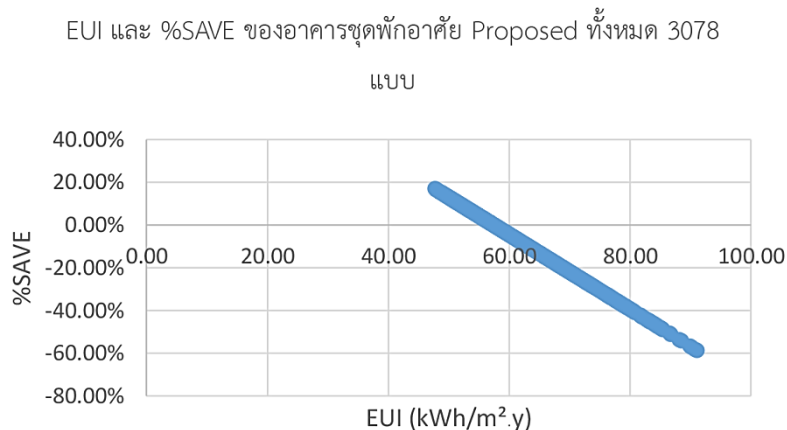


แผนภูมิที่ 5.6: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED V.4 ในงานวิจัยนี้



แผนภูมิที่ 5.7: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารสำนักงาน ตามเกณฑ์ LEED 2009 ในงานวิจัยของอุโรชา เจียรนัยพานิชย์ (2555)

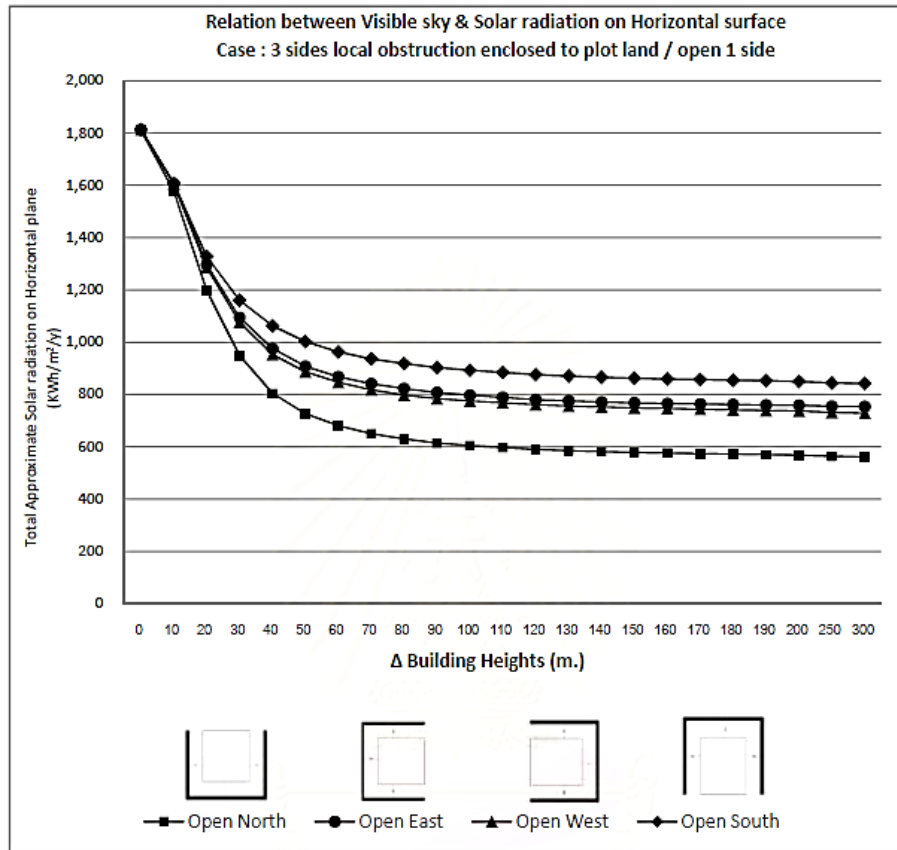




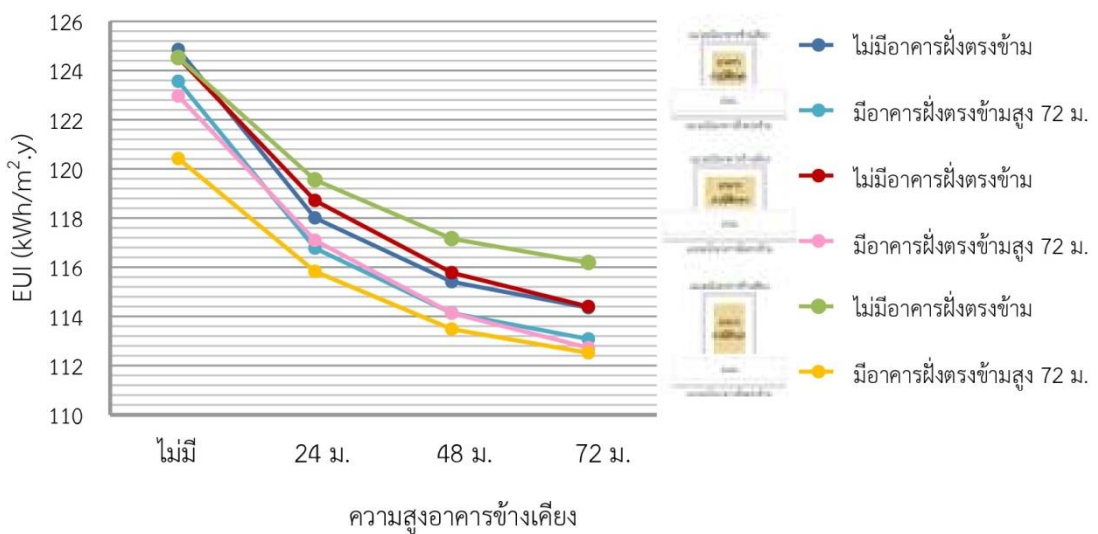
แผนภูมิที่ 5.8: แสดงค่า EUI และค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ของอาคารชุดพักอาศัย ตามเกณฑ์ LEED V.4 ในงานวิจัยของไอชมพู นาคประสิทธิ์ (2557)

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสถาปนิก เชื้อสถาปนศิริ (2553) ที่ทำการศึกษาผลกระทบของอาคารข้างเคียงต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดิน พบว่าแนวโน้มปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดินที่ลดลงเมื่อความสูงอาคารข้างเคียงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวโน้มของค่า EUI ของอาคารที่ลดลงเมื่อความสูงอาคารข้างเคียงเพิ่มขึ้น

โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดินและค่า EUI ของอาคารจะลดลงด้วยอัตราส่วนของปริมาณที่ลดลงต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นที่ลดลง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.9 และแผนภูมิที่ 5.10 นอกจากนี้งานวิจัยของสถาปนิก เชื้อสถาปนศิริ (2553) ยังพบว่ากรณีที่เปิดโล่งด้านเหนือจะมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดินน้อยที่สุด ขณะที่กรณีที่เปิดโล่งทางทิศใต้จะมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดินน้อยที่สุด โดยจากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า รูปทรงและทิศทางการวางอาคารจะมีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารมากกว่าทิศที่เปิดโล่งของอาคารข้างเคียง



แผนภูมิที่ 5.9: แสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20 x 20 ม. กรณีผังอาคารข้างเคียงด้วย (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้านโดยมีด้านโล่ง 1 ด้านในแต่ละทิศ (สถาปน ์ เชื้อสถาปนศร, 2553)



แผนภูมิที่ 5.10: แสดงค่า EUI เฉลี่ยของอาคารที่มีรูปทรงอาคาร อาคารข้างเคียง และอาคารฝั่งตรงข้ามแบบต่างๆ ในงานวิจัยนี้

### 5.1.5 สรุปข้อดี ข้อเสีย ของ LEED V.4

#### 1) ข้อดี ได้แก่

1.1) มีการจำลองตามสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงมากขึ้น ซึ่งค่า EUI จะตรงกับการใช้พลังงานจริงของอาคารมากกว่า มีผลทำให้รูปทรงอาคารที่เคยใช้พลังงานสูงเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียง แต่เมื่อมีอาคารข้างเคียงอาจใช้พลังงานต่ำกว่ารูปทรงอาคารที่ใช้พลังงานเมื่อไม่มีอาคารข้างเคียง โดยเฉพาะเมื่อมีการบังแดดในทิศทางที่ดี นอกจากนี้ยังมีผลต่อการใช้วัสดุเปลือกอาคารประเภทกระจกซึ่งค่า SHGC จะมีค่าสำคัญลดลงเมื่อมีอาคารข้างเคียงสูงขึ้น เพราะมีอาคารข้างเคียงบังความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ซึ่งช่วยให้การออกแบบอาคารตรงกับความต้องการที่แท้จริงของอาคาร

1.2) กรณีที่มีการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ที่มีโอกาสได้คะแนนสูงขึ้น เนื่องจากการลดเกณฑ์การให้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ลงโดยพิจารณาจากค่าการประหยัดพลังงานที่ต่ำกว่าถึง 6 % ในช่วง 1 – 11 คะแนนแรก

#### 2) ข้อเสีย ได้แก่

2.1) ในกรณีที่อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไม่ดียังมีโอกาสได้ค่าการประหยัดพลังงานจะต่ำลงเมื่อมีอาคารข้างเคียง เนื่องจากอาคารข้างเคียงมีผลลดการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง

2.2) ค่าการประหยัดพลังงานยังคงไม่สะท้อนการประหยัดพลังงานที่แท้จริง เช่นเดียวกับ LEED 2009 เนื่องจากไม่สัมพันธ์กับค่า EUI โดยค่าการประหยัดพลังงานไม่ให้ความสำคัญกับการออกแบบอาคารรูปทรงที่ประหยัดพลังงาน แต่กลับให้ความสำคัญกับทิศทางการวางอาคาร ซึ่งทำให้อาคารที่มีรูปทรงที่ใช้พลังงานสูง แต่มีการวางอาคารในทิศทางที่ดี ได้คะแนนน้อยกว่าอาคารที่มีรูปทรงที่ใช้พลังงานต่ำ และมีการวางอาคารในทิศทางที่ดี ทั้งที่รูปทรงอาคารก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารมาก

2.3) ค่าการประหยัดพลังงานส่วนใหญ่ต่ำลง ทำให้อาคารที่ออกแบบผ่านเกณฑ์ในหัวข้อ Minimum Energy Performance ซึ่งบังคับให้อาคารที่จะเข้ารับการรับรองเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED V.4 ต้องมีค่าการประหยัดพลังงานขั้นต่ำ 5 % ได้ยากขึ้น และจากกรณีต่างๆที่ทดลองมีกรณีที่ได้ค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่า 6 % (1 คะแนน) เพียง 12 กรณี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานให้ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูง

ในการออกแบบอาคารสำนักงานให้ได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูง ต้องออกแบบอาคารให้มีค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) สูง ซึ่งการที่ค่าการประหยัดพลังงานสูงเกิดจากการออกแบบอาคารให้มีการใช้พลังงานของอาคารต่ำกว่าอาคารอ้างอิงที่ถูกกำหนดคุณสมบัติต่างๆตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2010 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าแนวทางการออกแบบที่ทำให้ได้ค่าการประหยัดพลังงานสูง มีดังนี้

#### 1) รูปทรงอาคารและทิศทางการวางอาคาร

การออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานควรเริ่มจากการออกแบบรูปทรงอาคารและทิศทางการวางอาคาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีผลมาก แต่รูปทรงอาคารที่ใช้พลังงานมากกลับเป็นรูปทรงที่มีแนวโน้มได้ค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 สูงเมื่อมีการวางอาคารในทิศทางที่ดี โดยทิศทางการวางอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าการประหยัดพลังงานและคะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 มาก เนื่องจากอาคารอ้างอิงกำหนดวัสดุเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพประหยัดพลังงานไว้สูง

โดยอาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่อาคารน้อย ซึ่งมักเป็นรูปทรงที่สมบูรณ์ไม่มีส่วนที่เว้าเข้าหรือยื่นออกมาและมีสัดส่วนความกว้างและความยาวใกล้เคียงกัน จะมีการใช้พลังงานของอาคารน้อยกว่าอาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่อาคารมาก ดังนั้นรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงมีโอกาสได้ค่า การประหยัดพลังงานมากกว่ารูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัส เนื่องจากการวางอาคารแต่ละทิศทางมีการใช้พลังงานแตกต่างกันมาก ค่าการใช้พลังงานของอาคารในทิศทางที่ดีจึงต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิงซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของอาคารของอาคารอ้างอิงในทิศทางต่างๆมากกว่า

แม้ว่าการวางอาคารจะมีผลมาก แต่การบังแดดในทิศทางที่มีความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้มาก เช่น ทิศตะวันตก และทิศใต้ ก็ช่วยให้การวางอาคารในทิศทางที่ไม่ดีประหยัดพลังงานมากขึ้น

## 2) อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR)

ไม่ควรออกแบบอาคารให้มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเกิน 40 % อาคารอ้างอิงจะจำลองอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเท่ากับอาคารที่ออกแบบ แต่ไม่เกิน 40 % ซึ่งวัสดุผนังโปร่งแสง หรือ กระจกของอาคารอ้างอิงที่ ASHRAE 90.1 2010 กำหนดมีค่าต่ำมาก โดยอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานมาก

## 3) วัสดุผนังทึบ

การออกแบบอาคารให้ผนังทึบมีมวลอุณหภาพ (Thermal mass) สูงเพื่อช่วยหน่วงความร้อนที่เข้ามาอาคารในเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาหลักที่มีการใช้งานอาคารประเภทสำนักงาน และเลือกใช้ผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า U) ต่ำกว่าอาคารอ้างอิง เนื่องจากอาคารอ้างอิงกำหนดให้ผนังไม่มีมวลอุณหภาพ

## 4) วัสดุผนังโปร่งแสง หรือ กระจก

เลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า U) ต่ำกว่าอาคารอ้างอิง เนื่องจากกระจกของอาคารอ้างอิงที่ ASHRAE 90.1 2010 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนผ่านรังสีอาทิตย์ (SHGC) ต่ำมาก โดยการมีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะช่วยลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสี ขณะที่ความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการนำความร้อนยังคงอยู่ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน จึงมีบทบาทมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนผ่านรังสีอาทิตย์ โดยผู้ออกแบบอาคารที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้ามอาจเลือกใช้กระจกอินซูลาแทนการใช้กระจกเคลือบสาร Low-e

## 5) แผงกันแดด (Shading Device)

การติดตั้งแผงกันแดดในกรณีอาคารที่ไม่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม ทำให้ได้ค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่าอาคารที่มีอาคารข้างเคียงหรืออาคารฝั่งตรงข้าม เนื่องจากความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีถูกบังด้วยอาคารข้างเคียงไปส่วนหนึ่งแล้ว ขณะที่กรณีที่ไม่มีอาคารข้างเคียงโดยปกติจะมีความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีมากกว่า ซึ่งทำให้อาคารที่ออกแบบและอาคารอ้างอิงสูงกว่า แต่การติดตั้งแผงกันแดดจะไม่ถูกจำลองในอาคารอ้างอิง จึงทำให้

อาคารที่ออกแบบ มีการใช้พลังงานของอาคารลดลงในปริมาณมาก ขณะที่อาคารอ้างอิงมีการใช้พลังงานของอาคารสูงเท่าเดิม เมื่อนำอาคารที่ออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง จึงมีการใช้พลังงานของอาคารลดลงในสัดส่วนที่มากกว่าอาคารที่มีอาคารข้างเคียงแลอาคารฝั่งตรงข้าม ทำให้ได้ค่าการประหยัดพลังงานสูงกว่า

นอกจาก 5 แนวทางซึ่งในการทดลองแล้วพบว่า ยังทำได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 'ไม่สูงพอ' มีอีก 2 แนวทางซึ่งทำให้อาคารมีการใช้พลังงานต่ำลง คือ

- 1) ลดการใช้พลังงานแสงสว่างให้ต่ำกว่าอาคารอ้างอิงด้วยการติดตั้งระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอัตโนมัติตามแสงธรรมชาติที่เข้ามา
- 2) ใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิง

### 5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ

1) การวิจัยนี้ทดลองโดยการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 ใช้ข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพฯ TMY (BKK TMY) ซึ่งเป็นภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงไม่ครอบคลุมภูมิอากาศประเภทอื่นซึ่งน่าจะมีผลกระทบและแนวทางในการออกแบบที่แตกต่างกัน

2) อาคารกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นอาคารประเภทอาคารสำนักงาน ซึ่งใช้งานในเวลากลางวันเป็นหลัก ซึ่งมีความแตกต่างจากอาคารประเภทที่พักอาศัยที่ใช้งานเวลากลางคืนเป็นหลัก ซึ่งน่าจะมีผลกระทบต่างกัน เนื่องจากอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามจะช่วยบังความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารผ่านการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นในเวลากลางวัน หรืออาคารที่ใช้งานทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืน เช่น โรงพยาบาล ซึ่งหากใช้ผนังที่มีมวลอุณหภูมิต่ำเพื่อหวังความร้อนมากเกินไปอาจสร้างภาระในการทำความเย็นเนื่องจากความร้อนที่ผนังไว้ถูกปล่อยออกมาในเวลากลางคืน

3) รูปแบบอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามที่มีโอกาสเกิดขึ้นยังมีอีกหลายรูปแบบและระยะห่างที่ยังไม่ได้ทำการศึกษา ซึ่งอาจส่งผลกระทบที่แตกต่างกัน รวมถึงยังไม่ได้ทำการทดลองอาคารที่มีขนาด รูปทรง และทิศทางต่างๆ โดยตั้งอยู่ในที่ดินที่มีอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้ามเหมือนกันทุกประการ ซึ่งเป็นแนวทางที่ใกล้เคียงกับการออกแบบจริงที่ไม่สามารถปรับแต่งสภาพแวดล้อมได้ แต่สามารถออกแบบได้แค่ตัวอาคาร

4) แนวทางการออกแบบที่ทำการทดลองยังได้คะแนนในหัวข้อ Optimize Energy Performance ตามเกณฑ์ LEED V.4 น้อย จึงควรทดลองแนวทางการออกแบบวิธีอื่นๆที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงกว่า เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED V.4 ที่ได้คะแนนสูง

5) การทดลองนี้เป็นการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้นจึงควรมีการเทียบเคียงผลกับการทดลองเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารจริง เพื่อขยายผลในการปรับปรุงแนวทางการออกแบบและเกณฑ์การให้คะแนนต่อไป

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กษิดา ชำนาญดี. (2554). การเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกของผนังต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กษิดิศ เสนะวงศ์. (2557). สถานการณ์พลังงาน เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม, 2558, แหล่งที่มา <http://www.peaencom.com/index.php?lite=article&qid=42137446>
- การุณย์ ศุภมิตรโยธิน. (2548). การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรเดช เทพพิพิธ. (2555). เปรียบเทียบประสิทธิผลของค่าสัมประสิทธิ์ในกระจก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐภูมิ รับคำอินทร์. (2552). อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนะชัย ถาวรวัฒน์สกุล. (2555). ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของสารเคลือบกระจกกันความร้อนของอาคารในเขตสภาพอากาศแบบร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเกียรติ วิสิทธิ์กาศ. (2552). ความต้องการอาคารเขียวของผู้เช่าสำนักงานระดับ เอ : กลุ่มตัวอย่างจากอาคารสำนักงานให้เช่าของกองทุนบำเหน็จบำนาญข้าราชการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปกป้อง ปัตทวิคังคา. (2555). อิทธิพลของภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยต่อการใช้พลังงานในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรณวดี มงคลเจริญ. (2556). ประโยชน์เชิงธุรกิจในการพัฒนาอาคารสำนักงานที่เป็นอาคารเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาการพัฒนอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์. (2557). การออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED. เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม 2558, แหล่งที่มา <http://www.onep.go.th/eia/images/7handbook/LEED.pdf>



- โยชมพูนาคประสิทธิ์. (2557). ผลกระทบของรูปทรงอาคาร การวางทิศทาง และเปลือกอาคารชุดพักอาศัยต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน เปรียบเทียบกับอาคารตามมาตรฐาน *ASHRAE 90.1 2010*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วงพลอย ปาลภิบาล. (2556). หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (LEED). เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม 2558, แหล่งที่มา <<http://wongploypal.blogspot.com/2013/02/blog-post.html>>
- วัชพล โฆษะโก. (2554). ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วิรดา ตีราชกูร์วิเศษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2556). อิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. กลไกการถ่ายเทความร้อน. เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม 2558, แหล่งที่มา <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/heat-transfer>
- สถาปน ธีธสถานศิริ. (2553). ผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่มีต่อพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สวิชญา ดาวประกายมงคล. (2552). แนวทางการเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงาน วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). รายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- สุวภา ขจรฤทธิ์. (2552). แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม : การบังแดด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อวิรุทธ์ กัลยา. (2557). อิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางต่อภาระการทำความเย็นของอาคารกรณีศึกษา จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อุไรชา เจียรนัยพานิชย์. (2555). ผลกระทบของรูปทรงและการวางทิศทางอาคารสำนักงานต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน *ASHRAE 90.1 2007*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ไอเอนเนอร์ยีกูรู. (2015). การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (Heat Transfer Through The Building Envelope). เข้าถึงเมื่อ 16 สิงหาคม 2558, แหล่งที่มา <http://ienergyguru.com/2015/09/heat-transfer-through-the-building-envelope/>

## ภาษาอังกฤษ

- ASHRAE. (2007). *ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 Energy Standards for Buildings except Low-rise Residential Building*. Atlanta, GA USA.: ASHRAE.
- ASHRAE. (2010). *ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010 Energy Standards for Buildings except Low-rise Residential Building*. Atlanta, GA USA.: ASHRAE.
- Atzeri, A., Cappelletti, F., and Gasparella, A. (2014). Internal Versus External Shading Devices Performance in Office Buildings. *Energy Procedia*, 45, 463-472.
- Balogun, A. A., Morakinyo, T. E., and Adegun, O. B. (2014). Effect of Tree Shading on Energy Demand of Two Similar Buildings. *Energy and Buildings*, 81, 305–315.
- Capeluto, I. G. (2003). Energy performance of the self-shading building envelope. *Energy and Buildings*, 35, 327–336.
- Chaiwiwatworakul, P., Chirarattananon, S., Hiend, V., Rakkwamsuk, P., and Tummua, P. (2013). Thermal Performance of Insulated Walls Enclosing Residential Spaces in Thailand. *Building and Environment*, 61, 323-332.
- Chirarattananon, S., and Taveekun, J. (2004). An OTTV-Based Energy Estimation Model for Commercial Buildings in Thailand. *Energy and Buildings*, 36, 680-689.
- Cho, J., Kim, Y., and Yoo, C. (2014). Viability of Exterior Shading Devices for High-Rise Residential Buildings: Case Study for Cooling Energy Saving and Economic Feasibility Analysis. *Building and Environment*, 82, 771-785.
- Kongcheep, S. (2013). BANGKOK OFFICE MARKET REPORT
- Maestre, I. R., Blázquez, J. L. F., Gallero, F. J. G., and Cubillas, P. R. (2015). Influence of Selected Solar Positions for Shading Device Calculations in Building Energy Performance Simulations. *Energy and Buildings*, 101, 144–152.
- USGBC. (2008). *LEED 2009 For New Construction and Major Renovations*. Washington D.C.: U.S. Green Building Council.
- USGBC. (2013). *LEED Reference Guide for Building Design and Construction*. Washington D.C.: U.S. Green Building Council.







บริษัท กระดาษไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)

AGC Flat Glass (Thailand) Public Company Limited

MK TSP 1212/09

07-Dec-12

Dealer :

Schedule :

Quantity \_\_\_\_\_ Ft<sup>2</sup>

Project name :

Customer :

\* This is the calculation data.

Item	Combination	Method	Visible ray (%)		Solar energy (%)		U-value (W/m <sup>2</sup> K) Summer	Shading Coefficient	SHGC	RHG ASHRAE
			transmittance	Reflectance Outside	transmittance	Reflectance Outside				
G2	Green 6 mm. A/N + Clear PVB 0.76 mm. + Clear 6 mm. A/N	GSD83GL	68.8	6.9	6.8	5.3	5.44	0.58	0.51	409
			11.7	24.8	27.4	13.7	80.1	0.31	0.27	238

\* GSD83GL = Calculation by AGC software.

Disclaimer : The performance data in the tables are based on measurement of samples and calculation.

The samples and calculation have variation of tolerances. The actual values may vary due to its tolerances.

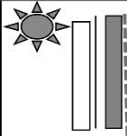
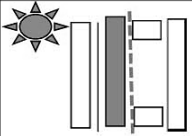
Remark Solar Energy absorbtion ≥ 70 % should be use heat strengthened glass.

ISO

**TGSG** บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี้กลาส จำกัด  
**Thai-German Specialty Glass Co.,Ltd.**

Subject: Compare Glass Performance by Calculation

Project: - **G2** **G3** **G4** **G4**

REQUIRMENT	laminated สีเขียว(Low-E) 6+6	laminated-insulated สี เขียว(Low-E)
Product Name	12.76 REAVGN	28 HEAT STOP REAVGN
Criteria		
Combination from outside to inside building	6 mm. clear float glass + 0.76 mm. clear PVB. interlayer + 6 mm. green Low-E(CVD#4) Heat Strengthened glass	6 mm. clear float glass + 0.38 mm. clear PVB.interlayer + 6 mm. green Low-E(CVD#4) float glass /10 mm. bending spacer with argon gas / 6 mm. clear float glass
THICKNESS (mm.)	12.38	28.38
1. Visible Light		
1.1 L/T (%)	46	42
1.2 L/R OUT(%)	15	16
1.3 L/R IN (%)	27	29
2. Solar Energy		
2.1 S/T	21	18
2.2 S/R out	8	8
2.3 Absorption	71	74
3. U-VALUE (W/m <sup>2</sup> K)	2.93	1.85
4. SC	0.42	0.32
5. SHGC.	0.37	0.28
6. Relative Heat Gain (W/m <sup>2</sup> )	285.02	214.98
7. Color	green	green
8. STC	37	41
9. Coating / IR Emittance at 283 K	CVD <0.16	CVD <0.16
10. Rectangular price Baht / M2	2,989	3,365
11. Standard	1. กระจกโฟลต	AS 2208, TIS 880-2532
	2. กระจกลามิเนต	AS 2208
	3. Quality Assurance	ISO 9001:2000/EN ISO 9001:2000 by RWTUV ISO/TS 16949: 2002 by RWTUV
12. Test Methods for durability CEN/TC 129 N 322 prEN ISO 12543-4 1997	1. High temperature test 2. Humidity test 3. Radiation test	
13. Test Methods	1. BoiledTest 2. Hammered Test	

Remarks:

1. Maximum size : 2140 x 3300

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวศิน จิรส์ฉณกร เกิดเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ.2534 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

