แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อลดการปล่อยคาร์บอน
กรณีศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

นายพชร ตังสวานิช

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการออกแบบชุมชนเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Building Grouping Lay Out in Low Carbon Urban Design Guideline for Central Business District (Silom-Sathorn)

Mr. Podchara Tangswanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Urban and Regional Planning Program in Urban Design
Department of Urban and Regional Planning
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อลดการปล่อยคาร์บอน กรณีศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร
โดย	นายพชร ตังสวานิช
สาขาวิชา	การออกแบบชุมชนเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พนิต ภู่จินดา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พรสรร วิเชียรประดิษฐ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพนันท์ ตาปนานนท์)

Chulalongkorn University

พชร ตังสวานิช : แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนกรณีศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร (Building Grouping Lay Out in Low Carbon Urban Design Guideline forCentral Business District (Silom-Sathorn)) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ, 133 หน้า.

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกสาเหตุสำคัญมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนจากกิจกรรมของมนุษย์ ในกรุงเทพมหานครมีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุดจากการใช้พลังงานในอาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะบริเวณย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมสีลม-สาทร ซึ่งเป็นย่านที่มีบทบาทความสำคัญระดับประเทศและมีความต้องการการใช้พลังงานในลำดับต้นๆ ของกรุงเทพฯ การใช้พลังงานในอาคารส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศถึงร้อยละ 60 ของพลังงานในอาคารทั้งหมด เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงส่งผลให้อาคารได้รับอุณหภูมิความร้อนจากแสงอาทิตย์ การใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงสูงขึ้นตามไปด้วย

งานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาการลดการใช้พลังงานในอาคารอันเป็นสาเหตุของการปล่อยคาร์บอนของกรุงเทพฯ โดยการจัดวางกลุ่มอาคารจากข้อได้เปรียบของอาคารสูงในย่านสีลม-สาทร ที่สามารถให้พื้นที่ร่มเงากับอาคารบริเวณใกล้เคียงได้ และศึกษาถึงลักษณะกายภาพของอาคารต่อประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานในอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคาร เพื่อเสนอแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0

ผลการศึกษาพบว่า การจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงสามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารลงได้เฉลี่ยร้อยละ 6 ทั้งนี้ ผลกระทบของเงาอาคารสามารถลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้มาก ในขณะเดียวกันค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างจะสูงขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อผลต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนควรคำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้งของอาคารเป็นอันดับแรก และจึงพิจารณาถึงรูปทรง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคารซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งอาคารนั้นๆ อย่างไรก็ตาม ในย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมสีลม-สาทร มีข้อจำกัดในด้านกายภาพและกฎหมายต่างๆ อาทิ แปลงที่ดินขนาดเล็ก ความกว้างของเขตทางที่แคบ และติดระยะถอยร่น เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถจัดวางกลุ่มอาคารตามแนวทางของงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นก่อนการจัดวางกลุ่มอาคาร ควรมีการปรับปรุงกายภาพของพื้นที่ศึกษาให้มีขนาดแปลงที่ดินที่เหมาะสม การเพิ่มโครงข่ายการสัญจรและขนาดเขตทางที่เพียงพอเพื่อให้สามารถรองรับการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาควิชา การวางแผนภาคและเมือง ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การออกแบบชุมชนเมือง ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5973321725 : MAJOR URBAN DESIGN
KEYWORDS: URBAN DESIGN GUIDELINES / LOW CARBON CITY / SAVING ENERGY / BUILDING SHADING

PODCHARA TANGSWANIT: Building Grouping Lay Out in Low Carbon Urban Design Guideline forCentral Business District (Silom-Sathorn). ADVISOR: ASST. PROF.JITTISAK THAMMAPORNPILAS, Ph.D., 133 pp.

Global climate change is generally a cause of greenhouse gas & *carbon* dioxide emissions due to certain forms of human activity. Energy consumption in buildings and its constructions represent the majority of emissions in Bangkok city, especially Silom-Sathorn, the central business district (CBD) that is relatively considered the most crucial area in Thailand in term of economic development. Nearly 60% of overall building energy consumption was consumed by the cooling system. As Thailand is located in the tropical area, urban structures are inevitably experiencing higher concentration of heat, the air-conditioning system would consume more electric power accordingly.

This study aims to identify possible alternatives in reducing energy consumption, which is the main determinant of CO2 emission, by developing massing and building cluster in Silom-Sathorn district and to understand the relation between building's physical attributes and the efficiency of energy consumption reduction, for example; shape, orientation, height, distance between buildings, in order to suggest urban design guidelines for energy saving (%SAVE) and CO2 reduction (SAVE-CO2e), using computer programs, such as Google SketchUp Pro 8, Openstudio 1.0.10 and EnergyPlus 8.0.

The result shows that a well-designed building cluster, concerning energy-saving efficiency caused by shadow, reduces approximately 6% of energy consumption and CO2 emission rate. Shadow caused by the buildings greatly decreases the energy consumption from cooling system, whereas an electric power consumption from lighting rises very slightly. The study also indicates that the top priority shall be given to the orientation of buildings and then considering shapes, building heights and distance between buildings, respectively. Speaking of the study area, CBD has several legal restrictions, including limited sizes of land & public road and setback regulation. These complications will deter an implementation of the study. Due to the aforementioned difficulties, promoting land readjustment scheme, improving vehicular connectivity and providing adequate roads with appropriate width should be determined before applying urban design guidelines to the specific area.

Department: Urban and Regional Planning Student's Signature .....
Field of Study: Urban Design Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อลดการปล่อยคาร์บอน กรณีศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะ ตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการทำวิจัยนี้ และขอขอบคุณ รศ.ดร. นพนันท์ ตาปนานนท์ ที่ได้ให้การสนับสนุนในหลายๆ ด้าน ให้คำปรึกษา ชี้แนะตลอดเรื่อยมา รวมถึงขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.พนิต ภู่จินดา และ อ.ดร.พรสรร วิเชียรประดิษฐ์ ที่ได้ให้คำวิจารณ์ และแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ “ทุนการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต” ของ รศ.ดร. นพนันท์ ตาปนานนท์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนที่สำคัญในการทำวิจัย ให้การทำวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ “ทุนการศึกษาศาสตราจารย์ อัน นิมมานเหมินท์ ระดับปริญญามหาบัณฑิต” ของภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนที่สำคัญในการทำวิจัย ให้การทำวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยผลักดัน และช่วยเหลือมาโดยตลอดการทำวิจัยจนสำเร็จสุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 17

1.1)ที่มาและความสำคัญ 17

1.2)คำถามงานวิจัย 19

1.3)สมมติฐานงานวิจัย 19

1.4)วัตถุประสงค์ 20

1.5)ขอบเขตงานวิจัย 20

1.5.1)ขอบเขตด้านพื้นที่ 20

1.5.2)ขอบเขตด้านเนื้อหา 21

1.6)วิธีการดำเนินการวิจัย 21

1.7)ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 22

บทที่ 2 นโยบาย แนวคิด ทฤษฎี และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง 23

2.1)แผนและนโยบายที่เกี่ยวข้อง 23

2.1.1)แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593 23

2.1.2)แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573) 24

2.1.3)แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 - 2566 25

2.2)การวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ 28

2.2.1)นิยามและแนวความคิดเมืองคาร์บอนต่ำ 28

2.2.2)แนวทางการวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.3)การออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ 37
2.4)การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน 46
2.4.1)การใช้พลังงานภายในอาคาร 46
2.4.2)ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร 46
2.4.3)งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร 47
2.5)สรุปกรอบแนวความคิดในการวิจัย.....50
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....53
3.1)การทบทวนวรรณกรรม 53
3.2)การสำรวจพื้นที่ศึกษา 53
3.3)วิธีการวิจัยและการออกแบบการทดลอง 55
3.3.1)เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....55
3.3.2)การออกแบบการทดลอง 59
3.3.3)วิธีการกำหนดชื่อของการทดลอง.....64
3.4)สรุปผลการวิจัย.....64
3.5)แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอน 65
บทที่ 4 การสำรวจพื้นที่ศึกษาและการออกแบบการทดลอง 66
4.1)การสำรวจพื้นที่ศึกษา 66
4.1.1)บทบาทความสำคัญและศักยภาพของพื้นที่ศึกษา 66
4.1.2)ลักษณะทางกายภาพอาคารสูงของพื้นที่ศึกษา.....68
4.1.3)สรุปผลการสำรวจและการนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลอง.....73
4.2)การออกแบบการทดลอง 75
4.2.1)รูปทรงอาคาร 76
4.2.2)ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร 77

4.2.3)ความสูงของกลุ่มอาคาร....78

4.2.4)ระยะห่างของกลุ่มอาคาร....80

บทที่ 5 ผลการทดลอง....82

5.1)รูปทรงอาคาร....82

5.2)ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร....85

5.3)ความสูงของกลุ่มอาคาร....87

5.4)ระยะห่างของกลุ่มอาคาร....95

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย....106

6.1)ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร....107

6.2)รูปทรงอาคาร....108

6.3)ความสูงของกลุ่มอาคาร....110

6.4)ระยะห่างของกลุ่มอาคาร....110

6.5)เกณฑ์การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน....111

6.6)ประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง....113

บทที่ 7 ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา....114

7.1)การวิเคราะห์ศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่....114

7.1.1)บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง....114

7.1.2)ข้อจำกัดด้านกฎหมาย....115

7.1.3)สรุปศักยภาพและข้อจำกัด....117

7.2)แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคาร....118

7.3)ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป....124

รายการอ้างอิง....125

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1-1 แนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ 19

ภาพที่ 1-2 พื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร กรุงเทพมหานคร 21

ภาพที่ 1-3 การคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร (EUI) ตลอดทั้งปี 22

ภาพที่ 2-1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2543 25

ภาพที่ 2-2 แนวความคิดการออกแบบเมืองใหม่เฉิงกง (Chenggong, Urban Design Concept) 31

ภาพที่ 2-3 การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะเมืองจูไห่ ประเทศจีน (Zhuhai, China) 32

ภาพที่ 2-4 ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Gird) 33

ภาพที่ 2-5 การออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building Design) 34

ภาพที่ 2-6 การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการป้องกันน้ำท่วม 35

ภาพที่ 2-7 การป้องกันการก่อและบริหารจัดการของเสีย 35

ภาพที่ 2-8 การสนับสนุนการเดินเท้าโดยใช้ร้านค้าระดับพื้นดินและถนนที่เป็นมิตรต่อคนเดินเท้า 39

ภาพที่ 2-9 การออกแบบทางและการให้บริการที่จอดจักรยาน 40

ภาพที่ 2-10 เปรียบเทียบบล็อกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก 41

ภาพที่ 2-11 การให้บริการรถโดยสารด่วนพิเศษ (BRT) 42

ภาพที่ 2-12 การดำรงรักษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและพื้นที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ 43

ภาพที่ 2-13 การเพิ่มความหนาแน่นบริเวณจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (TOD) 44

ภาพที่ 2-14 การวางผังภาคเพื่อลดการขยายตัวของเมืองและ การสร้างความสมดุลของแหล่งงานกับที่อยู่อาศัย 45

ภาพที่ 2-15 การใช้มาตรการเพื่อควบคุมปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคล 46

ภาพที่ 2-16 แนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ.....52

ภาพที่ 2-17 กรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อศึกษาถึง แนวทางการวัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน.....53

ภาพที่ 3-1 การสำรวจลักษณะกายภาพของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานและคาร์บอน ของอาคารในพื้นที่ศึกษา.....55

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการคำนวณผลค่าการใช้พลังงานในอาคาร 57

ภาพที่ 3-3 หน้าต่างการตั้งค่าระบบปรับอากาศ.....58

ภาพที่ 3-4 หน้าต่างการตั้งค่าระบบการคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารอื่นๆ...59

ภาพที่ 3-5 หน้าต่างการตั้งค่าสภาพภูมิอากาศและระยะเวลาการทำงานของอาคาร 60

ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....66

ภาพที่ 4-1 การสำรวจลักษณะกายภาพของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในพื้นที่ศึกษา 67

ภาพที่ 4-2 พื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร.....68

ภาพที่ 4-3 กลุ่มอาคารธุรกิจและพาณิชยกรรมของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร.....68

ภาพที่ 4-4 บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างของพื้นที่ศึกษา 69

ภาพที่ 4-5 อาคารสูงของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร และบริเวณโดยรอบ.....70

ภาพที่ 4-6 แปลงที่ดินของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร 73

ภาพที่ 4-7 ระยะห่างระหว่างอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร และบริเวณโดยรอบ.....73

ภาพที่ 4-8 รูปแบบความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร.....78

ภาพที่ 4-9 รูปแบบตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร 79

ภาพที่ 4-10 วิธีการทดลองของงานวิจัย 82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 5-1 รูปทรงอาคาร S, R1 และ R2.....83

ภาพที่ 5-2 รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE).....85

ภาพที่ 5-3 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อค่า %SAVE.....87

ภาพที่ 5-4 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตกต่อค่า %SAVE 91

ภาพที่ 5-5 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE 94

ภาพที่ 5-6 การจัดอันดับการออกแบบความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE...94

ภาพที่ 5-7 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อค่า %SAVE.....95

ภาพที่ 5-8 การจัดอันดับการออกแบบความสูงของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อค่า %SAVE.....95

ภาพที่ 5-9 ระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อ ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE).....96

ภาพที่ 5-10 ระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อ ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) 97

ภาพที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ต่อค่า %SAVE.....99

ภาพที่ 5-12 เปรียบเทียบการออกแบบความสูงและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ต่อค่า %SAVE.....99

ภาพที่ 5-13 ความสัมพันธ์ของความสูง และระยะห่างของ กลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อค่า %SAVE..... 101

ภาพที่ 5-14 เปรียบเทียบการออกแบบความสูงและระยะห่างของ กลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตกต่อค่า %SAVE..... 102

ภาพที่ 6-1 ค่าการใช้พลังงานของกลุ่มอาคาร R2-R2 / E-W / 1 : 1 / 12 107

ภาพที่ 6-2 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน..... 109

ภาพที่ 6-3 ความสูงของกลุ่มอาคารและตำแหน่งตำแหน่งที่ตั้งอาคารสูงต่อ ประสิทธิภาพในการการประหยัดพลังงานและคาร์บอน..... 111

Chulalongkorn University

ภาพที่ 6-4 ระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน..... 112

ภาพที่ 7-1 บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร 115

ภาพที่ 7-2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.5 ของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร ที่มา : แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานคร 2556 116

ภาพที่ 7-3 แปลงที่ดินที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร 117

ภาพที่ 7-4 ข้อจำกัดความสูงอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร..... 118

ภาพที่ 7-5 ข้อเสนอแนะการปรับปรุงโครงข่ายการสัญจร โดยการใช้เครื่องมือในการรวมสิทธิถือครองอสังหาริมทรัพย์ (Right Conversion) หรือผังเมืองเฉพาะ 119

ภาพที่ 7-6 ผังแม่บทการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน พื้นที่ศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร 121

ภาพที่ 7-7 เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรุงเทพมหานคร ที่มา : โครงการการจัดทำแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556-2566 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนเป้าหมายการประหยัดพลังงานรายภาคเศรษฐกิจในปี 2573.....26

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนต่างๆ.....27

ตารางที่ 2-3 วิธีการของเมืองคาร์บอนต่ำต่อการลดผลกระทบและการปรับตัว.....36

ตารางที่ 2-4 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร.....47

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบกรณีความสัมพันธ์ของอาคารที่ได้และไม่ได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน.....56

ตารางที่ 3-2 การกำหนดการใช้งานของระบบปรับอากาศและระบบควบคุมแสงสว่าง.....58

ตารางที่ 3-3 การกำหนดการใช้งานของระบบปรับอากาศและระบบควบคุมแสงสว่าง.....58

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการกำหนดรูปทรงอาคารที่ใช้ในการทดลองจากผลการสำรวจพื้นที่ศึกษา 61

ตารางที่ 3-5 การกำหนดความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร a และ b หรือกลุ่มอาคาร.....61

ตารางที่ 3-6 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร.....62

ตารางที่ 3-7 อัตราส่วนระหว่างความสูงของกลุ่มอาคาร.....63

ตารางที่ 3-8 ระยะห่างของกลุ่มอาคาร.....64

ตารางที่ 3-9 ตัวอย่างการกำหนดชื่อของการทดลอง.....65

ตารางที่ 4-1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพอาคารสูงในพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบสีลม-สาทร.....70

ตารางที่ 4-2 จำนวนรูปทรงอาคารจำแนกตามอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว (SF) ในพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร และบริเวณโดยรอบ.....72

ตารางที่ 4-3 ลักษณะกายภาพอาคารโดยทั่วไปของอาคารในพื้นที่ศึกษา.....74

ตารางที่ 4-4 ลักษณะกายภาพอาคารของพื้นที่ศึกษาที่นำไปใช้คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-5 การประมวลค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จากการเปรียบเทียบกรณีความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคารที่ได้รับและไม่ได้รับผลกระทบจากเงา....76

ตารางที่ 4-6 ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร....77

ตารางที่ 4-7 รูปแบบความสูงของกลุ่มอาคาร....79

ตารางที่ 4-8 รูปแบบความสูงของกลุ่มอาคาร....80

ตารางที่ 4-9 รูปแบบระยะห่างของกลุ่มอาคาร....81

ตารางที่ 5-1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแต่ละรูปทรง....84

ตารางที่ 5-2 รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน....85

ตารางที่ 5-3 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)....86

ตารางที่ 5-4 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร....88

ตารางที่ 5-5 ความสูงของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน....89

ตารางที่ 5-6 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของความสูงของกลุ่มอาคาร....93

ตารางที่ 5-7 ค่า %SAVE เฉลี่ยของความสูงของกลุ่มอาคาร....93

ตารางที่ 5-8 ความสัมพันธ์ของการวางและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE....97

ตารางที่ 5-9 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่ออัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย....98

ตารางที่ 5-10 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE....100

ตารางที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่ออัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย....100

ตารางที่ 5-12 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของระยะห่างข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องกลุ่มอาคาร 105
ตารางที่ 5-13 ค่า %SAVE เฉลี่ยของระยะห่างของกลุ่มอาคาร 106

ตารางที่ 6-1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปทรงอาคารในแต่ละตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร 110
ตารางที่ 6-2 เกณฑ์การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา 114
ตารางที่ 6-3 ค่าการประหยัดรายจ่าย 114

ตารางที่ 7-1 สรุปความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง ระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงาน 120
ตารางที่ 7-2 ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) ของพื้นที่ศึกษา 122
ตารางที่ 7-3 มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายของพื้นที่ศึกษา 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

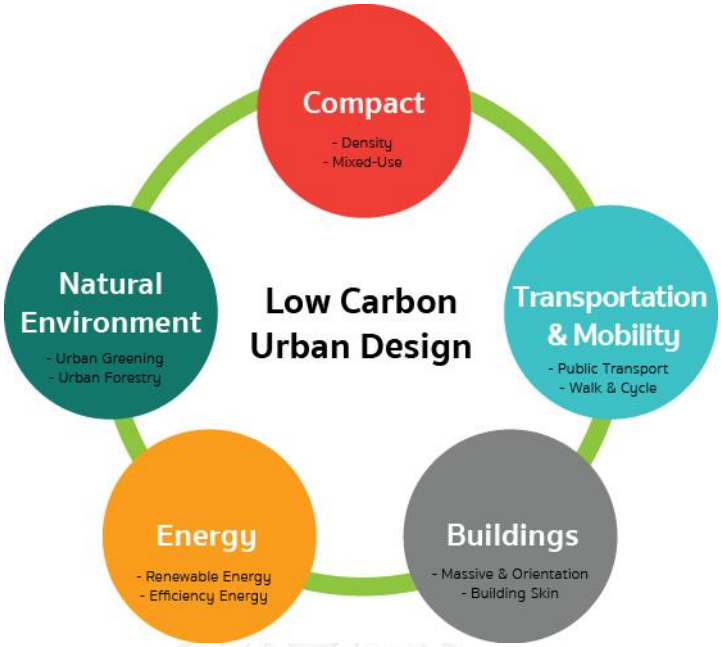
1.1) ที่มาและความสำคัญ

การขยายตัวของพื้นที่เมืองต่างๆ ทั่วโลกอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานฟอสซิลที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาทิ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทาง การใช้ถ่านหินในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรม เป็นต้น กิจกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนหรือก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้อุณหภูมิความร้อนไม่สามารถถ่ายเทผ่านชั้นบรรยากาศได้ดีเท่าเดิม เกิดเป็นภาวะโลกร้อน (Global Warming) นำไปสู่ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Climate Change)

กรุงเทพมหานครเป็นหนึ่งในมหานครของโลกที่มีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยสูงถึง 7.3 ตันคาร์บอนต่อคนต่อปี เทียบเท่ามหานครนิวยอร์ก (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2556) แสดงถึงสัดส่วนการปล่อยคาร์บอนของกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ร้อยละ 58.35 จากปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด และพบว่าบริเวณย่านศูนย์กลางเมืองสีลม-สาทร อยู่ในเขตที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของกรุงเทพฯ (การไฟฟ้านครหลวง, 2558) อีกทั้งผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครได้กำหนดให้บริเวณดังกล่าวมีบทบาทเป็นศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม (Central Business District หรือ CBD) ของกรุงเทพมหานคร (พ.5) โดยมีค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio หรือ FAR) เท่ากับ 10 : 1 ซึ่งทำให้เกิดความต้องการใช้พลังงานในอนาคตที่สูงขึ้นจากการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

ประเด็นความสำคัญทั้งในด้านการใช้พลังงานและผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นที่มาของแนวความคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ (Low Carbon City Design) ซึ่งเป็นแนวความคิดการพัฒนาเมืองที่มุ่งเน้นการลดการปล่อยคาร์บอนเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำได้ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การพัฒนาเมืองให้มีความกระชับ (Compact) โดยการเพิ่มความหนาแน่นและการผสมผสานการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2) การคมนาคมขนส่ง (Transportation & Mobility) ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ การเดินและจักรยานเพื่อลดการพึ่งพายานพาหนะส่วนบุคคล 3) อาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Buildings) โดยการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร 4) พลังงาน (Energy) ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากฟอสซิลและการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และ 5) การเพิ่มที่ทางธรรมชาติ (Natural

Environment) เพื่อผลต่อการดูดซับคาร์บอนให้กับพื้นที่เมือง (Low-Carbon Indicator System-Sino: Evaluation Low-Carbon City Development Level in China, 2016)



ภาพที่ 1-1 แนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

ที่มา : ประมวลจาก Low-Carbon Indicator System-Sino: Evaluation Low-Carbon City Development Level in China, 2016 และ Low Carbon City Design, Principles and Practices for China's Next Generation of Growth

ตามที่ได้กล่าวในข้างต้นภาคพลังงานเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดของกรุงเทพมหานคร ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานจากอาคารโดยเฉพาะการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศมีสัดส่วนของการใช้พลังงานอาคารมากที่สุดถึงร้อยละ 60 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548) สาเหตุดังกล่าวเกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นซึ่งได้รับผลกระทบจากความร้อนแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ทำให้สูญเสียพลังงานในการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศมากขึ้นตามไปด้วย เพราะฉะนั้นหากสามารถออกแบบการจัดวางกลุ่มอาคารให้เกิดการบังเงาซึ่งกันและกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ น่าจะสามารถช่วยลดความร้อนของแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ส่งผลให้การใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและคาร์บอนลดลง

จากการสำรวจพบว่า ย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร มีกลุ่มของอาคารสูงอยู่เป็นจำนวนมาก มีข้อได้เปรียบด้านพื้นที่ร่มเงาจากอาคารสูงที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิให้กับพื้นที่เมืองและอาคารบริเวณใกล้เคียง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยว่าด้วยเงาจากอาคารข้างเคียงสามารถช่วย

ลดการใช้พลังงานอาคารได้อย่างมีนัยยะสำคัญ (ผลกระทบของเงาต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน, 2558) เพราะฉะนั้น การศึกษาถึงลักษทางกายภาพของการจัดวางกลุ่มอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างระหว่างกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน จึงมีความเป็นไปได้ต่อการลดอุณหภูมิของอาคารและพื้นที่เมืองซึ่งจะทำให้ลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในอาคาร และส่งผลให้คาร์บอนของกรุงเทพมหานครลดลงได้

ทั้งนี้ จากการทบทวนแผนและนโยบายที่เกี่ยวข้องต่อการลดการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนพบว่า ในระดับประเทศได้มีการกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2564 ของภาคพลังงานและคมนาคมขนส่งร้อยละ 7 ในขณะเดียวกันแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 – 2566 ได้มีการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน ซึ่งมุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ร้อยละ 13.22 ในปี พ.ศ. 2563

1.2) คำถามงานวิจัย

บริเวณย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมสีลม-สาทร มีกลุ่มของอาคารสูงอยู่เป็นจำนวนมาก มีข้อได้เปรียบด้านพื้นที่ร่มเงาจากอาคารสูง เพราะฉะนั้น การจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารได้โดยไม่เสียมูลค่าในการลงทุน น่าจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิความร้อนของแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการใช้พลังงานในอาคารได้ ในขณะเดียวกันผลกระทบของเงาอาคารอาจส่งผลต่อค่าใช้พลังงานของระบบส่องสว่างที่เพิ่มสูงขึ้น

1.3) สมมติฐานงานวิจัย

การจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารและสามารถนำไปสู่การลดการปล่อยคาร์บอนของกรุงเทพมหานครได้สอดคล้องกับเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2563 โดยที่ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงสามารถลดค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้มากกว่าค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างที่เพิ่มสูงขึ้น

1.4) วัตถุประสงค์

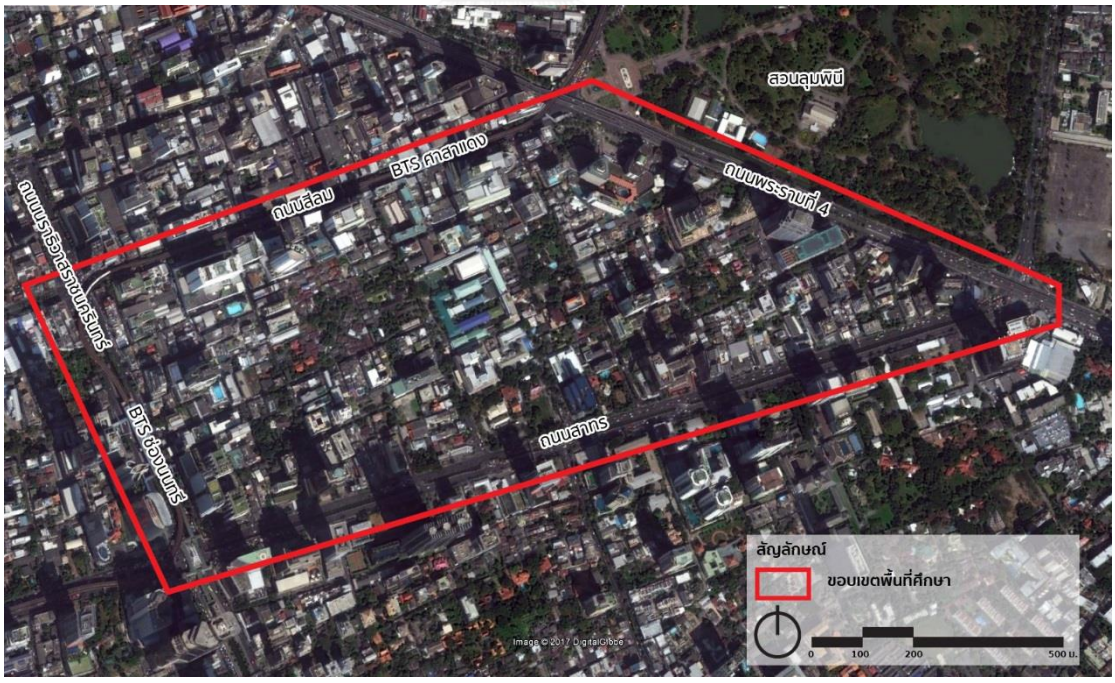
1) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพของการจัดวางกลุ่มอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา ตามแนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

2) เพื่อเสนอถึงแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอนที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษา ตามแนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

1.5) ขอบเขตงานวิจัย

1.5.1) ขอบเขตด้านพื้นที่

ศึกษาพื้นที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมสีลม-สาทร โดยขอบเขตของพื้นที่ศึกษาอ้างอิงแนวเขตของถนน 4 สายทางประกอบด้วย ถนนสีลม ถนนพระราม 4 ถนนสาทรใต้ และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ พื้นที่ศึกษาอยู่ในรัศมีการให้บริการของสถานีรถไฟฟ้า 4 สถานี ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสีลม สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินลุมพินี สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสช่องนนทรี และสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสศาลาแดง รวมถึงกลุ่มอาคารขนาดใหญ่พิเศษและอาคารสูงบริเวณโดยรอบของพื้นที่ศึกษา

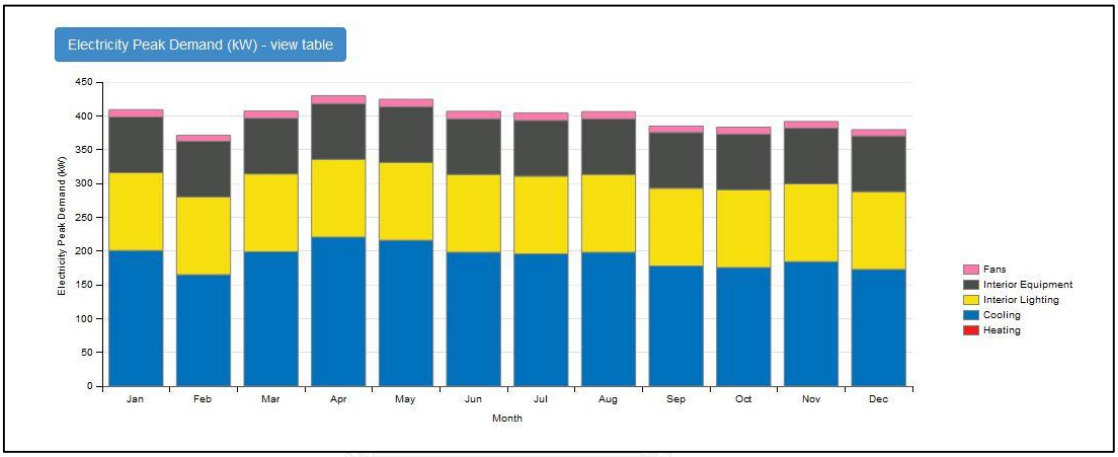


ภาพที่ 1-2 พื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร กรุงเทพมหานคร

1.5.2) ขอบเขตด้านเนื้อหา

1) ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพในการจัดวางกลุ่มอาคารจากผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคารในพื้นที่ศึกษา

2) ศึกษาค่าการใช้พลังงานในอาคาร (Energy Use Intensity : EUI) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0 เพื่อประมวลเป็นค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)



ภาพที่ 1-3 การคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร (EUI) ตลอดทั้งปี

ที่มา : โปรแกรม Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0

1.6) วิธีการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาแผนนโยบาย แนวคิด ทฤษฎี และกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ การออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยในการศึกษาถึงแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (%SAVE)

2) สำรวจและเก็บข้อมูลจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (%SAVE) ของอาคารจากผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงในพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองอาคารที่เหมาะสมต่อในการทดลองของงานวิจัย

3) ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0

4) สรุปผลการวิจัยจากลักษณะกายภาพของการจัดวางกลุ่มอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)

5) เสนอแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)ของพื้นที่ศึกษา ในแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

1.7) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยลักษณะกายภาพของการจัดวางกลุ่มอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)

2) เพื่อเสนอถึงแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

3) เป็นประโยชน์แก่การนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4) เป็นประโยชน์ต่อการร่างหรือปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวกับการวางแผนและพัฒนาเมืองของกรุงเทพมหานคร ภายใต้แนวคิดการพัฒนาเมืองที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน นโยบาย แนวคิด ทฤษฎี และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

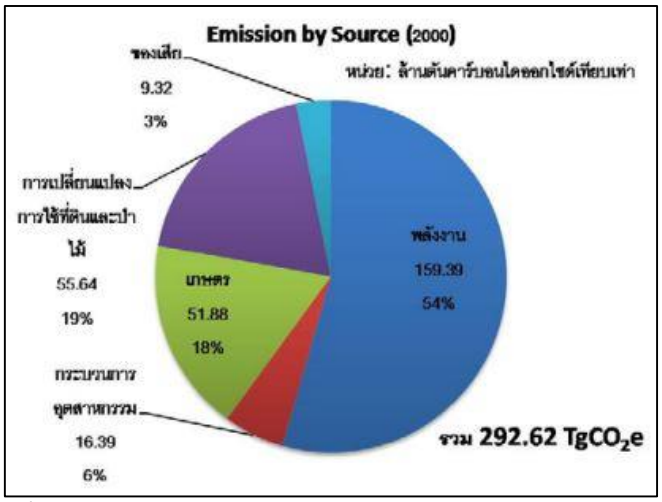
บทที่ 2
นโยบาย แนวคิด ทฤษฎี และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1) แผนและนโยบายที่เกี่ยวข้อง

2.1.1) แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงจองปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำทะเล และอื่นๆ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการพัฒนาสังคมมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต สาเหตุสำคัญมาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases; GHGs) จากกิจกรรมมนุษย์ สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นกรอบนโยบาย (Policy Framework) ในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำตามแนวทางอย่างยั่งยืน นำไปสู่การสร้างกลไกและเครื่องมือในภาคส่วนต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพ

ประเทศไทยได้มีการจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พ.ศ. 2543 จากภาคส่วนต่างๆ ของประเทศเท่ากับ 292.62 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($TgCO_2e$) โดยภาคพลังงานเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดที่ 159.39 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 54.5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า รองลงมาได้แก่ ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ ภาคการเกษตร ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม และภาคของเสีย ตามลำดับ



ภาพที่ 2-1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2543

ที่มา : แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593, 2558

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในการนี้ แผนแม่บทฯ จึงได้กำหนดเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการปรับตัวต่อผลกระทบ ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก และด้านการสร้างขีดความสามารถและขับเคลื่อนการดำเนินงาน อาทิ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้มีการกล่าวถึงเป้าหมายระยะกลางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในปี 2564 ในภาคพลังงานและคมนาคมขนส่งร้อยละ 7 และอาจลดลงได้ถึงร้อยละ 20 หากได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากต่างประเทศ และเป้าหมายในระยะยาว เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2) แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573)

การอนุรักษ์พลังงานมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายครัวเรือน การลดต้นทุนการผลิตและบริการ การลดการเสียดุลการค้าและการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ตลอดจนการลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอนาคตพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด อาจส่งผลต่อปัญหาความรุนแรง การแย่งชิงพลังงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน และความสามารถในการแข่งขันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ประกอบกับรัฐบาลได้ให้สัตยาบันต่อผู้นำกลุ่มประเทศความร่วมมือทางเศรษฐกิจภาคพื้นเอเชียแปซิฟิก (เอเปค) เมื่อปี 2550 ในการร่วมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ในปี 2573 จากความสำคัญดังกล่าว กระทรวงพลังงานจึงได้มีการจัดทำ

แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573) เพื่อใช้เป็นแนวนโยบายและแนวทางการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ

การจัดทำแผนฯ ดังกล่าว ได้มุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ ภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคอาคารธุรกิจ และภาคบ้านอยู่อาศัย มีสัดส่วนเป้าหมายการประหยัดพลังงานรายภาคเศรษฐกิจในปี 2573 ได้แก่ ภาคขนส่งลดลงร้อยละ 44.7 ภาคอุตสาหกรรมลดลงร้อยละ 37.7 และภาคอาคารธุรกิจและบ้านพักอาศัยลดลงร้อยละ 17.6

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนเป้าหมายการประหยัดพลังงานรายภาคเศรษฐกิจในปี 2573

ภาคเศรษฐกิจ	ศักยภาพเชิงเทคนิค			เป้าหมาย (ktoe)	สัดส่วน (ร้อยละ)
	ความร้อน (ktoe)	ไฟฟ้า (GWh)	รวม (ktoe)		
ขนส่ง	16,250	-	16,250	13,400	44.7
อุตสาหกรรม	10,950	33,500	13,790	11,300	37.7
อาคารธุรกิจและบ้านพักอาศัย	2,100	50,640	6,410	5,300	17.6
รวม	29,300	84,140	36,450	30,000	100.0

ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2556 – 2566), 2554

2.1.3) แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 - 2566

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่สำคัญต่อการพัฒนาสังคมมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมลงนามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nation Framework Convention on Climate Change; UNFCC) และการจัดตั้งคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ (National Committee on Climate; NCCC) โดยรัฐบาลได้มีการดำเนินการตามนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาทิ แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554 - 2573 และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555-2560 เป็นต้น รวมถึงการดำเนินการตามแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558-2563 และการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Action; NAMAs) ที่มีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยลงร้อยละ 7 ในภาคพลังงาน และภาคการคมนาคมขนส่ง

กรุงเทพมหานครเป็นมหานครขนาดใหญ่ที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วและมีจำนวนประชากรมากกว่า 10 ล้านคน ทำให้มีอัตราการใช้ทรัพยากรที่สูง และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณมากที่สุดของประเทศไทย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยต่อภัยพิบัติรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต การศึกษาและจัดทำ “แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 - 2566” โดยการสนับสนุนจากองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency; JICA) ประกอบด้วยแผนการดำเนินงานครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ การขนส่งที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานทางเลือก การจัดการขยะและการบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพ การวางผังเมืองสีเขียว และแนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแผนแม่บทฯ ดังกล่าวจะเป็นกรอบในการทำงานของกรุงเทพมหานครเพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำที่พร้อมรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการเสนอถึงแนวนโยบาย มาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอีกด้วย

ทั้งนี้ หากสภาพเศรษฐกิจและสังคมของกรุงเทพมหานครเป็นไปตามสถานการณ์ปัจจุบัน และไม่มีการดำเนินการใดๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจะเพิ่มขึ้นจาก 43.87 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี 2556 ไปเป็น 53.74 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี 2563 เพราะฉะนั้น เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรุงเทพมหานคร แผนแม่บทฯ ได้กำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีเป้าหมาย 2563 ไว้ที่ 46.44 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือลดลงร้อยละ 13.57 จากการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในปีเป้าหมาย โดยมีการกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนต่างๆ กันดังนี้

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนต่างๆ

ภาคส่วน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ล้านตันคาร์บอนเทียบเท่า)			
	2556	2563		
	ปัจจุบัน	ไม่มีการดำเนินการ	เป้าหมาย	ลดลง
ภาคขนส่ง	13.76	17.91	14.91	3 (-16.75 %)
ภาคพลังงาน	25.60	30.94	26.85	4.09 (-13.22 %)
ภาคขยะและน้ำเสีย	4.55	4.93	4.73	0.20 (-4.06 %)
ภาคการวางผังเมืองสีเขียว	-0.045	-0.045	-0.049	-0.004 (+8.89 %)
รวม	**43.87**	**53.74**	**46.00**	**7.29 (-13.57 %)**

ที่มา : แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 – 2566, 2558

แผนแม่บทฯ ได้มีการเสนอถึงมาตรการในการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนต่างๆ ดังนี้

- **มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง**

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งที่มีความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง โดยมุ่นเน้นไปที่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะส่วนบุคคล ควบคู่ไปกับการเพิ่มความตระหนักรู้ของภาคประชาชน รวมถึงการส่งเสริมการเดินทางที่ไม่ใช้เครื่องยนต์ เช่น การเดิน และการใช้จักรยาน เป็นต้น

- **มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน**

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานมีสัดส่วนที่สูงที่สุด โดยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยนั้นมาจากการใช้พลังงานในอาคาร มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเน้นไปที่การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานทดแทน อาทิ การปรับปรุงซ่อมแซมอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่เดิมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ แสงสว่าง เป็นต้น

- **มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการจัดการขยะและการบำบัดน้ำเสีย**

ขยะและน้ำเสียเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งในระหว่างการขนส่งและฝังกลบ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องลดปริมาณการเกิดขยะและน้ำเสียด้วยการยกระดับเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียควบคู่ไปกับการส่งเสริมให้ประชนชนลดปริมาณขยะและส่งเสริมการคัดแยกขยะ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนขยะและของเสียจะมีสัดส่วนที่น้อย แต่การกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญต่อสุขอนามัยของประชน

- **มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการวางผังเมืองสีเขียว**

การพัฒนาเมืองสีเขียวเป็นมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการเพิ่มพื้นที่ทางธรรมชาติในการดูดซับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ ยังก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมอื่นๆ เช่น เพิ่มความงามให้แก่เมือง การทำสวนหลังคาเพื่อผลต่อการลดการใช้พลังงานของอาคาร เป็นต้น โดยการเพิ่มพื้นที่สวนสาธารณะ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่สาธารณะ การปลูกต้นไม้ตามแนวถนน การเพิ่มพื้นที่น้ำซึมผ่าน และการปลูกป่าชายเลน

- **มาตรการการปรับตัว**

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และประสบปัญหาน้ำทะเลหนุนสูง ประกอบกับปัญหาดินทรุดตัวอันเนื่องจากการใช้น้ำใต้ดิน มีการคาดการณ์ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ความเปราะบางของกรุงเทพมหานครต่อปัญหาดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและสังคมเพิ่มขึ้น มาตรการการปรับตัวจะช่วยป้องกันหรือลดผลกระทบ หรือส่งผลให้มีการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานให้เหมาะสม เช่น การเพิ่มพื้นที่รับน้ำ หรือการวางระบบข้อมูลเพื่อการจัดการน้ำท่วมที่มีการเชื่อมต่อกับหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

2.2) การวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ

2.2.1) นิยามและแนวความคิดเมืองคาร์บอนต่ำ

แนวความคิดคาร์บอนต่ำ (“คาร์บอน” หมายถึง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) เป็นแนวคิดซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ในระยะแรกได้มีการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Economy) กระทั่งเกิดการแพร่หลายของแนวคิดดังกล่าวทำให้เกิดการจัดตั้งกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCC) ขึ้นในปี 1992 ต่อมาในปี 2013 British Energy White Paper “Our Energy Future” ได้มีการนำเสนอคำว่า “เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ” อย่างเป็นทางการ และได้กำหนดให้การพัฒนาเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำจะต้องดำเนินการให้ได้ผลผลิตจากทรัพยากรสูงขึ้น การผลิตมากขึ้นแต่ใช้ทรัพยากรน้อยลงและก่อให้เกิดมลพิษน้อยลง ส่งผลให้มาตรฐานของการอยู่อาศัยและคุณภาพชีวิตดีขึ้น และจะทำให้เกิดโอกาสในการพัฒนาเทคโนโลยีชั้นนำที่ทันสมัย รวมถึงการสร้างธุรกิจใหม่และเกิดการจ้างงาน (กรมการค้าและอุตสาหกรรม, 2003)

ข้อเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำได้กระตุ้นความสนใจไปทั่วโลก นำมาซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ในปี 2004 รัฐบาลและนักวิชาการประเทศญี่ปุ่นได้มีการทำวิจัยจนเกิดแนวความคิดใหม่ขึ้นคือ สังคมคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Society) ต่อมาในปี 2008 ประเทศญี่ปุ่นได้ทำการวิจัยร่วมกับสหราชอาณาจักรและได้เกิดแนวความคิดสังคมคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน (Sustainable Low Carbon Society) โดยแนวความคิดสังคมคาร์บอนต่ำได้มุ่งเน้นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานและเทคโนโลยีที่มีคาร์บอนต่ำ เพื่อประหยัดพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและสังคมคาร์บอนต่ำมีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากกิจกรรมต่างกัน กล่าวคือ เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำมุ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในขณะที่สังคมคาร์บอนต่ำมุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน จากฐานความคิดซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อการลดการปล่อยคาร์บอนเหมือนกัน ทำให้เกิดแนวความคิดเมืองคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon City) ซึ่งมุ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation) อันเกิดจากการขยายตัวของเมือง

2.2.2) แนวทางการวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ

แนวความคิดเมืองคาร์บอนต่ำเป็นแนวคิดที่มีเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 6 ภาคส่วนที่ต้องดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) และการปรับตัว (Adaptation) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ การออกแบบชุมชนเมือง การขนส่ง พลังงาน อาคาร น้ำ และขยะมูลฝอย (Yuanyuan Zhang, 2016) ด้วยวิธีการดังนี้

1) **การออกแบบชุมชนเมือง (Urban Design)**

การออกแบบชุมชนเมืองเป็นฐานสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพของเมืองที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนของเมืองกล่าวคือ หากรูปแบบของเมือง (Urban form) มีโครงสร้างพื้นฐานที่ดีต่อการพัฒนาเมืองคาร์บอนต่ำก็จะทำให้เกิดผลต่อการประหยัดพลังงาน การใช้ทรัพยากร และสามารถลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้โดยการทำให้เมืองมีความกระชับ (Compact) การทำให้เมืองมีความกระชับสามารถทำได้โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความเข้มข้นและเกิดความหลากหลายของกิจกรรม (Mixed-Use) เพื่อผลต่อการลดระยะการเดินทาง ลดการพึ่งพารถยนต์ส่วนตัว ประกอบกับมีการพัฒนาพื้นที่โดยรอบจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (Transit Oriented Development) พร้อมทั้งส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green Infrastructure) ซึ่งช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่พื้นที่เมือง ทั้งยังสามารถลดอุณหภูมิของเมืองที่มีผลต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) บรรเทามลพิษทางอากาศ และช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่มีคุณภาพให้กับเมือง (The APEC Low Carbon Model Town Task Force APEC Energy Working Group, 2011)

ภาพที่ 2-2 แนวความคิดการออกแบบเมืองใหม่เฉิงกง (Chenggong, Urban Design Concept)

ที่มา : Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development, 2012

2) **การขนส่ง (Transport)**

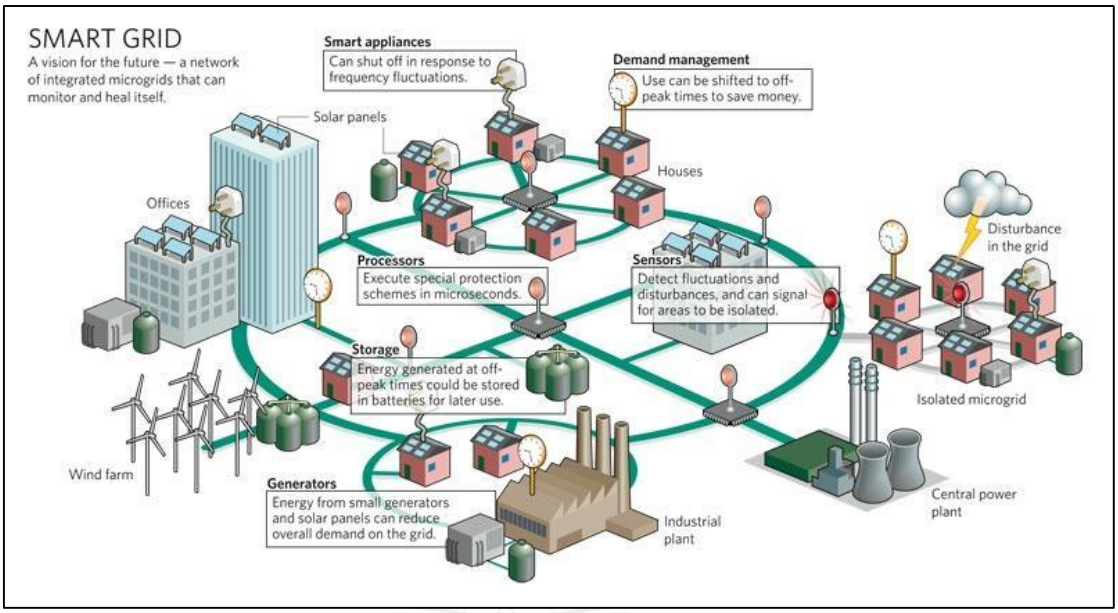
การขนส่งเป็นหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการสัญจรในพื้นที่เมืองและมีผลต่อการเติบโตเศรษฐกิจของเมือง แต่อีกด้านหนึ่งก็เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งมีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึงร้อยละ 22 ต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลก อย่างไรก็ตามการลดการเดินทาง (Reduce) เป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันกับแรก ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีประสิทธิภาพและลดการเดินทางให้สั้นลง พึ่งพาการใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล มีการให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (Shift) จากการเปลี่ยนถ่ายระบบขนส่งสาธารณะสู่การขนส่งที่ไม่พึ่งพาเครื่องยนต์ เช่น การเดินและการใช้จักรยานที่ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอน นอกจากนี้ควรมีการปรับปรุง (Improve) ประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนทั้งระบบขนส่งสาธารณะและรถยนต์ส่วนบุคคล

ภาพที่ 2-3 การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะเมืองจูไห่ ประเทศจีน (Zhuhai, China)

ที่มา : Building China's Sustainable Cities Future, 2012

3) **พลังงาน (Energy)**

การใช้พลังงานในเมืองเพื่อตอบสนองต่อความต้องการการใช้พลังงานของภาคครัวเรือน ธุรกิจ การขนส่ง การรักษาพยาบาล น้ำ การบริหารจัดการ และอาหาร เหล่านี้ล้วนแต่เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินการใช้ชีวิตประจำวันของคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความร้อนและความเย็นภายในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้พลังงานมากที่สุดในพื้นที่เมือง การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างพลังงาน (Energy Structure Optimization) คือการขยายส่วนแบ่งของการใช้พลังงานทดแทน พลังงานรูปแบบใหม่ และพลังงานสะอาดในโครงสร้างทางพลังงานทั้งหมด เพื่อผลต่อการลดการปล่อยคาร์บอนจากการใช้พลังงานจากฟอสซิล นอกจากนี้ การควบคุมความต้องการทางพลังงาน (Energy Demand Control) เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานให้น้อยลง เป็นอีกเรื่องที่สำคัญต่อการลดการปล่อยคาร์บอนในพื้นที่เมืองได้

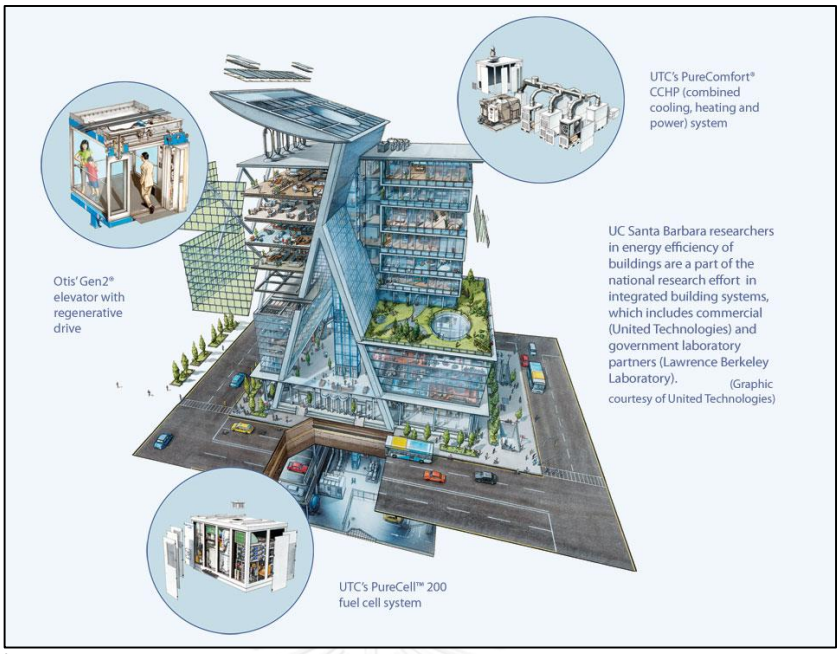


ภาพที่ 2-4 ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Gird)

ที่มา : http://martgridtech.files.wordpress.com

4) **อาคาร (Building)**

อาคารและสิ่งปลูกสร้างจัดเป็นภาคที่มีการใช้พลังงานที่มีสัดส่วนค่อนข้างมากของโลก และเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงมากเช่นกัน ข้อมูลจากโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ระบุว่าภาคส่วนดังกล่าวมีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 30 และมีค่าการใช้พลังงานที่ร้อยละ 40 ของพลังงานทั้งหมด ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มการใช้พลังงานในภาคอาคารสูงขึ้นเรื่อยๆ สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ การออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficient Building Design) เช่น การใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนให้กับเปลือกของอาคาร การออกแบบอาคารที่สัมพันธ์กับแดดและเงา การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนหลังคาและผนังอาคาร และการใช้ลมระบายอากาศในอาคาร ซึ่งจะต้องมีการจัดการการใช้พลังงานของอุปกรณ์ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพ (Energy Efficient Building Operation) ควบคู่ไปด้วย นอกจากนี้ควรมีการใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy Utilization) อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำ เป็นต้น



ภาพที่ 2-5 การออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building Design)

ที่มา : http://convergence.ucsb.edu

5) **น้ำ (Water)**

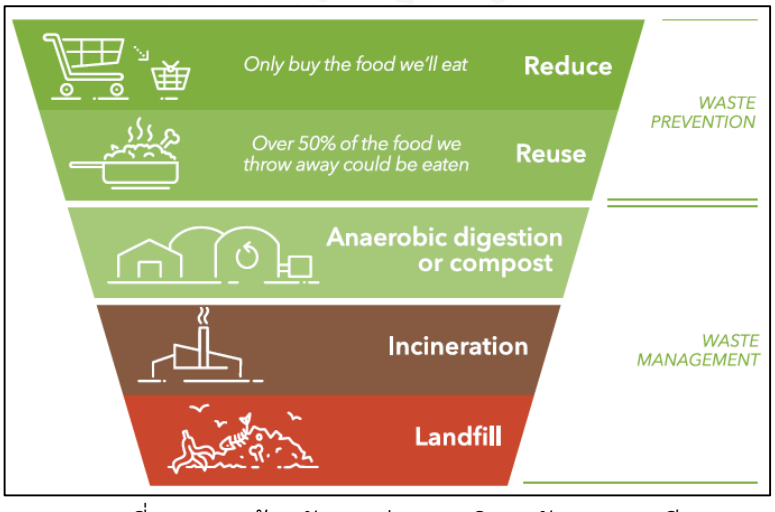
น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกในปัจจุบันจะส่งผลให้ฝนตกน้อยลง ขาดแคลนน้ำ ในขณะที่ประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นความต้องการน้ำจึงเพิ่มขึ้นตาม โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมืองมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคมากกว่าเขตอื่นๆ การลดความต้องการการใช้น้ำ (Reducing Water Demands) จึงเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงเพื่อการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การเพิ่มแหล่งน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water Reclamation and Recycling) จะช่วยบรรเทาผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำและเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้การรับมือกับปัญหาภัยแล้งและการป้องกันน้ำท่วม (Improving Capacity of Drought and Flood Prevention) จะต้องมีพื้นที่สำหรับจัดเก็บน้ำฝนอย่างเพียงพอ มีน้ำประปาที่เพียงพอ มีระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการบริหารจัดการน้ำของเมือง

ภาพที่ 2-6 การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการป้องกันน้ำท่วม

ที่มา : http://commsite.net.au และ http://s-media-cache-ak0.pinimg.com

6) **ขยะมูลฝอย (Municipal Solid Waste)**

แม้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคของเสียเทียบกับภาคอื่นๆ จะมีปริมาณที่น้อยกว่ามาก แต่การบริหารจัดการของเสียภายในพื้นที่เมืองเป็นเรื่องสำคัญที่ควรดำเนินการแก้ไขเพื่อสุขลักษณะที่ดีของประชาชน การป้องกันการก่อของเสีย (Waste Prevention) คือ การลดการเกิดของเสียจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับเทคนิค กระบวนการ หรือกิจกรรมใดๆ ที่ควรหลีกเลี่ยง เพื่อผลต่อการลดจำนวนของเสีย และควรมีการรีไซเคิลขยะ (Waste Recycling) โดยการนำวัสดุเหลือใช้มาแปลรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ทั้งนี้เพื่อลดการผลิตของขยะซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปล่อยก๊าซคาร์บอน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น และเป็นการสร้างโอกาสการจ้างงานและก่อเกิดรายได้อีกด้วย (Sieting Tan, Jin Yang, & Yan, 2015)



ภาพที่ 2-7 การป้องกันการก่อและบริหารจัดการของเสีย

ที่มา : http://tamar-energy.com

ตารางที่ 2-3 วิธีการของเมืองคาร์บอนต่ำต่อการลดผลกระทบและการปรับตัว

วิธีการ	การลดผลกระทบ (Mitigation)	การปรับตัว (Adaptation)
1) การออกแบบชุมชนเมือง (Urban Design)		
ความกระชับ (Compact)	การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเข้มข้น การเดินทางระยะสั้น ลดการพึ่งพารถยนต์ส่วนบุคคล ลดการใช้น้ำประปาและระบบระบายน้ำในพื้นที่เมือง	ลดค่าใช้จ่ายในการให้บริการโครงสร้างพื้นฐานในทุกภาคส่วน รักษาพื้นที่ทางธรรมชาติ ความหลากหลายทางชีวิภาพและการผลิตอาหาร
ความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Mixed-Use)	ลดการใช้ยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ ลดจำนวนและระยะเดินทางจากรถยนต์	ลดความต้องการก่อสร้างถนน เพื่อลดค่าใช้จ่ายการให้บริการโครงสร้างพื้นฐาน
การพัฒนาพื้นที่โดยรอบจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (TOD)	ลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล	ลดค่าใช้จ่ายในการให้บริการโครงสร้างพื้นฐานในทุกภาคส่วน มีระบบขนส่งสาธารณะที่น่าเชื่อถือสำหรับการอพยพต่อภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้น
โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green Infrastructure)	เพื่อการดูดซับก๊าซคาร์บอน ลดอุณหภูมิในพื้นที่เมือง ทำให้ลดความต้องการใช้พลังงานในการสร้างความเย็น	ควบคุมสภาพภูมิอากาศระดับจุลภาค ลดผลกระทบจากความเสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง และเป็นพื้นที่รองรับต่อภัยพิบัติ
2) การขนส่ง (Transport)		
การลดการเดินทาง (Reduce)	ลดระยะการเดินทาง และระยะการเดินทางที่สั้นจะช่วยลดการใช้พึ่งพาการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล	ระยะการเดินทางที่สั้นจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน และส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งที่ไม่ใช้เครื่องยนต์
การปรับเปลี่ยน (Shift)	ลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล และการใช้พื้นที่ถนนน้อยลง	การลดขนาดทางสัญจรจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างพื้นฐาน มีระบบขนส่งสาธารณะที่น่าเชื่อถือสำหรับการอพยพต่อภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้น
การเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่ง (Improve)	การใช้พลังงานของยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพ	ยานพาหนะที่ทันสมัยและระบบขนส่งที่สะดวกสบาย
3) พลังงาน (Energy)		
การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างพลังงาน (Energy Structure Optimization)	ลดการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนปริมาณมาก และลดการเกิดมลพิษ	สร้างความมั่นคงทางพลังงานเพื่อให้อาคารมีความยืดหยุ่นในการใช้พลังงานทางเลือกอื่น
การควบคุมความต้องการทางพลังงาน (Energy Demand Control)	ลดการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนปริมาณมาก และลดการเกิดมลพิษ	ควบคุมการใช้พลังงานสูงสุดให้น้อยลง
4) อาคาร (Building)		
การออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	ประหยัดพลังงานและการปล่อยคาร์บอนโดยการใช้ฉนวนกันความร้อนที่ดี และใช้	มีการออกแบบพื้นที่ให้สามารระบายความร้อนได้ต่อผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการ	การลดผลกระทบ (Mitigation)	การปรับตัว (Adaptation)
(Energy Efficient Building Design)	พลังงานจากแสงอาทิตย์และการระบายอากาศตามธรรมชาติ	
การจัดการการใช้พลังงานของอุปกรณ์ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพ (Energy Efficient Building Operation)	การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยประหยัดพลังงานและการปล่อยคาร์บอนของอาคารได้	การลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยลดต้นค่าใช้จ่ายของอาคาร
การใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy Utilization)	ลดการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนปริมาณมาก	ความมั่นคงทางพลังงาน เพื่อให้อาคารมีความยืดหยุ่นในการใช้พลังงานทางเลือกอื่น
5) น้ำ (Water)		
การลดความต้องการการใช้น้ำ (Reducing Water Demands)	ประหยัดพลังงานจากการคัดแยกน้ำ การคมนาคม การรักษาพยาบาล ความร้อนและน้ำเสียจากคมนาคมและการรักษาพยาบาล	การเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำ
การเพิ่มแหล่งน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water Reclamation and Recycling)	ลดความต้องการบำบัดน้ำ และลดการสกัดน้ำและคมนาคม	การเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำ และลดการเกิดน้ำท่วม
การรับมือกับปัญหาภัยแล้งและการป้องกันน้ำท่วม (Improving Capacity of Drought and Flood Prevention)	โดยการประยุกต์ใช้กับวิธีการต่างๆ เช่น น้ำฝน การกำจัดสิ่งปฏิกูล การกระจายจุดบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น	เพิ่มความน่าเชื่อถือของน้ำประปา และลดการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม
6) ขยะมูลฝอย (Municipal Solid Waste)		
การป้องกันการก่อของเสีย (Waste Prevention)	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยคัดแยกวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์จากโรงงาน วัสดุ และการขนส่งสินค้า	ลดความต้องการของการฝังกลบ ช่วยลดค่าใช้จ่าย
การรีไซเคิลขยะ (Waste Recycling)	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยคัดแยกวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์จากโรงงาน วัสดุ และการขนส่งสินค้า รวมทั้งการนำขยะมาใช้เป็นพลังงาน	ลดความต้องการของการฝังกลบ ช่วยลดค่าใช้จ่าย

ที่มา : Yuanyuan Zhang, 2016

2.3) การออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

แนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำเป็นหนึ่งในแนวทางการออกแบบเมืองที่มุ่งเน้นการพัฒนาชุมชนเมืองคาร์บอนต่ำเพื่อผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปัจจุบันได้มีหลายประเทศเล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำที่เป็นการวางผังพัฒนาเชิงพื้นที่ชุมชนเมือง สอดรับกับแผนและนโยบายการวางผังเมืองเมืองคาร์บอนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีนที่ประสบปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุดของโลก (Yang Wenyao, 2010) อันเนื่องมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจและการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน ปัญหาดังกล่าว ทำให้รัฐบาลจีนมุ่งการสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ รวมถึงการส่งเสริมการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำอีกด้วย

Low Carbon City Design, Principles and Practices for China's Next Generation of Growth เป็นหนึ่งในแนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศจีนได้กล่าวถึงแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ได้แก่ การพัฒนาย่านที่ส่งเสริมการเดินเท้า โครงข่ายการสัญจรด้วยจักรยาน การเพิ่มการเชื่อมต่อของถนนและทางเท้า การส่งเสริมระบบขนส่งมวลชลให้มีประสิทธิภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน การกำหนดความหนาแน่นที่เหมาะสมกับระบบขนส่งสาธารณะ การพัฒนาเมืองแบบกระชับ และการควบคุมการใช้ที่จอดรถยนต์และถนน (Calthorpe Associates, 2012) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) **พัฒนาย่านที่ส่งเสริมการเดินเท้า**

การพัฒนาย่านที่ส่งเสริมการเดินเท้าเป็นฐานของการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ โดยการลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล สนับสนุนการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมของการเดินภายในเมือง เช่น การลดความกว้างของถนน สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ระหว่างการเดิน เช่น ร่มเงา ที่นั่ง และอุปกรณ์ส่องสว่าง เป็นต้น

1.1) ลดระยะการข้ามถนน เน้นความปลอดภัยของคนเดินเท้าและความสะดวกสบาย

- จำกัดความกว้างของถนนสายประธานไม่เกิน 45 เมตร กรณีที่มีรถโดยสารด่วนพิเศษ (BRT) ไม่เกิน 50 เมตร และไม่เกิน 25 เมตรสำหรับถนนสายหลัก
- ในการพัฒนาใหม่กำหนดให้ขนาดบล็อกมีขนาดไม่เกิน 150 เมตร และซุปเปอร์บล็อกควรมีเส้นทางสาธารณะตัดผ่าน

- เพื่อสร้างความปลอดภัยให้กับการเดินเท้า ขนาดบาทวิถีควรมีความกว้างอย่างน้อย 3 เป็นตลอดถนนสายสำคัญ

1.2) สนับสนุนกิจกรรมระดับพื้นดินและสามารถใช้การเดินเท้าเข้าถึงได้ตามถนนทุกสาย

- เพื่อส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมบนทางเท้า การมองเห็น และความปลอดภัย ควรมีอาคารที่มีการใช้ประโยชน์สาธารณะและร้านค้าของด้านหน้าอาคาร และการพัฒนาที่อยู่อาศัยควรมีการเข้าถึงได้หลากหลายเส้นทาง
- การรักษาความปลอดภัยด้วยกำแพงทึบควรมีระยะถอยร่นจากถนนหรือใช้รั้วที่สามารถมองทะลุผ่านได้
- ระยะห่างระหว่างอาคารทางเท้าควรมีค่าเฉลี่ยดังนี้ ร้านค้า 1 เมตร อาคารสำนักงาน 3 เมตร และที่อยู่อาศัย 5 เมตร

ภาพที่ 2-8 การสนับสนุนการเดินเท้าโดยใช้ร้านค้าระดับพื้นดินและถนนที่เป็นมิตรต่อคนเดินเท้า

ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development

2) โครงข่ายการสัญจรของจักรยาน

การส่งเสริมการเดินทางด้วยจักรยานเป็นหลัก เนื่องจากเป็นยานพาหนะที่มีความคล่องตัวในการเดินทาง สามารถใช้เดินทางภายในย่านที่มีระยะทางไกลได้สะดวกกว่าการเดินเท้า และไม่ส่งผลกระทบต่อการปล่อยคาร์บอน การส่งเสริมการใช้จักรยานจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเส้นทางหรือโครงข่ายการสัญจรของจักรยานให้ทั่วถึง สะดวก และปลอดภัย พร้อมทั้งมีการให้บริการจุดจอดจักรยานในแต่ละบริเวณ

2.1) การออกแบบถนนซึ่งเน้นความปลอดภัยและความสะดวกสบายให้กับจักรยาน

- จัดให้มีเลนจักรยานในแต่ละทิศทางอย่างน้อย 3 เมตร ยกเว้นถนนท้องถิ่นที่มีความเร็วไม่มาก
- จัดให้มีจุดจอดจักรยานในอาคาร บริเวณริมถนน และสถานีขนส่งสาธารณะ

2.2) สร้างถนนปลอดรถยนต์ และทางเดินสีเขียวเพื่อส่งเสริมการเดินทางที่ไม่ใช้เครื่องยนต์

- กำหนดให้มีทางข้ามถนนปลอดรถยนต์ในระยะไม่เกิน 800 เมตร
- เมื่อมีระบบขนส่งและการเดินเท้าบนถนนร่วมกัน ทางจักรยานควรได้รับการป้องกัน

ภาพที่ 2-9 การออกแบบทางและการให้บริการที่จอดจักรยาน

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

3) การเพิ่มปริมาณการเชื่อมต่อของถนนและทางเท้า

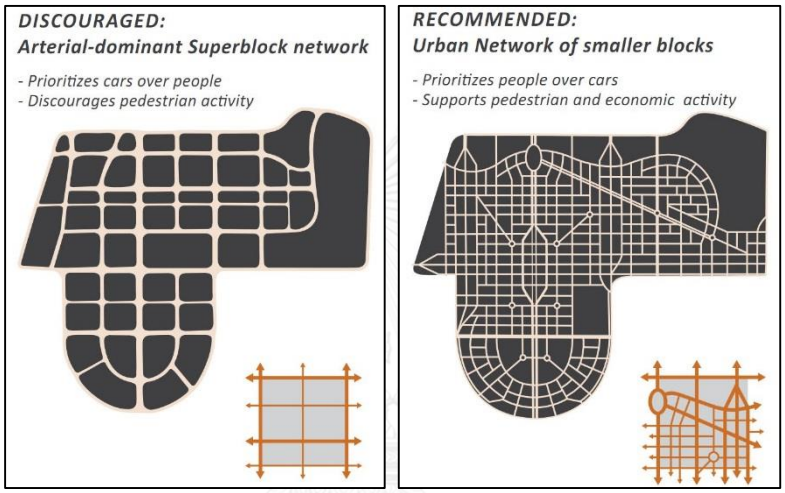
สนับสนุนการจราจรที่มีประสิทธิภาพภายในย่าน โดยการเพิ่มปริมาณการเชื่อมต่อของถนนและทางเท้า โดยให้ถนนมีขนาดที่แคบและบล็อกมีขนาดที่เล็ก ซึ่งจะทำให้สามารถระบายปริมาณการการจราจรได้ดีกว่าถนนที่กว้างและขนาดบล็อกที่ใหญ่ รวมถึงการส่งเสริมให้มีการเดินรถทางเดียวจะช่วยสร้างความปลอดภัยให้กับคนเดินเท้าและจักรยานด้วย

3.1) เพิ่มความหนาแน่นของโครงข่ายถนนที่ส่งเสริมการเดินเท้า จักรยาน และยานพาหนะ

- กำหนดให้มีจุดตัดของถนนอย่างน้อย 50 จุด บนพื้นที่ 1 ตร.กม.
- กำหนดความเร็วบนถนนท้องถิ่นไม่เกิน 40 กม./ชม.
- มีการใช้มาตรการควบคุมด้านการจราจร (Traffic-Calming) บนท้องถนน เพื่อช่วยในการจำกัดความเร็วของรถยนต์

3.2) แยกการจราจรที่มีปริมาณการสัญจรสูงออกจากถนนสายหลัก

- ออกแบบถนนให้มีการใช้งานที่หลากหลายประเภท เพื่อตอบรับกับปริมาณการจราจรที่ต่างกัน
- มีถนนที่เชื่อมเข้าถึงย่านในทุกๆระยะ 300 เมตร
- เปลี่ยนถนนสายหลักที่มีความกว้างมากกว่า 45 เมตร ให้แคบลงเหลือ 2 ช่องทางจราจรและเดินรถทางเดียว



ภาพที่ 2-10 เปรียบเทียบบล็อกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การส่งเสริมระบบขนส่งมวลชลให้มีประสิทธิภาพ

การพัฒนาโครงข่ายระบบขนส่งมวลชลให้มีประสิทธิภาพ สามารถปรับใช้ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น รถไฟฟ้ายกระดับ รถไฟฟ้าใต้ดิน หรือรถประจำทางด่านพิเศษ (BRT) ซึ่งมีค่าการลงทุนต่ำ สามารถดำเนินการได้รวดเร็ว และมีความยืดหยุ่นในเรื่องของเส้นทาง ตามแต่บริบทและเงื่อนไขที่แตกต่างกันไปของแต่ละพื้นที่

4.1) การให้บริการของระบบขนส่งมีความถูกต้องและแม่นยำ

- กำหนดให้มีการพัฒนาโครงข่ายถนนแบบตารางเพื่อรองรับผู้โดยสารจำนวนมาก มีแนวแกนทางเดินเพื่อเข้าถึงสถานีรถไฟความเร็วสูงทุกๆ ระยะ 1,000 เมตร ร่วมกับทางสัญจรเฉพาะของระบบขนส่งสาธารณะ

- จัดให้มีการเปลี่ยนถ่ายการสัญจรแบบไร้รอยต่อ ลดจำนวนการเปลี่ยนถ่ายหลายระบบเพื่อประโยชน์แก่ผู้โดยสารมากที่สุด

4.2) ที่อยู่อาศัย แหล่งงาน และการค้าและบริการ สามารถเข้าถึงได้ภายในรัศมีการเดินเท้าจากสถานีระบบขนส่งสาธารณะ

- ที่อยู่อาศัยและศูนย์กลางแหล่งงานควรอยู่ภายในรัศมี 400 เมตร จากสถานีขนส่งระดับท้องถิ่น และ 1,000 เมตร จากสถานีขนส่งระดับภูมิภาค
- บริเวณที่ติดกับสถานีควรเพิ่มความหนาแน่นและเน้นการให้บริการในระดับพื้นดิน

ภาพที่ 2-11 การให้บริการรถโดยสารด่วนพิเศษ (BRT)

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

5) การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน

การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานเพื่อสร้างความหลากหลายของชุมชนที่มี การผสมผสานการใช้ประโยชน์ที่ดินควรกำหนดให้มีการใช้งานของพื้นที่ภายในย่านที่มีความหลากหลาย อาทิ พื้นที่นันทนาการ ร้านค้าและบริการ ร้านอาคาร ที่อยู่อาศัย เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบเมืองควรคำนึงถึงการผสมผสานระหว่างความเป็นอยู่สมัยใหม่และวิถีชุมชนเดิม เพื่อทำให้เกิดย่านที่อยู่อาศัยที่มีคุณภาพ ในขณะเดียวกันควรทำให้เกิดความรู้สึกในถิ่นที่ (Sense of Place) ด้วย

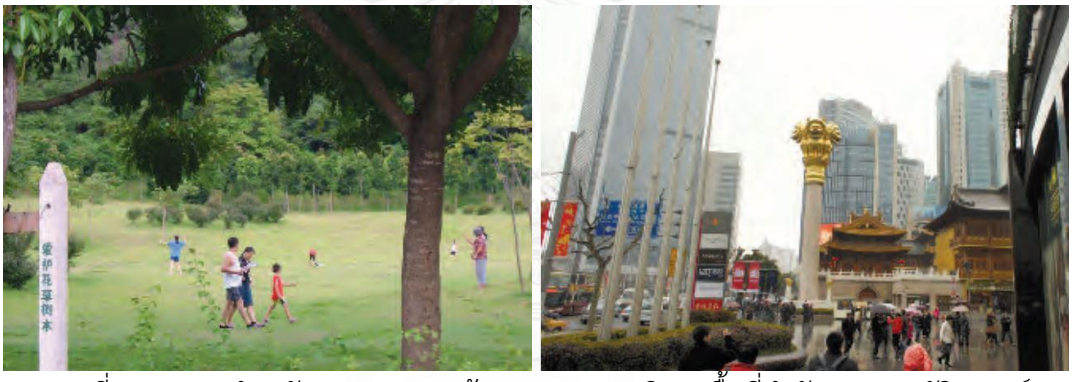
5.1) ส่งเสริมให้มีการสร้างสมดุลของที่อยู่อาศัย และการค้าบริการ

- ควรมีการผสมผสานของกลุ่มระดับรายได้และอายุของผู้อยู่อาศัย
- ร้านค้าและบริการภายในท้องถิ่นควรอยู่ในระดับพื้นดินตามแนวถนนซึ่งเชื่อมกับย่านอยู่อาศัยและแหล่งงานให้มากที่สุด

- มีการผสมผสานที่อยู่อาศัย ร้านค้าและบริการภายในย่านพาณิชยกรรม เพื่อให้เกิดการใช้งานตลอด 24 ชม.

5.2) จัดให้มีการสร้างความหลากหลายของสวนสาธารณะ กลุ่มอาคารราชการ และที่โล่งว่าง

- สวนสาธารณะระดับชุมชนควรตั้งอยู่ในระยะ 400 เมตร จากที่อยู่อาศัย สวนสาธารณะระดับเมืองควรตั้งอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตร จากที่อยู่อาศัย
- กลุ่มอาคารโรงเรียนและราชการควรตั้งอยู่ใจกลางของชุมชนภายในระยะ 400 เมตร จากที่อยู่อาศัย
- สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ที่มีความเฉพาะของท้องถิ่นนั้น ควรรักษาและนำมาใช้อย่างสร้างสรรค์



ภาพที่ 2-12 การดำรงรักษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและพื้นที่สำคัญทางประวัติศาสตร์

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

6) การกำหนดความหนาแน่นที่เหมาะสมกับระบบขนส่งสาธารณะ

การเพิ่มความหนาแน่นให้กับพื้นที่เมืองเป็นฐานของการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ ไม่เพียงแต่ความหนาแน่น แต่เพื่อเลี่ยงจากความแออัด ที่อยู่อาศัยจะต้องอยู่ใกล้กับขนส่งสาธารณะและแหล่งงาน ซึ่งต้องคำนึงถึงความสามารถในการรองรับปริมาณการขนส่งทุกรูปแบบ โดยจะต้องมีการออกแบบถนนที่เอื้อต่อทางจักรยาน ทางเท้าที่เป็นมิตรกับคนเดิน ทางสัญจรเฉพาะรถขนส่งสาธารณะและการเดินรถทางเดียว เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการเดินทาง และดำรงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Alexander Schmidt, 2012)

6.1) สามารถรองรับปริมาณการขนส่งในช่วงชั่งโมงเร่งด่วนได้

- การรองรับความหนาแน่นในบริเวณที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรม ควรออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณการขนส่งได้ในช่วงเวลาเร่งด่วน ปริมาณคนเดินเท้า และผู้ใช้จักรยาน
- ศูนย์กลางของแหล่งงาน ควรตั้งอยู่ในที่ซึ่งมีการให้บริการขนส่งสาธารณะที่มีปริมาณมากที่สุด

6.2) พื้นที่ที่มีการจ้างงาน ควรมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานเพื่อให้เกิดการใช้งานตลอดวัน

- การผสมผสานการพักผ่อนหย่อนใจ การบริการ และร้านค้า ควรตั้งอยู่ในบริเวณการจ้างงาน เพื่อตอบรับความต้องการของแรงงานในชีวิตประจำวันได้ด้วยการเดินเท้า
- ใช้แนวความคิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) เพื่อสร้างให้เกิดความต้องการการใช้บริการการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 2-13 การเพิ่มความหนาแน่นบริเวณจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (TOD)
(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

7) การพัฒนาเมืองกระชับ

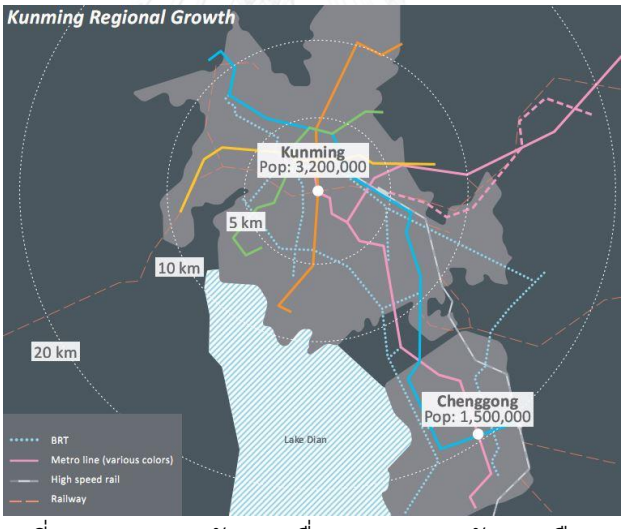
การพัฒนาเมืองกระชับ (Compact City) โดยการส่งเสริมการพัฒนาเมืองในเขตพื้นที่เมืองเดิมให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ลดการขยายตัวของเมือง พร้อมกับการกระจายบทบาทของเมืองศูนย์กลางเมือง และศูนย์กลางรองภายอย่างทั่วถึง เพื่อควบคุมการใช้ประโยชน์ทีดิน ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง สาธารณูปโภค และการให้บริการอื่นๆ (Tsinghua University School of Architecture, 2010)

7.1) ลดการขยายเมืองแนวราบโดยมุ่งเน้นการพัฒนาพื้นที่ชั้นในและโดยรอบเมืองเดิม

- การพัฒนาเมืองกระชับควรใช้วิธีการอนุรักษ์ ปรับปรุง และต่อเติมในพื้นที่เดิม โดยกำหนดความหนาแน่นให้เหมาะสมกับการรองรับประชากรในอนาคต
- การพัฒนาขึ้นใหม่นั้นควรหลีกเลี่ยงการพัฒนาบนที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทางธรรมชาติ

7.2) สร้างสมดุลของที่อยู่อาศัยและแหล่งงานด้วยการเดินทางระยะสั้น

- การพัฒนาเมืองใหม่ต้องมีรูปแบบของการสัญจรที่หลากหลาย ทั่วถึง และมีความสามารถในการรองรับจำนวนผู้โดยสารได้ในปริมาณมาก
- ที่ตั้งของศูนย์กลางแหล่งงานหลักสามารถเข้าถึงภายในระยะประมาณ 5 กิโลเมตร หรือภายในระยะเวลา 15 นาที ด้วยระบบขนส่ง
- สร้างศูนย์กลางแหล่งงานรองเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเดินทางกลับ (Reverse Commutes)



ภาพที่ 2-14 การวางผังภาคเพื่อลดการขยายตัวของเมืองและการสร้างความสมดุลของแหล่งงานกับที่อยู่อาศัย

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

8) การควบคุมการใช้ที่จอดรถยนต์และถนน

การควบคุมปริมาณการจราจรบนท้องถนน โดยการใช้มาตรการควบคุมจำนวนที่จอดรถกับบริเวณที่มีระบบขนส่งสาธารณะเข้าถึง พร้อมทั้งการดำเนินการใช้ค่าธรรมเนียมการใช้ถนนในชั่งโมงเร่งด่วนเพื่อแก้ไขปัญหาจราจร

8.1) จำกัดจำนวนที่จอดรถยนต์ในย่านการจ้างงานเพื่อควบคุมปริมาณการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน

- จำกัดจำนวนที่จอดรถในย่านแหล่งงานโดยมีสัดส่วน 0.2 คันต่อแรงงาน 1 คน
- ห้ามให้มีการจอดรถริมถนนซึ่งทำให้การจราจรติดขัดและลดความกว้างของถนน
- ยกเลิกเกณฑ์ขั้นต่ำที่จอดรถยนต์สำหรับอาคารที่อยู่อาศัย และกำหนดให้มีพื้นที่สำหรับการจอดรถในเมืองมากพอกับความต้องการการใช้รถยนต์ส่วนตัว

8.2) ปรับค่าธรรมเนียมโดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในแต่ละวันและจุดหมายปลายทาง

- มีหน่วยงานรับผิดชอบด้านการจราจรจำกัดจำนวนรถยนต์ในบริเวณสำคัญของเมืองและย่านการจ้างงานในช่วงเวลาเร่งด่วน
- เพิ่มค่าธรรมเนียมในการใช้บริการทางด่วนมากขึ้น เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น
- ค่าธรรมเนียมการจอดรถตามแต่ช่วงเวลาและสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน จะทำให้เกิดความคล่องตัวของการจราจรที่มีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 2-15 การใช้มาตรการเพื่อควบคุมปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคล

(ที่มา: Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development)

2.4) การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

2.4.1) การใช้พลังงานภายในอาคาร

การใช้พลังงานของอาคารสามารถแบ่งได้ 3 ระยะ ได้แก่ พลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุและการก่อสร้างอาคาร พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการใช้อาคาร และพลังงานที่ใช้ในการนำอาคารกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ในการรื้อถอนทำลาย โดยพลังงานที่ใช้ในอาคารส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการดำเนินการใช้อาคาร (Operating) มากที่สุด เนื่องจากอาคารมีระยะเวลาในการใช้งานตั้งแต่ 10 – 30 ปี หรือมากกว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการดำเนินการใช้ สามารถจำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พลังงานของระบบปรับอากาศ พลังงานของระบบส่องสว่าง และพลังงานอื่นๆ อาทิ การะบายอากาศ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และลิฟท์ เป็นต้น ทั้งนี้ จากข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ร่วมกับไจก้า พ.ศ. 2548 พบว่า การใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุดถึงร้อยละ 55 ถึง 65 ของการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมด

ตารางที่ 2-4 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น (%)	ระบบส่องสว่าง (%)	อื่นๆ (%)
สำนักงาน	55 - 60	25 - 30	15
โรงแรม	65	18	17
ศูนย์การค้า	62	23	15
สถานพยาบาล	55	25	20

ที่มา : พพ. และ ไจก้า, 2548

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.2) ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร

จากงานวิจัยการออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (สมสิทธ์ นิตยะ, 2541) ได้กล่าวถึง การใช้พลังงานภายในอาคารขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Site and Climate) อาคาร (Building) ระบบอาคาร (Building System) ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งาน (Users and Operation) ดังนี้

(1) สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Site and Climate)

การวิเคราะห์สภาพที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบ เพื่อให้ทราบถึงข้อจำกัดและประโยชน์ของพื้นที่ โดยศึกษาถึงสภาพภูมิอากาศ (Micro Climate) เพื่อการปรับปรุงให้ได้มาซึ่งอาคารประหยัดพลังงาน สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นจำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงองค์ประกอบทาง

ภูมิอากาศที่สำคัญต่อประสิทธิการใช้พลังงานงานของอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิ การถ่ายเทความร้อน รังสีจากดวงอาทิตย์ ความชื้น และกระแสลม

(2) อาคาร (Building)

องค์ประกอบของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ได้แก่ รูปทรง ทิศทาง และเปลือกของอาคาร เป็นปัจจัยซึ่งมีผลโดยตรงต่ออิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารจะแปรผันตามพื้นที่เปลือกอาคาร กล่าวคือ อาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารมากจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมากขึ้น ส่งผลให้การให้การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศเพิ่มสูงขึ้น

(3) ระบบอาคาร (Building System)

การใช้พลังงานของอาคารขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบการให้พลังงานต่างๆ ของอาคาร ซึ่งการประหยัดพลังงาน ควรออกแบบระบบของอาคารให้สามารถได้รับความเย็นของธรรมชาติ (Passive Cooling) รวมถึงการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคาร

(4) ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งาน (Users and Operation)

การใช้พลังงานของอาคารขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้ใช้งานอาคารและลักษณะการใช้งาน อาทิ กิจกรรมการทำงาน ที่อยู่อาศัย รวมถึงระยะเวลาการใช้งานของอาคารที่ต่างกัน

2.4.3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

การทบทวนวรรณกรรมเน้นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร เพื่อศึกษาถึงแนวทางในการลดการใช้พลังงานของอาคารและนำไปสู่การออกแบบชุมชนเมืองเพื่อการประหยัดพลังงานและสอดคล้องกับแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของอาคารจำเป็นต้องคำนึงถึงการลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศเป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นส่วนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดของอาคาร โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานของอาคาร ดังนี้

(1) การศึกษาเรื่องอิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

รูปทรงอาคารมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่ต่างๆ กัน โดยพบว่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่า (การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548)

ผังพื้นรูปวงกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index; EUI) ต่ำ และทิศทางการวางอาคารมีผลกับอาคารรูปแบบนี้น้อย เนื่องจากแต่ละด้านมีรูปร่างเหมือนกัน ขณะที่รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่า EUI มากกว่า และทิศทางการวางอาคารมีผลกับอาคารรูปแบบนี้น้อย (อุโรชา เจียรนัยพานิชย์, 2555)

ค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานมีชั่วโมงการใช้งานในเวลากลางวัน จึงได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาทำให้มีอุณหภูมิภายในอาคารมากกว่าอาคารชุดพักอาศัยที่มีการใช้งานในเวลากลางคืน การบังแดดด้วยเงาอาคารจึงไม่มีผลใดๆ แต่อัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยยังคงมีผลต่อการใช้พลังงานอยู่ (ใยชมพู นาคประสิทธ์, 2557)

(2) การศึกษาเรื่องอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (Window to Wall Ratio; WWR) มากขึ้น ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะสูงขึ้น (วิรดา ดีราษฎร์วิเศษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2556)

อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังมีผลต่อด้านเทคนิคและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการเลือกใช้วัสดุแต่ละประเภท โดยผลการวิจัยพบว่า อาคารที่มีค่า WWR ไม่เกินร้อยละ 20 ผู้ออกแบบอาจเลือกใช้กระจกธรรมดา ซึ่งสามารถผ่านค่า OTTV ตามกฎหมายกำหนดไว้ได้ (สิวิชญา ดาวประกายมงคล, 2552)

(3) การศึกษาเรื่องอิทธิพลของวัสดุเปลือกอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

วัสดุเปลือกอาคารทั้งที่เป็นส่วนทึบและโปร่งแสงสำหรับประเทศไทยควรเลือกวัสดุที่ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Transmission Coefficient) หรือ U-Value ต่ำ (การุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548)

การติดฉนวนสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ และควรเลือกให้เหมาะสมกับช่วงเวลาใช้งานอาคาร โดยการติดตั้งฉนวนภายในสามารถช่วยลดพลังงานในการ ทำความเย็นได้มากกว่าฉนวนภายนอก (กษิดา ชำนาญดี, 2554)

(4) การศึกษาเรื่องอิทธิพลของการบังแดดต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

กันสาด หรือแผงกันแดดแนวนอนและแนวตั้ง มีผลต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็น สามารถประหยัดพลังงานในการทำความเย็นได้ประมาณร้อยละ 20 (Cho, Kim, & Yoo, 2014)

ผลกระทบของเงาต้นไม้มีผลต่อการใช้พลังงานในการทำความร้อนและความเย็นของอาคาร เนื่องจากการใช้ต้นไม้ผลัดใบทำให้ต้นไม้บังแดดในหน้าร้อน ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และผลัดใบในหน้าหนาวทำให้ได้รับความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถลดการใช้พลังงานในการทำความร้อนได้ (Bologun, Morakinyo, & Adegun, 2014)

พื้นที่ของเงาตกทอดที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับวัน เวลา และที่ตั้ง รวมถึงรูปทรงและความสูงของอาคาร (ขจรฤทธิ์, 2552)

ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงและอาคารฝั่งตรงข้าม สามารถลดค่าการใช้พลังงานของอาคาร (EUI) ได้ โดยการการบังเงาจากด้านตะวันตกสามารถลดการใช้พลังงานได้ดีที่สุด (วศิน จิรสัชฌกรม, 2558)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5) สรุปกรอบแนวความคิดในการวิจัย

จากแผนและนโยบายการว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งในระดับประเทศ และกรุงเทพมหานครแสดงให้เห็นว่า ภาคพลังงานเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากฟอสซิล โดยแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 – 2566 ได้ให้ความสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน โดยมุ่งเน้นให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานทดแทน และมีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอาคารและสิ่งปลูกสร้างเป็นสำคัญ

แนวความคิดการวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ และการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ สามารถสรุปกรอบแนวความคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนได้ทั้งหมด 5 ประการดังนี้

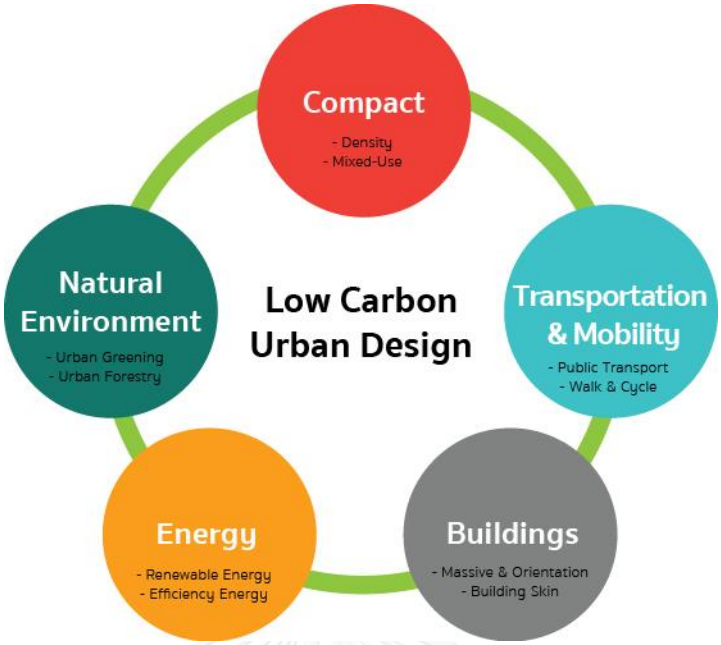
1) การพัฒนาเมืองให้มีความกระชับ (Compact) โดยการเพิ่มความหนาแน่นและการผสมผสานการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อลดการใช้พลังงานในการเดินทาง และส่งเสริมการใช้ที่ดินภายในเมืองให้มีประสิทธิภาพ

2) การคมนาคมขนส่ง (Transportation & Mobility) ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ การเดินและจักรยาน เพื่อลดการพึ่งพายานพาหนะส่วนบุคคล

3) อาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Buildings) โดยการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร และการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

4) พลังงาน (Energy) ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานขยะ เป็นต้น เพื่อลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากฟอสซิลและการบริหารจัดการพลังงานในพื้นที่เมืองอย่างมีประสิทธิภาพ และ

5) การเพิ่มที่ทางธรรมชาติ (Natural Environment) เพื่อผลต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสร้างภูมิทัศน์ที่ดีให้กับพื้นที่เมือง



ภาพที่ 2-16 แนวคิดการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ

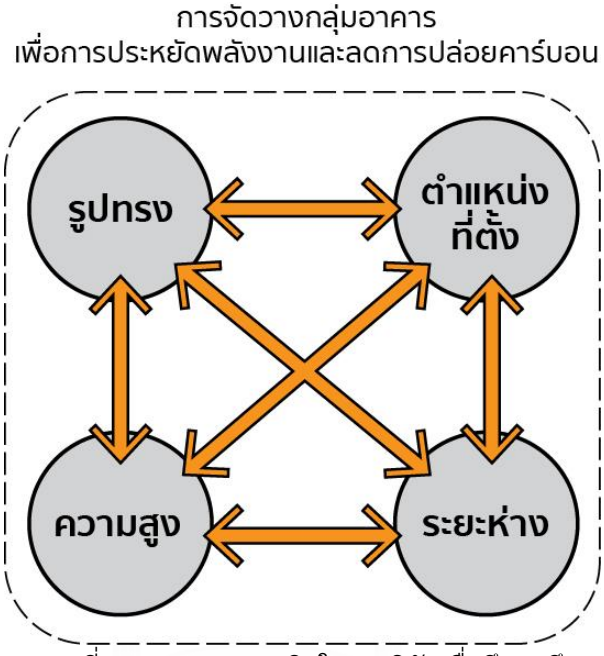
ที่มา : ประมวลจาก Low-Carbon Indicator System-Sino: Evaluation Low-Carbon City Development Level in China, 2016 และ Low Carbon City Design, Principles and Practices for China's Next Generation of Growth

โดยการศึกษาของงานวิจัยมุ่งเน้นความสำคัญการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด สอดคล้องกับแผนนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการอนุรักษ์พลังงาน ในทิศทางของการพัฒนาอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ ในการลดการใช้พลังงานของอาคารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาได้ให้ความสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เนื่องจากเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดของอาคาร และมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการลดการใช้พลังงานและคาร์บอนของย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นเขตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดของกรุงเทพฯ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานอาคารที่เหมาะสมกับการออกแบบเมืองเพื่อการประหยัดพลังงานของพื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร อาจเลือกใช้ประโยชน์ของเงาอาคารข้างเคียง เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นที่ตั้งของอาคารสำนักงานขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดข้อได้เปรียบจากผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง และมีสมติฐานที่ว่าการออกแบบกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจากผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สอดคล้องกับแผนนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการลดการใช้พลังงานของประเทศไทยและกรุงเทพมหานครได้

โดยมีกรอบการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง ได้แก่ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของอาคาร เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากปัจจัยดังกล่าว และเสนอถึงแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของพื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร



ภาพที่ 2-17 กรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อศึกษาถึง
แนวทางการวัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1) การทบทวนวรรณกรรม

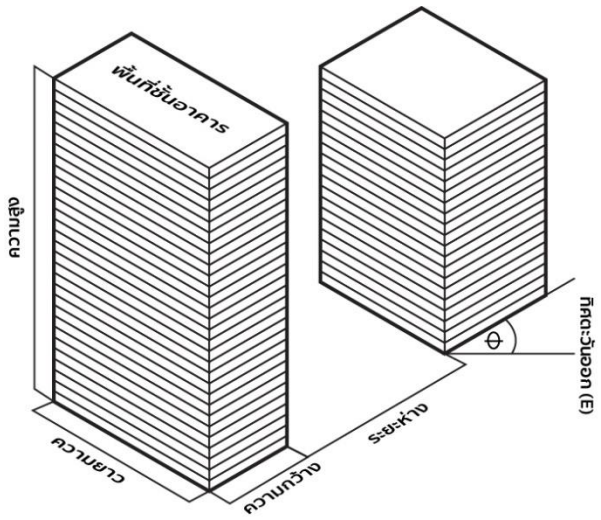
ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับแผนนโยบาย การวางผังเมืองคาร์บอนต่ำ การออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยในการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

3.2) การสำรวจพื้นที่ศึกษา

จากการทบทวนเอกสารทางวิชาการและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคารที่มีผลต่อการออกแบบลักษณะทางกายภาพสรุปได้ว่า การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานประกอบด้วยการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ระบบส่องสว่าง และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการใช้พลังงานในการทำความเย็นมีสัดส่วนของการใช้พลังงานสูงที่สุดของการใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร สาเหตุดังกล่าวเกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารจึงส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมากขึ้นตามไปด้วย

เพราะฉะนั้น การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้ประโยชน์ของเงาอาคารข้างเคียงซึ่งกันและกันของอาคารสูง มีความเป็นไปได้ที่จะช่วยประหยัดพลังงานของอาคาร โดยงานวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางกายภาพต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคาร ประกอบด้วย รูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร โดยมีรายละเอียดการสำรวจองค์ประกอบทางกายภาพ (ภาพที่ 3-1) ดังนี้

- **รูปทรง** : พื้นที่ต่อชั้น ความกว้างและความยาวของอาคาร และอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาว (Shape Factor หรือ SF)
- **การวาง** : สำรวจลักษณะการวางอาคารและองศาการวางอาคารเทียบกับทิศทางตามภูมิศาสตร์ รวมถึงเงื่อนไขในการวางอาคาร
- **ความสูง** : ความสูงและจำนวนชั้นรวมของอาคาร
- **ระยะห่าง** : ระยะห่างระหว่างอาคารสูงที่ใกล้กัน ทั้งในแปลงที่ดินเดียวกัน และแปลงที่ดินติดกัน



ภาพที่ 3-1 การสำรวจลักษณะกายภาพของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานและคาร์บอนของอาคารในพื้นที่ศึกษา

ทั้งนี้ การคัดเลือกอาคารสูงจะพิจารณาจาก

- อาคารที่จัดเป็นอาคารขนาดขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง อาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ว่าด้วยกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และ
- มีลักษณะความสูงของอาคารที่เด่นชัดหรือเป็นอาคารทาวเวอร์ที่มีความสูงตั้งแต่ 20 ชั้น ขึ้นไป เนื่องจากเป็นอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูงที่สามารถสร้างร่มเงาให้แก่อาคารข้างเคียงได้มากที่สุด

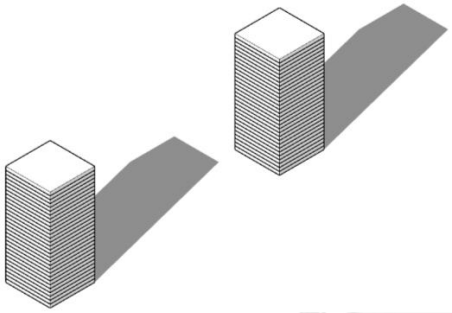
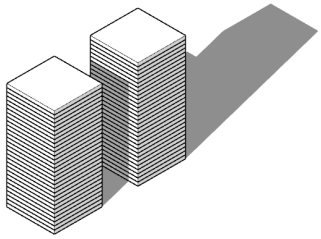
ผลการสำรวจลักษณะกายภาพอาคารของพื้นที่ศึกษาจะนำไปใช้เพื่อกำหนดแบบจำลองอาคารที่เหมาะสมต่อการทดลองของงานวิจัย เพื่อหาค่าบรรทัดฐานของอาคาร (Building Norm) ในแต่ละปัจจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ยความสูง ค่าเฉลี่ยพื้นที่ชั้น ค่าเฉลี่ยความกว้าง ค่าเฉลี่ยความยาว และค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร เพื่อสร้างแบบจำลองอาคารที่เหมาะสมต่อการนำไปศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างอาคารต่อค่าการใช้พลังงานและคาร์บอนจากผลกระทบของเงาอาคารในพื้นที่ศึกษา สีลม-สาทร

3.3) วิธีการวิจัยและการออกแบบการทดลอง

3.3.1) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จำลองการใช้พลังงานของอาคารโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0 โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อประมลผลค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและระบบส่องสว่างของอาคาร โดยการเปรียบเทียบกรณีที่การวางกลุ่มอาคารให้ไม่ได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน (Baseline) และกรณีที่การวางกลุ่มอาคารให้ได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน (Proposed) เพื่อประมวลเป็นค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e)

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบกรณีความสัมพันธ์ของอาคารที่ได้และไม่ได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน

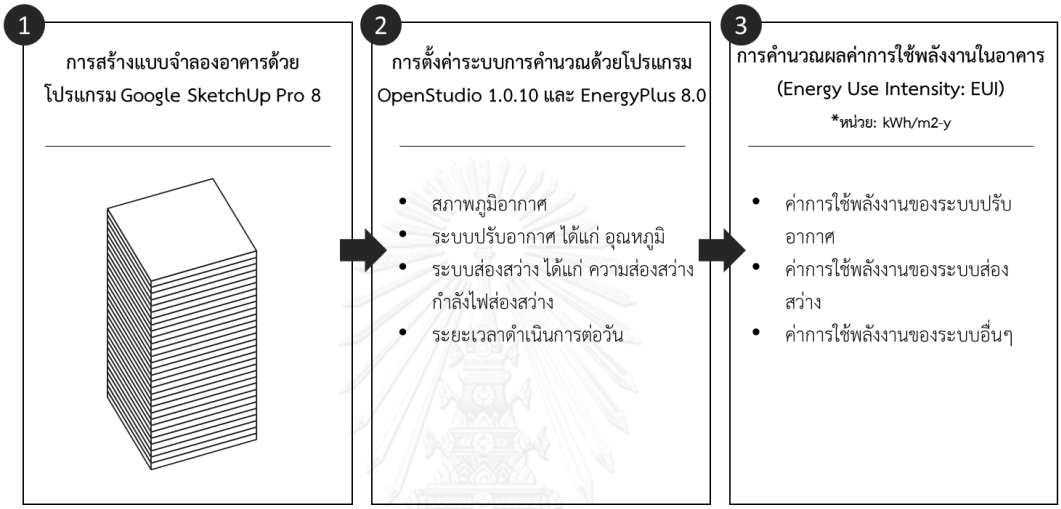
	
กลุ่มอาคารที่ไม่ได้รับผลกระทบของเงาซึ่งกันและกัน	**กลุ่มอาคารที่ได้รับผลกระทบของเงาซึ่งกันและกัน**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการคำนวณผลค่าการใช้พลังงานในอาคาร (EUI) นั้นประกอบไปด้วยทั้งหมด 2 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างแบบจำลองอาคาร การตั้งค่าระบบการคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร และการคำนวณผลค่าการใช้พลังงานในอาคาร

1) **การสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม** Google SketchUp Pro 8 เพื่อขึ้นรูปทรงของอาคาร อาทิ พื้นที่ชั้น ความสูง ช่องเปิด และลักษณะกายภาพของอาคารต่างๆ เป็นต้น
2) **การตั้งค่าระบบในการคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร** ด้วยโปรแกรม Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0 โดยการตั้งค่าระบบส่วนที่สำคัญได้แก่ สภาพภูมิอากาศ การทำงานของระบบปรับอากาศ การทำงานของระบบส่องสว่าง และระยะเวลาดำเนินการของอาคารในแต่ละวัน

3) **การคำนวณผลค่าการใช้พลังงานในอาคาร** คือ ขั้นตอนที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลแบบจำลองอาคาร ประกอบกับการตั้งค่าระบบการคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคารต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งจะได้ผลการคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร ได้แก่ ค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่าง และค่าการใช้พลังงานของระบบอื่นๆ อาทิ อุปกรณ์อิเล็กโทรนิกส์ และลิฟท์ เป็นต้น



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการคำนวณผลค่าการใช้พลังงานในอาคาร

ทั้งนี้ การทดลองศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานของอาคารจากผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง โดยกำหนดให้มีการใช้ระบบเซนเซอร์ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและค่าความส่องสว่าง ซึ่งค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและระบบส่องสว่างจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลกระทบของเงาที่ได้รับ ซึ่งมีการตั้งค่าระบบดังนี้

1) ระบบปรับอากาศ (Heating, Ventilation and Air Conditioning หรือ HVAC)

กำหนดให้มีการปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

2) ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ (Lighting Control)

ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติเลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสง โดยติดตั้งที่จุดกึ่งกลางของแต่ละชั้นอาคาร กำหนดให้สูงจากพื้น 0.80 เมตร ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่เหมาะสมกับอาคารสำนักงานเท่ากับ 500 lux ซึ่งกำหนดให้มีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างเท่ากับ 14 วัตต์

ต่อตารางเมตร (กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552)

ตารางที่ 3-2 การกำหนดการใช้งานของระบบปรับอากาศและระบบควบคุมแสงสว่าง

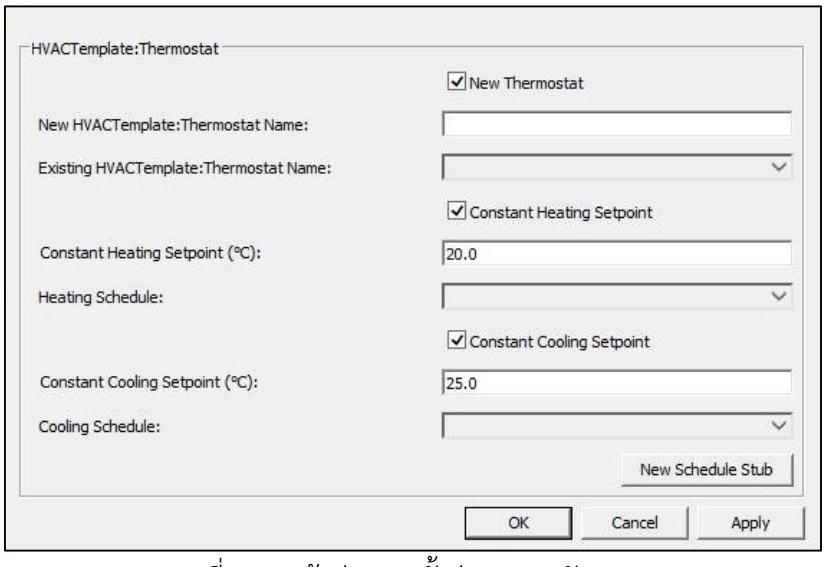
การตั้งค่าระบบ	รายละเอียด
1. ระบบปรับอากาศ	อุณหภูมิ 25 °C
2. ระบบควบคุมแสงสว่าง	ค่าความส่องสว่าง 500 lux ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างเท่ากับ 14 วัตต์ ต่อตารางเมตร

นอกจากนี้ การตั้งค่าของโปรแกรมในด้านต่างๆ ประกอบไปด้วย จำนวนผู้ใช้งานต่อพื้นที่ใช้สอย ระยะเวลาดำเนินการของอาคาร และสภาพภูมิอากาศ โดยมีการกำหนดการตั้งค่าดังนี้

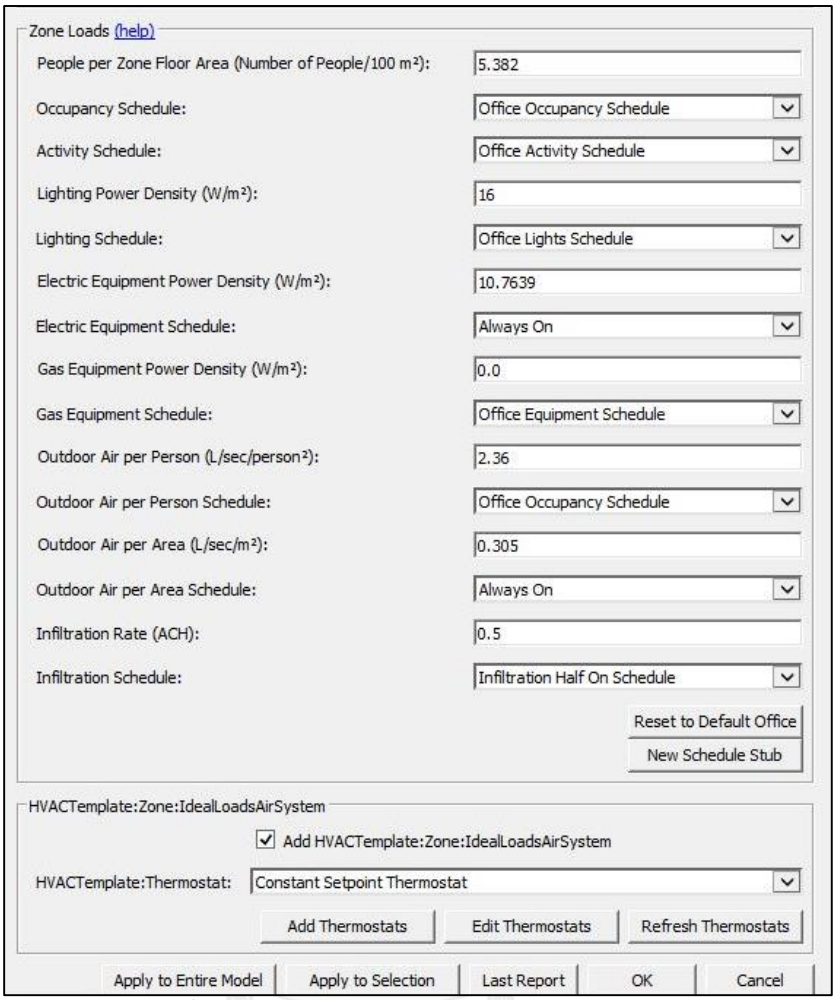
ตารางที่ 3-3 การกำหนดการใช้งานของระบบปรับอากาศและระบบควบคุมแสงสว่าง

การตั้งค่าระบบ	รายละเอียด
1. จำนวนผู้ใช้งานต่อพื้นที่ใช้สอย	5.38 คน ต่อ 100 ตารางเมตร
2. ระยะเวลาดำเนินการของอาคาร	8.00 – 17.00 น.
3. สภาพภูมิอากาศ	กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

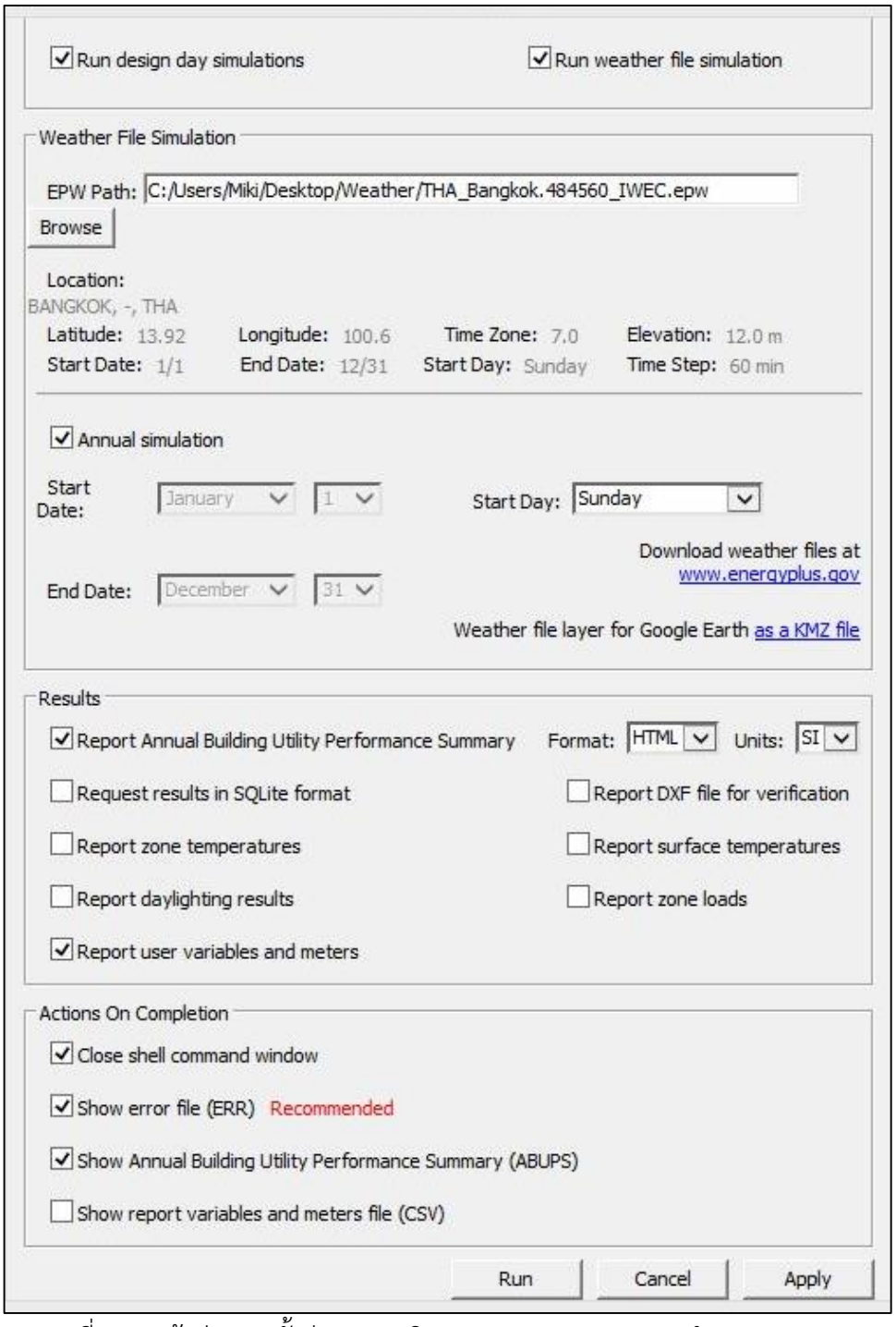


ภาพที่ 3-3 หน้าต่างการตั้งค่าระบบปรับอากาศ



ภาพที่ 3-4 หน้าต่างการตั้งค่าระบบการคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3-5 หน้าต่างการตั้งค่าสภาพภูมิอากาศและระยะเวลาการทำงานของอาคาร

3.3.2) การออกแบบการทดลอง

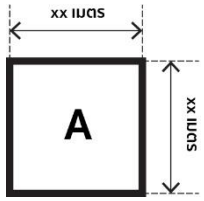
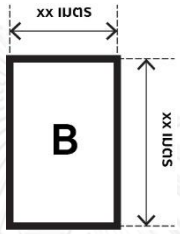
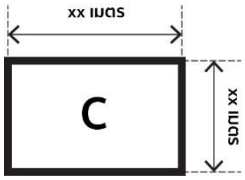
ขั้นตอนการออกแบบการทดลองจะพิจารณาจากแบบจำลองที่ได้จากผลการสำรวจของพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร (กลุ่ม

อาคาร หมายถึง ความสัมพันธ์ของอาคาร a และ b) ต่อประสิทธิการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอน โดยวิธีการดังนี้

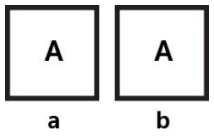
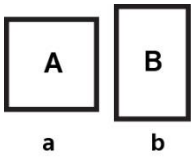
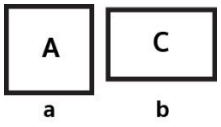
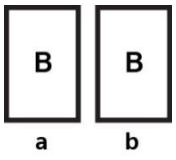
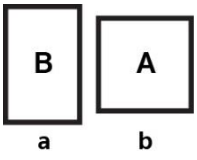
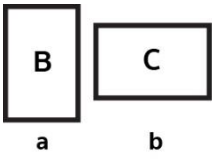
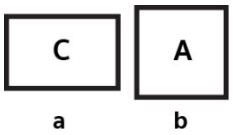
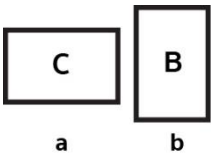
3) รูปทรงอาคาร

กำหนดรูปทรงอาคารที่ได้จากการสำรวจพื้นที่ศึกษา เช่น รูปทรง A, B และ C จะใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร a และ b ต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังและคาร์บอนจากผลกระทบของเงาอาคารในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการกำหนดรูปทรงอาคารที่ใช้ในการทดลองจากผลการสำรวจพื้นที่ศึกษา

		
A	B	C

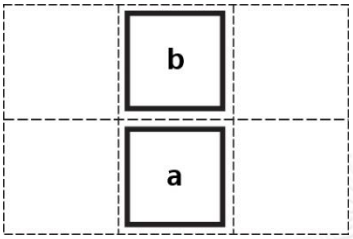
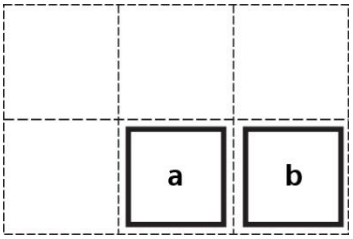
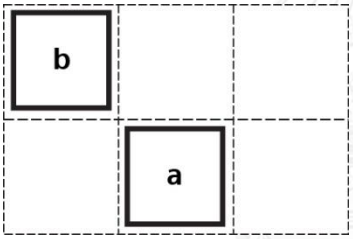
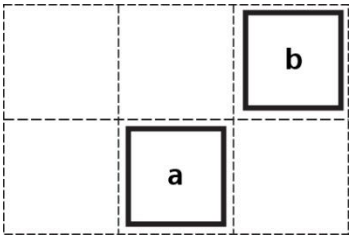
ตารางที่ 3-5 การกำหนดความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร a และ b หรือกลุ่มอาคาร

		
A-A	A-B	A-C
		
B-B	B-A	B-C
		
C-C	C-A	C-B

4) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร ทั้งหมด 4 กรณี ประกอบด้วย ทิศเหนือ-ใต้ (N-S) ทิศตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NE-SW)

ตารางที่ 3-6 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

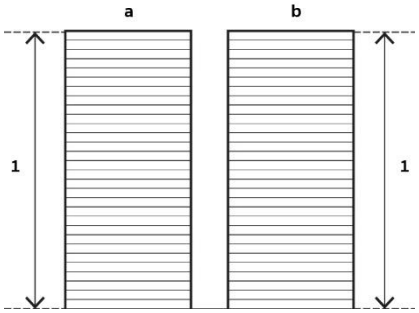
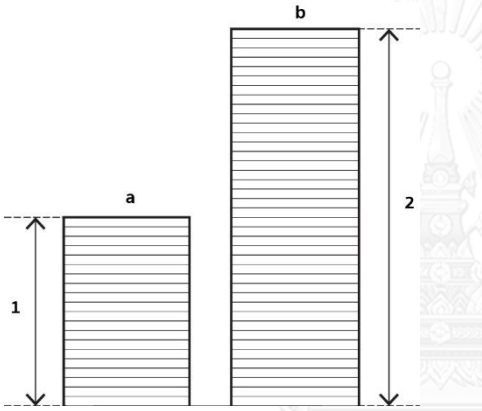
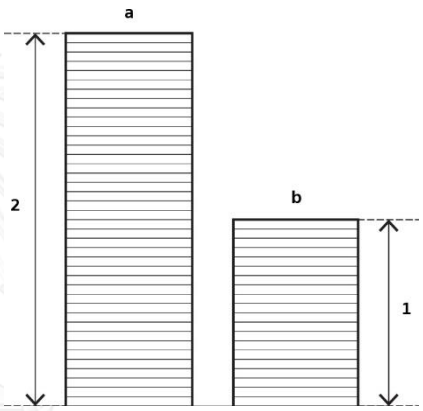
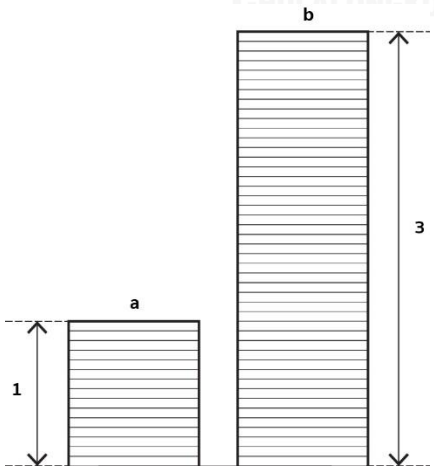
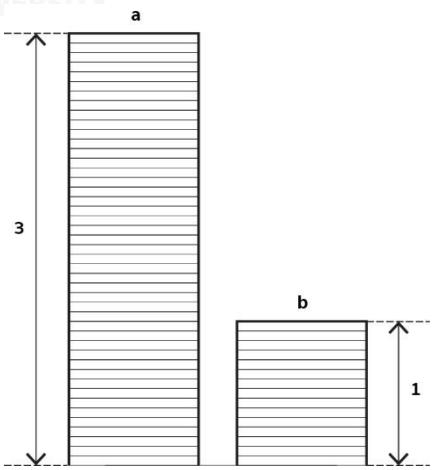
	
แนวเหนือ-ใต้ (N-S)	**แนวตะวันวันออก-ตะวันตก (E-W)**
	
แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE)	**แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ความสูงของกลุ่มอาคาร

ความสูงของกลุ่มอาคารพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความสูงของอาคาร a และ b หรือ H(a) : H(b) ทั้งหมด 5 กรณี ประกอบด้วย 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, 1 : 3 และ 3 : 1 โดยแต่ละกรณีกำหนดให้มีพื้นที่อาคารรวมเท่ากัน

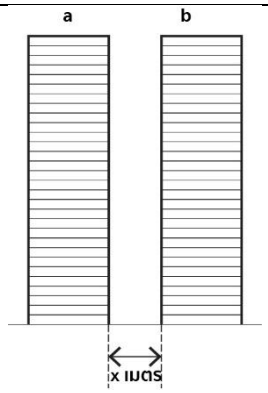
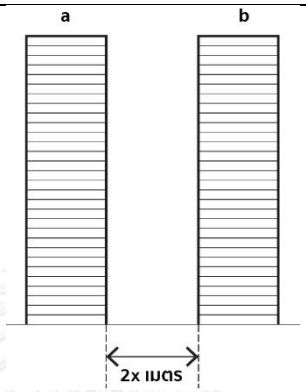
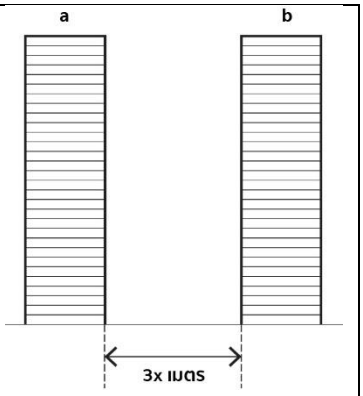
ตารางที่ 3-7 อัตราส่วนระหว่างความสูงของกลุ่มอาคาร

<table>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2</td><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 3</td><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1</td></tr>
</table>

6) ระยะห่างของกลุ่มอาคาร

ระยะห่างของกลุ่มอาคารที่ใช้ในการทดลองจะพิจารณาจากการสำรวจของพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาจะแบ่งระยะห่างระหว่างของกลุ่มอาคารออกเป็นแต่ละช่วง เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอนของอาคาร

ตารางที่ 3-8 ระยะห่างของกลุ่มอาคาร

		
ระยะห่างที่ x เมตร	**ระยะห่างที่ 2x เมตร**	**ระยะห่างที่ 3x เมตร**

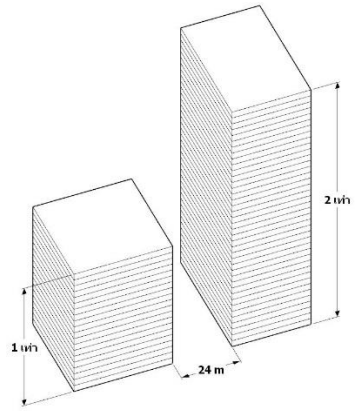
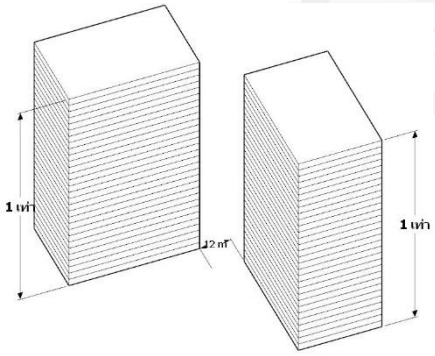
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3) วิธีการกำหนดชื่อของการทดลอง

เนื่องจากงานวิจัยมีการศึกษาความสัมพันธ์หลายปัจจัย จำเป็นต้องมีการกำหนดชื่อของการทดลองเพื่อให้สะดวกแก่การสื่อสารในแต่ละกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร ตามวิธีการเรียงลำดับความสัมพันธ์ดังนี้

รูปทรง / การวาง / ความสูง / ระยะห่าง

ตารางที่ 3-9 ตัวอย่างการกำหนดชื่อของการทดลอง

A-B / E-W / 1 : 2 / 24	ความหมาย
	● ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร A และ B ● มีตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารในแนวตะวันออก-ตะวันตก ● มีอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร หรือ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2 และ ● มีระยะห่างของกลุ่มอาคาร เท่ากับ 24 เมตร
B-C / NE-SW / 1 : 1 / 12	**ความหมาย**
	● ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร B และ C ● มีตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ● มีอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร หรือ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 และ ● มีระยะห่างของกลุ่มอาคาร เท่ากับ 12 เมตร

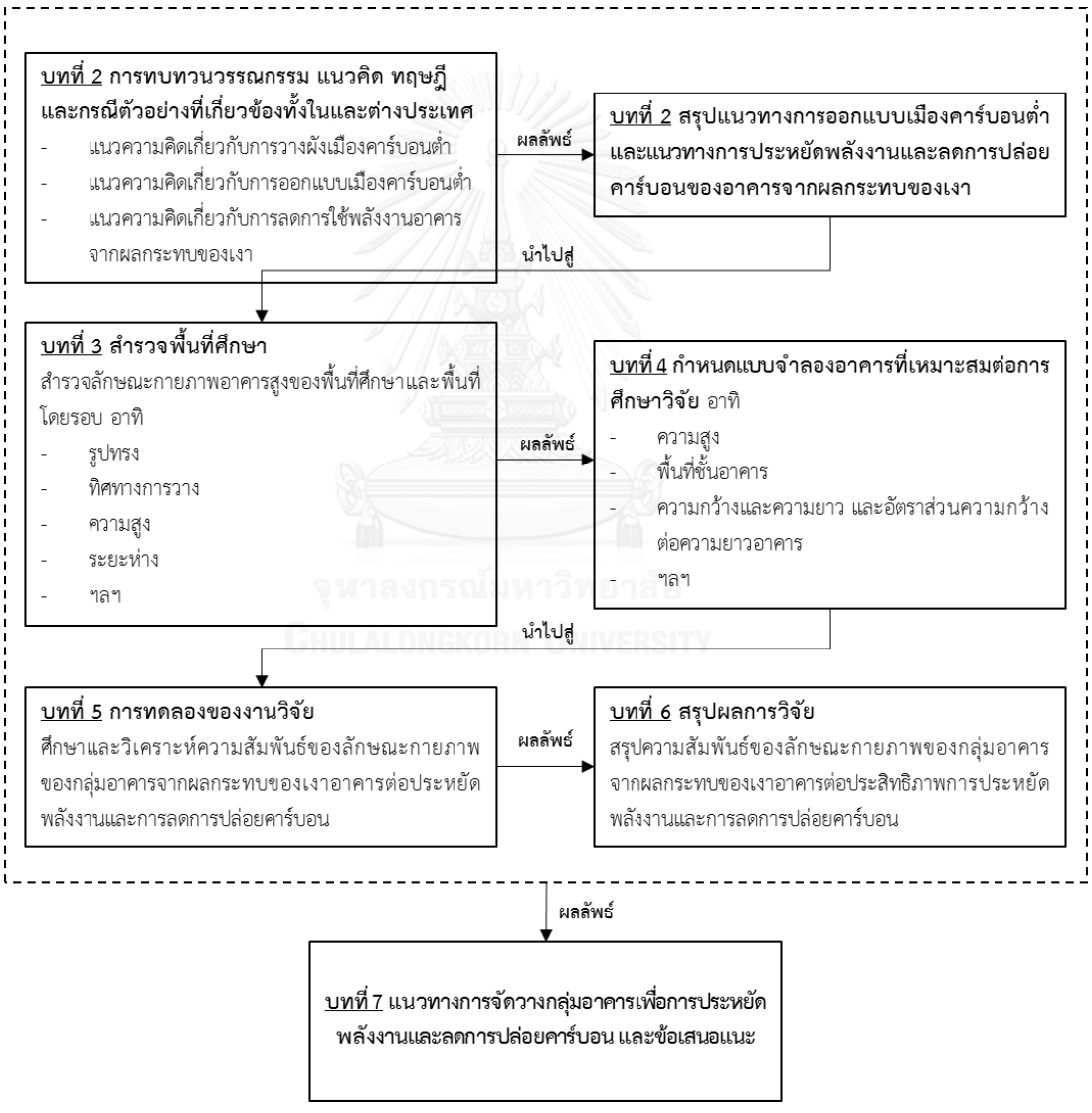
3.4) สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยจากผลการทำลองในการตอบสมมติฐานของงานวิจัยในเรื่องผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ และระบบส่องสว่าง รวมถึงปัจจัยทางกายภาพของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร อาทิ รูปทรง ตำแหน่ง

ที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร เป็นต้น เพื่อสรุปเป็นแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารในเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมสีลม-สาทร

3.5) แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอน

เสนอแนะแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอน อาทิ การเลือกรูปทรงอาคาร ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

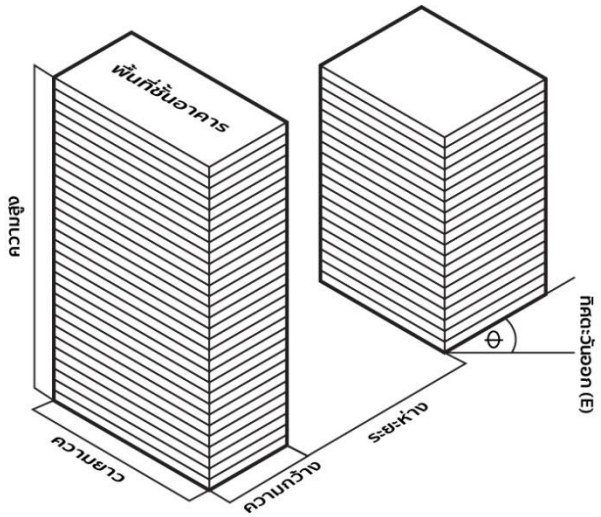


ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
การสำรวจพื้นที่ศึกษาและการออกแบบการทดลอง

4.1) การสำรวจพื้นที่ศึกษา

การสำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารในพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกายภาพอาคารเพื่อใช้ในการกำหนดรูปแบบของอาคารที่เหมาะสมต่อการทดลองของงานวิจัย ทั้งนี้ รูปแบบอาคารดังกล่าวจะเป็นแบบจำลองในการศึกษาและวิเคราะห์ถึงลักษณะกายภาพของกลุ่มอาคารในลำดับต่อไป



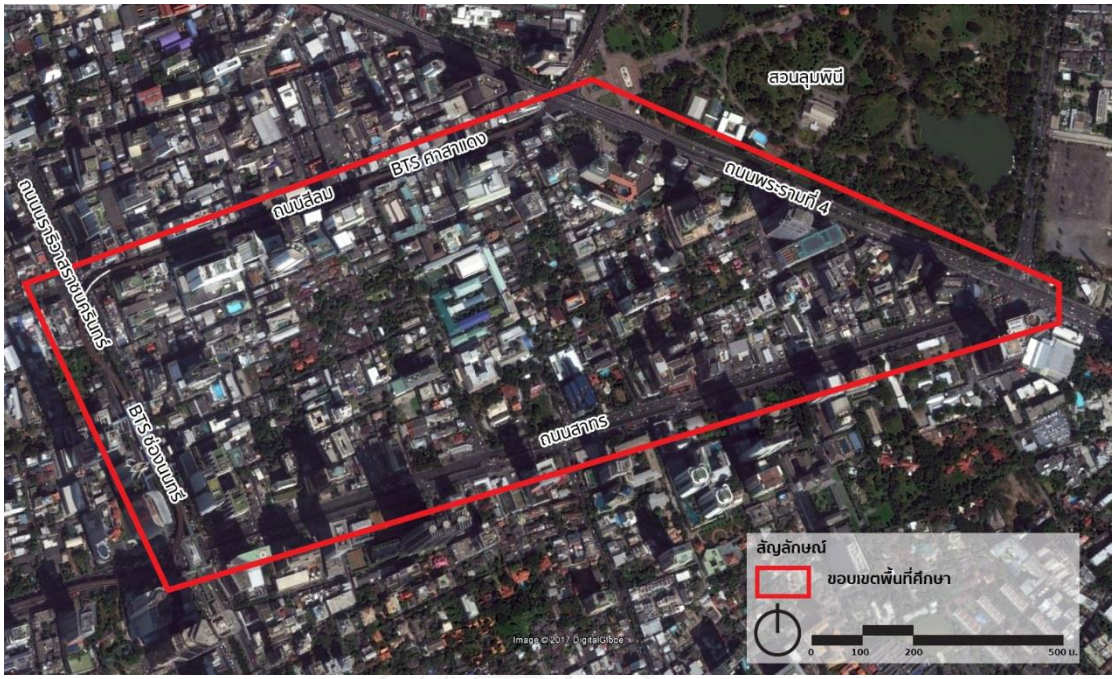
ภาพที่ 4-1 การสำรวจลักษณะกายภาพของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในพื้นที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.1) บทบาทความสำคัญและศักยภาพของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร ตั้งอยู่ใจกลางเมืองของกรุงเทพมหานคร มีบทบาทสำคัญเป็นย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม (Central Business District หรือ CBD) ของกรุงเทพมหานคร (พ.5) มีค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio หรือ FAR) เท่ากับ 10:1 ประกอบกับการเดินทางที่สามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวกจากระบบขนส่งมวลชนทางราง 4 สายทาง ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสีลม สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินลุมพินี สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสช่องนนทรี และสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสศาลาแดง ความสำคัญดังกล่าวทำให้พื้นที่สีลม-สาทร มีการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอาคารสำนักงาน โรงแรม และอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ที่กระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา กลุ่มอาคารดังกล่าวทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงาซึ่งสามารถช่วยลดอุณหภูมิความร้อนเข้าสู่อาคารข้างเคียง ส่งผลให้การใช้พลังงานใน

การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง และพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอาคารส่งผลให้การปล่อยคาร์บอนลดลงได้



ภาพที่ 4-2 พื้นที่ศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

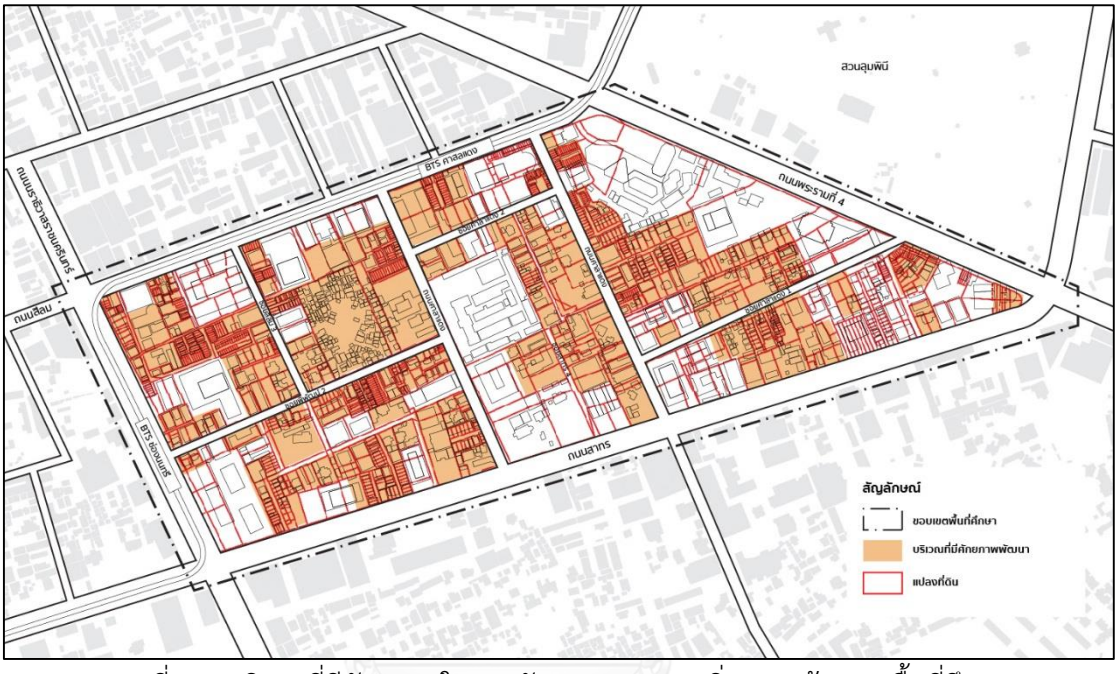
ที่มา : map.google.com (สืบค้น ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560)

ภาพที่ 4-3 กลุ่มอาคารธุรกิจและพาณิชยกรรมของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร

ที่มา : www.thinkofliving.com (สืบค้น ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560)

จากการสำรวจพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (ภาพที่ 4-4) ให้เป็นไปตามผังเมืองรวมกำหนด FAR เท่ากับ 10 : 1 พบว่า มีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ประมาณ 357,519 ตารางเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 53.57 ของพื้นที่ทั้งหมด หมายความ

ว่า พื้นที่สีลม-สาทร ยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งหมายความว่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในอนาคตจะสูงขึ้น เพราะฉะนั้น เพื่อลดการใช้พลังงานของอาคาร โดยการออกแบบการจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียง มีโอกาสที่จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและและลดการปล่อยคาร์บอนจากความต้องการพัฒนาในอนาคตได้



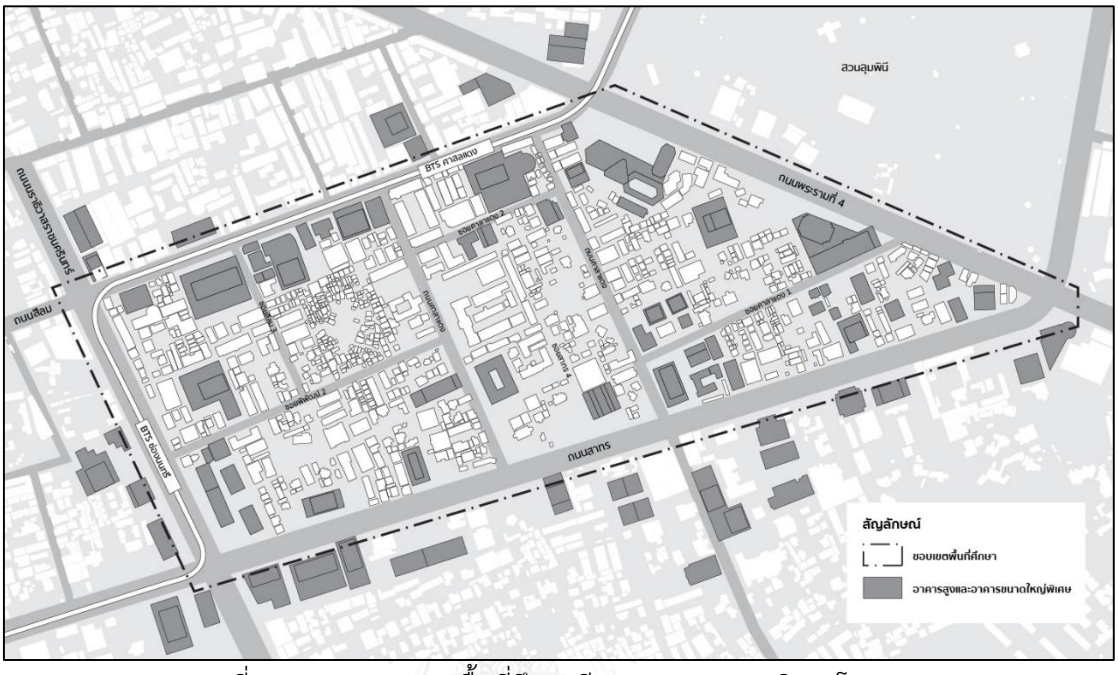
ภาพที่ 4-4 บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างของพื้นที่ศึกษา

4.1.2) ลักษณะทางกายภาพอาคารสูงของพื้นที่ศึกษา

1) รูปทรงอาคาร

การสำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารสูงพิจารณาจากอาคารที่จัดเป็นอาคารขนาดขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง อาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ว่าด้วยกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และมีความสูงของอาคารที่เด่นชัดหรือเป็นอาคารทาวเวอร์ที่มีความสูงตั้งแต่ 20 ชั้น ขึ้นไป เนื่องจากเป็นอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูงที่สามารถสร้างร่มเงาให้แก่อาคารข้างเคียงได้มากที่สุด ซึ่งจะทำการสำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ ได้แก่ ความสูงสุทธิของอาคาร (Building Height) พื้นที่ชั้นอาคาร (Floor Plate) ความกว้างของอาคาร (Width) ความยาวของอาคาร (Length) และอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร (Shape Factor หรือ SF) เพื่อหาค่าบรรทัดฐานของอาคาร (Building Norm) ในแต่ละปัจจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ยความสูง ค่าเฉลี่ย

พื้นที่ฐาน ค่าเฉลี่ยความกว้าง ค่าเฉลี่ยความยาว และค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างต่อความยาวของอาคาร เพื่อสร้างแบบจำลองอาคารที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์การใช้พลังงานของอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร



ภาพที่ 4-5 อาคารสูงของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร และบริเวณโดยรอบ

ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารตามเงื่อนไขที่กำหนดพบว่า มีอาคารสูงทั้งหมด 45 อาคาร ส่วนใหญ่เป็นอาคารที่มีการใช้ประโยชน์เป็นอาคารสำนักงาน มีความสูงของอาคารรวมตั้งแต่ 60 – 310 เมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยความสูงที่ 109 เมตร หรือประมาณ 30 ชั้นอาคาร พื้นที่ฐานอาคารมีขนาดตั้งแต่ 700 – 2,930 ตารางเมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยพื้นที่ฐานอาคารที่ 1,644 ตารางเมตร มีความกว้างของอาคารตั้งแต่ 23 – 52 เมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยความกว้างของอาคารที่ 33 เมตร มีความยาวของอาคารตั้งแต่ 28 – 115 เมตร และมีค่าเฉลี่ยความยาวของอาคารที่ 49 เมตร และมีอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคาร (Shape Factor หรือ SF) ตั้งแต่ 0.9 – 2.9 คิดเป็นค่าเฉลี่ย SF เท่ากับ 1 : 1.5

ตารางที่ 4-1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพอาคารสูงในพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบสีลม-สาทร

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	ความสูง (ม.)	ฐานอาคาร (ตร.ม.)	ความกว้าง (ม.)	ความยาว (ม.)	ความกว้างต่อความยาว
1	Silom Complex Building	96	1600	40	40	1 : 1.0
2	RHB Bank Liberty Square	90	1600	30	53	1 : 1.8

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	ความสูง (ม.)	ฐานอาคาร (ตร.ม.)	ความกว้าง (ม.)	ความยาว (ม.)	ความกว้างต่อความยาว
3	CP Tower	104	1880	43	44	1 : 1.0
4	United Center	187	1600	40	40	1 : 1.0
5	Bangkok Bank PCL.	130	2930	35	84	1 : 2.4
6	393 Silom Building	60	2000	40	50	1 : 1.3
7	Diamond Tower	45	1600	35	46	1 : 1.3
8	Trinity Complex	80	1500	32	47	1 : 1.5
9	Sathorn Thani Complex	120	1800	26	69	1 : 2.7
10	Sathorn Thani Building 1	60	1300	26	50	1 : 1.9
11	Sathorn Thani Building 2	60	1300	26	50	1 : 1.9
12	The Embassy of the Sultanate of Oman	130	1300	30	43	1 : 1.4
13	TISCO	75	1600	27	59	1 : 2.2
14	Smooth Life Tower	75	1200	23	52	1 : 2.3
15	Bandara Residence1	80	700	25	28	1 : 1.1
16	Bandara Residence2	80	700	25	28	1 : 1.1
17	Suwan Tower	65	950	29	33	1 : 1.1
18	HSBC	150	2500	43	58	1 : 1.4
19	Hotel SO Sofitel Bangkok	60	1200	30	40	1 : 1.3
20	Srifueang Fung Building	60	1200	25	48	1 : 1.9
21	Dusit thani1	75	1600	40	40	1 : 1.0
22	Dusit thani2	45	1600	28	57	1 : 2.0
23	Abdulrahim Building	135	1350	30	45	1 : 1.5
24	Crowne Plaza Bangkok Lumpini Park	120	2400	52	46	1 : 0.9
25	Q House Lumpini	200	2000	45	44	1 : 1.0
26	Q.House Sathorn	105	1300	33	39	1 : 1.2
27	YWCA Tower	105	2200	48	46	1 : 1.0
28	Thai Wah Tower	75	1900	34	56	1 : 1.6
29	Sathorn Gardens1	135	1300	30	43	1 : 1.4
30	Sathorn Gardens2	135	1300	30	43	1 : 1.4
31	Marriott Executive Apartments Bangkok	105	1000	29	34	1 : 1.2
32	Sathorn Vista, Bangkok	105	1000	29	34	1 : 1.2
33	Urbana Sathorn	130	1100	33	33	1 : 1.0
34	The Met	230	2490	33	75	1 : 2.3
35	Asia Center Building	84	1600	30	53	1 : 1.8
36	UOB Asset Management Thailand	84	2300	30	77	1 : 2.6
37	Bangkok City Tower	75	1250	23	54	1 : 2.4
38	Empire Tower	210	4600	40	115	1 : 2.9
39	Rajanakarn Building	110	2100	36	58	1 : 1.6
40	Sathorn Square	182	2200	32	69	1 : 2.1
41	The Infinity	144	1400	33	42	1 : 1.3
42	Mahanakorn	310	1650	40	41	1 : 1.0

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	ความสูง (ม.)	ฐานอาคาร (ตร.ม.)	ความกว้าง (ม.)	ความยาว (ม.)	ความกว้างต่อความยาว
43	Thaniya Building	33	1260	32	39	1 : 1.2
44	Thaniya Plaza	90	1000	30	33	1 : 1.1
45	AIA Sathorn Tower	90	1600	40	40	1 : 1.0
ค่าเฉลี่ย		**109**	**1644**	**33**	**49**	**1 : 1.5**

ที่มา : จากการสำรวจ ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณารูปทรงของอาคารสามารถจำแนกรูปทรงของอาคารได้ 3 ประเภท ประกอบด้วย รูปทรงอาคารค่อนไปทางสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงอาคารค่อนไปทางสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีค่า SF อยู่ในช่วง 1 : 0.9 ถึง 1 : 1.4, 1 : 1.5 ถึง 1 : 1.9 และตั้งแต่ 1 : 2.0 ขึ้นไป ตามลำดับ พบว่า จากจำนวนอาคารทั้งหมด 45 อาคาร รูปทรงอาคารค่อนไปทางสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีจำนวนมากที่สุด 26 อาคาร รองลงมาเป็นรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้า 10 อาคาร และรูปทรงอาคารค่อนไปทางสี่เหลี่ยมผืนผ้า 9 อาคาร แสดงให้เห็นว่ารูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

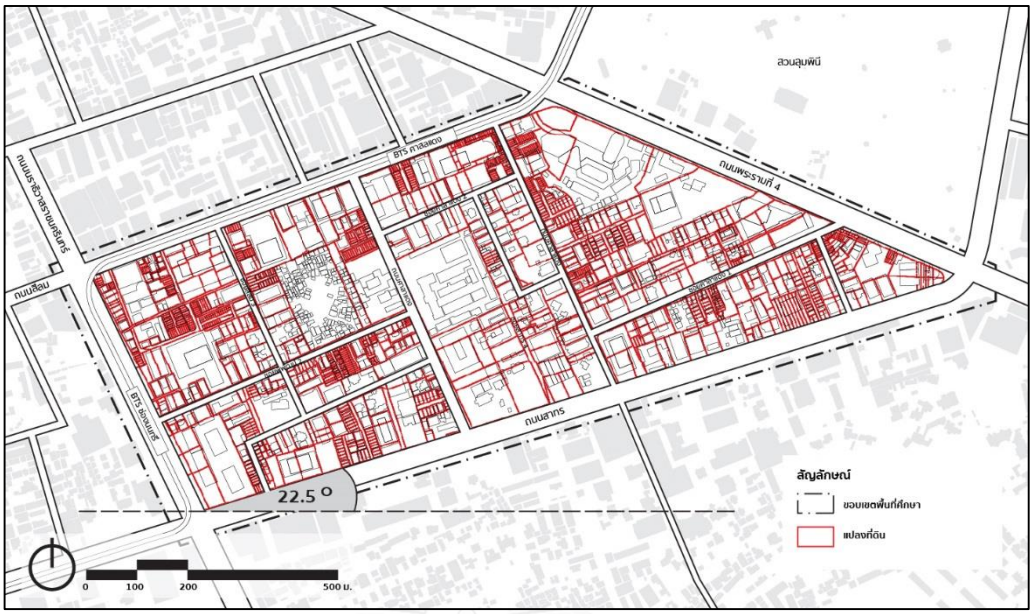
ตารางที่ 4-2 จำนวนรูปทรงอาคารจำแนกตามอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว (SF) ในพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร และบริเวณโดยรอบ

รูปทรงอาคาร	อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว (Shape Factor หรือ SF)	จำนวน (อาคาร)
รูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัส	1 : 0.9 ถึง 1 : 1.4	26
รูปทรงอาคารค่อนไปทางสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1 : 1.5 ถึง 1 : 1.9	9
รูปทรงอาคารค่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า	ตั้งแต่ 1 : 2.0 ขึ้นไป	10

ที่มา : จากผลการสำรวจ ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560

2) การวางอาคาร

เมื่อพิจารณาการวางอาคารในพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร และบริเวณโดยรอบพบว่า การวางอาคารขึ้นอยู่กับแนวเขตแปลงที่ดิน โดยมีองศาการวางประมาณ 22.5 องศาจากทิศตะวันออก-ตะวันตกตามภูมิศาสตร์ และทิศทางการวางอาคารขนานกับถนนสายสำคัญ ได้แก่ ถนนสีลม และถนนสาทร เพราะฉะนั้น การทดลองจะพิจารณาถึงองศาการวางอาคารของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการใช้พลังงานของอาคารเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองด้วย



ภาพที่ 4-6 แปลงที่ดินของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร

3) ระยะห่างของอาคาร

นอกจากนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์การประหยัดพลังงานที่มีผลต่อการลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารจากผลกระทบของเงาอาคาร จำเป็นต้องพิจารณาถึงระยะห่างระหว่างอาคารในพื้นที่ศึกษา โดยระยะห่างระหว่างอาคารจะพิจารณาจากอาคารสูงภายในแปลงที่ดินเดียวกันหรือแปลงที่ดินที่ติดกัน จากผลการสำรวจพบว่า อาคารสูงแต่ละอาคารมีระยะห่างระหว่างกันตั้งแต่ 6 - 62 เมตร

ภาพที่ 4-7 ระยะห่างระหว่างอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม–สาทร และบริเวณโดยรอบ

4.1.3) สรุปผลการสำรวจและการนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลอง

1) สรุปผลการสำรวจ

ผลสำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารพบว่า อาคารส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์เป็นอาคารสำนักงาน โรงแรม อาคารชุดพักอาศัย และอพาร์ทเมนต์ ตามลำดับ ซึ่งทุกอาคารมีการวางอาคารทำมุมกับแนวตะวันออก-ตะวันตก 22.5 องศา เนื่องจากที่ตั้งของอาคารมีความเฉพาะและอยู่ภายใต้เงื่อนไขของแนวถนนและแนวเขตแปลงที่ดิน โดยที่อาคารมีความสูงเฉลี่ยที่ 109 เมตร หรือประมาณ 30 ชั้น มีพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ยที่ 1,644 ตารางเมตร ค่าเฉลี่ยความกว้างของอาคาร 33 เมตร ค่าเฉลี่ยความยาวของอาคาร 49 เมตร ค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างต่อความยาว 1 : 1.5 วางตามตะวันและส่วนใหญ่เป็นอาคารรูปแบบจัตุรัส และมีระยะห่างระหว่างอาคารภายในแปลงที่ดินเดียวกันหรือแปลงที่ดินที่ติดกัน 6 – 62 เมตร

ตารางที่ 4-3 ลักษณะกายภาพอาคารโดยทั่วไปของอาคารในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะกายภาพของอาคาร	ผลการสำรวจ
ความสูง	ค่าเฉลี่ย 109 เมตร หรือประมาณ 30 ชั้น
พื้นที่ชั้นอาคาร	1,644 ตารางเมตร
ความกว้าง	33 เมตร
ความยาว	49 เมตร
อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว	ค่าเฉลี่ย 1 : 1.5 วางตามตะวัน และส่วนใหญ่เป็นอาคารรูปทรงจัตุรัส
การวางอาคาร	ทำมุมกับแนวตะวันออก-ตะวันตก 22.5 องศา
ระยะห่างระหว่างอาคาร	6 - 62 เมตร

ที่มา : จากผลการสำรวจ ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560

2) การนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลอง

การนำผลการสำรวจลักษณะกายภาพของอาคารในพื้นที่ศึกษาไปทดลองปฏิบัติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e) ของอาคารด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ อาจเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้คำนวณเพื่อสะดวกแก่การนำผลที่ได้จากการสำรวจไปคำนวณ ประกอบกับไม่ขัดแย้งกับกฎหมายต่างๆ ในการพัฒนาอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษของพื้นที่ศึกษา

ทั้งนี้ ในการทดลองเลือกใช้ระยะห่างระหว่างอาคาร 12 เมตร ซึ่งเป็นผลมาจาก กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หมวด 1 ข้อ 4 ได้ระบุว่า “ส่วนที่เป็นขอบเขตนอกสุดของอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไม่ว่าจะอยู่ในระดับเหนือพื้นดินหรือต่ำกว่าระดับพื้นดินต้องห่างจากเขตที่ดินของผู้อื่นหรือถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร”

ตารางที่ 4-4 ลักษณะกายภาพอาคารของพื้นที่ศึกษาที่นำไปใช้คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ลักษณะกายภาพของอาคาร	**ผลการสำรวจ**	**การนำไปใช้คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์**
ความสูง	ค่าเฉลี่ย 109 เมตร หรือประมาณ 30 ชั้น	90 เมตร หรือ 30 ชั้น
พื้นที่ชั้นอาคาร	1,644 ตารางเมตร	1,600 ตารางเมตร
ความกว้าง	33 เมตร	32 เมตร
ความยาว	49 เมตร	50 เมตร
อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว	ค่าเฉลี่ย 1 : 1.5 วางตามตะวัน และส่วนใหญ่เป็นอาคารจัตุรัส	1 : 1.5 (กว้าง 32 ม. ยาว 50 ม.) และ 1 : 1 (กว้าง 40 ม. ยาว 40 ม.)
การวางอาคาร	ทำมุมกับแนวตะวันออก-ตะวันตก 22.5 องศา	ทำมุมกับแนวตะวันออก-ตะวันตก 22.5 องศา
ระยะห่างระหว่างอาคาร	6 - 62 เมตร	12 - 60 เมตร

ที่มา : จากผลการสำรวจ ณ วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2560

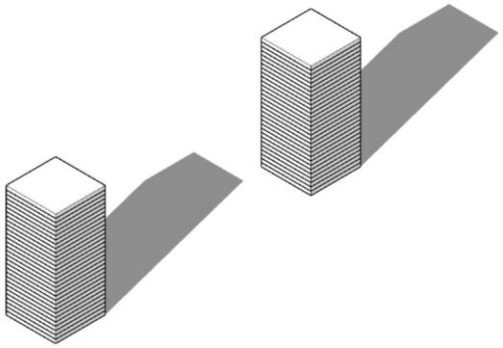
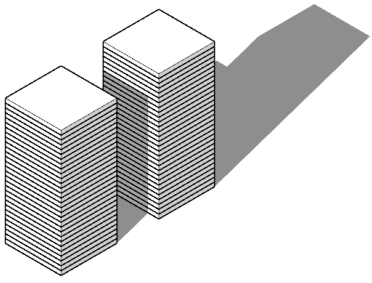
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2) การออกแบบการทดลอง

การคำนวณผลการทดลองเพื่อหาค่าการใช้พลังงาน (EUI) ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e) ของอาคาร จากผลกระทบของเงาอาคาร โดยวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคารที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร นำมาใช้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EUI) ประกอบด้วยการใช้พลังงานในการทำความเย็นจากระบบปรับอากาศ (Cooling) พลังงานจากอุปกรณ์ส่องสว่าง (Lighting) และพลังงานจากระบบอื่นๆ (Other) ต่อหน่วยพื้นที่ต่อปี (kWh/m^2-y) ซึ่งเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน (EUI) จากกรณีความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคารที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเงาซึ่งกันและกัน (Baseline) และกรณีความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคารที่ได้รับผลกระทบจากเงาซึ่งกันและกัน (Proposed) เพื่อประมวลเป็นค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)

ตารางที่ 4-5 การประมวลค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จากการเปรียบเทียบกรณีความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคารที่ได้รับและไม่ได้รับผลกระทบจากเงา

	
กลุ่มอาคารที่ไม่ได้รับผลกระทบของเงาซึ่งกันและกัน	**กลุ่มอาคารที่ได้รับผลกระทบของเงาซึ่งกันและกัน**

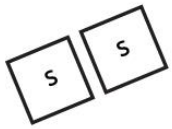
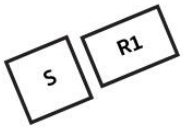
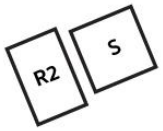
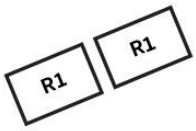
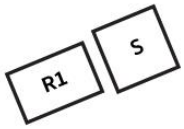
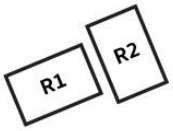
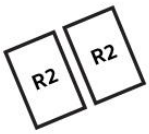
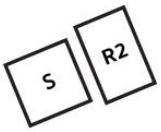
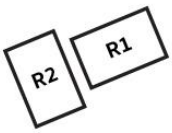
โดยศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาค่า EUI, %SAVE และ SAVE-CO2e จากกรณีความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ประกอบด้วย

4.2.1) รูปทรงอาคาร

เพื่อศึกษาถึงรูปทรงอาคารต่อค่าการใช้พลังงานของอาคาร (EUI) ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e) ประกอบด้วยการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและพลังงานจากระบบส่องสว่าง โดยการทดลองจะใช้รูปทรง 3 ลักษณะ ได้แก่ รูปทรงอาคารที่มีค่า SF เท่ากับ 1 : 1 (S), 1 : 1.5 วางตามตะวัน (R1) และ 1 : 1.5 วางขวางตะวัน (R2) มาจับคู่ความสัมพันธ์ของแต่ละรูปทรง และกำหนดให้การวาง ความสูง และระยะห่างระหว่างอาคารใช้เกณฑ์เดียวกัน ซึ่งสามารถจำแนกผลการทดลองได้ทั้งหมด 9 กรณี ดังนี้

ตารางที่ 4-6 ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร

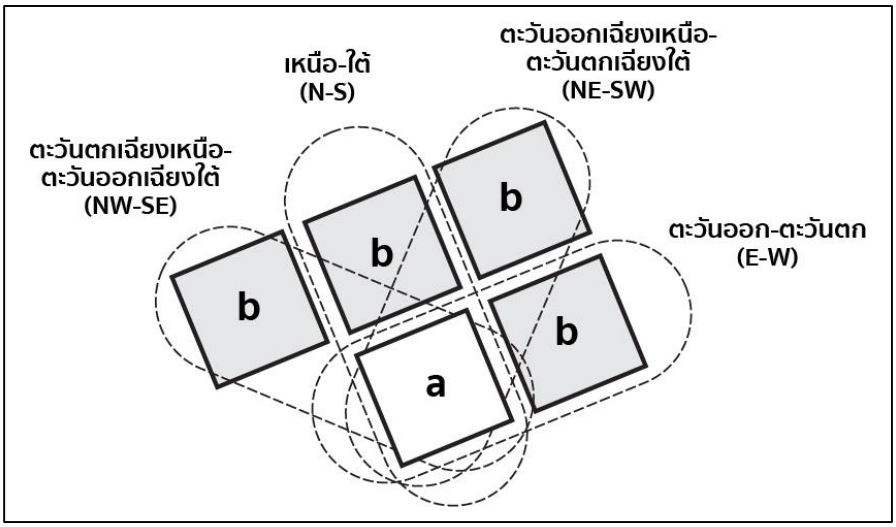
ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร	คำอธิบาย
S-S	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1 กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1
R1-R1	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน
R2-R2	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน
S-R1	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1 กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน
R1-S	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1
S-R2	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1 กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน
R2-S	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1
R1-R2	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน
R2-R1	ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางขวางตะวัน กับรูปทรงอาคารที่มีค่า SF 1 : 1.5 วางตามตะวัน

		
S-S	**S-R1**	**R2-S**
		
R1-R1	**R1-S**	**R1-R2**
		
R2-R2	**S-R2**	**R2-R1**

ภาพที่ 4-8 รูปแบบความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร

4.2.2) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารจะถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาถึงตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จากผลกระทบของเงาอาคารในแต่ละทิศทาง โดยพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร ทั้งหมด 4 กรณี ประกอบด้วย แนวเหนือ-ใต้ แนวตะวันออก-ตะวันตก แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทั้งนี้ ทิศทางดังกล่าวมิใช่ทิศทางทางภูมิศาสตร์ แต่เป็นทิศทางสมมุติเพื่อให้สะดวกแก่การสื่อสารผลการวิจัย เนื่องจากพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร มีลักษณะของที่ตั้งและการวางอาคารเอียงจากทิศตะวันออก-ตะวันตกจากทิศทางทางภูมิศาสตร์โดยประมาณ 22.5 องศา



ภาพที่ 4-9 รูปแบบตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

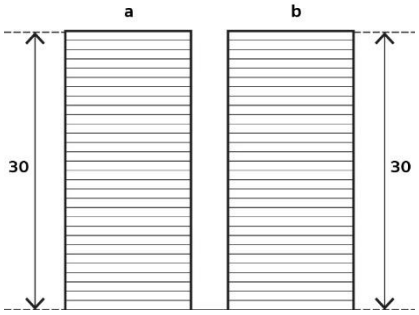
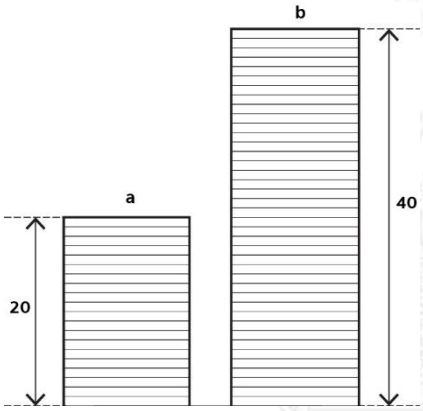
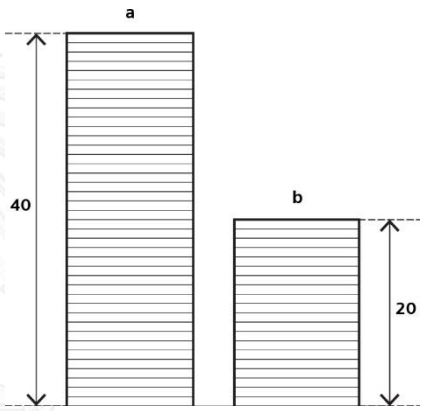
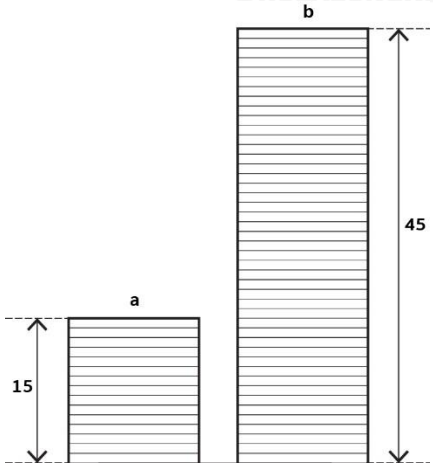
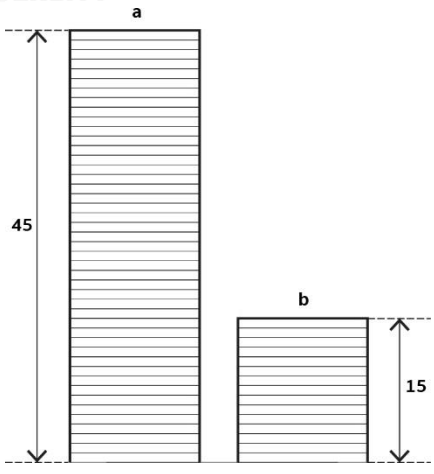
4.2.3) ความสูงของกลุ่มอาคาร

ขนาดพื้นที่ร่มเงาแปรผันตามขนาดและความสูงของอาคาร ความสูงของอาคารที่ต่างกันจึงให้พื้นที่เงากับอาคารข้างเคียงต่างกัน ซึ่งกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร (EUI) เพราะฉะนั้น ในการศึกษาความสูงของกลุ่มอาคารต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จะพิจารณาจากอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร หรือ H(a) : H(b) ทั้งหมด 5 รูปแบบ โดยกำหนดให้แต่ละรูปแบบมีพื้นที่อาคารรวมหรือจำนวนชั้นอาคารรวมเท่ากัน เพราะฉะนั้น เพื่อให้การศึกษาถึงความสูงของกลุ่มอาคารมีความหลากหลายและครอบคลุมตามที่ได้จากผลการสำรวจพื้นที่ศึกษา จะพิจารณาจากอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร H(a) : H(b) ดังนี้

ตารางที่ 4-7 รูปแบบความสูงของกลุ่มอาคาร

H(a) : H(b)	ความหมาย
1 : 1	อัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร 1 : 1 (จำนวนชั้นของอาคาร 30 : 30)
1 : 2	อัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร 1 : 2 (จำนวนชั้นของอาคาร 20 : 40)
2 : 1	อัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร 2 : 1 (จำนวนชั้นของอาคาร 40 : 20)
1 : 3	อัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร 1 : 3 (จำนวนชั้นของอาคาร 15 : 45)
3 : 1	อัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร 3 : 1 (จำนวนชั้นของอาคาร 45 : 15)

ตารางที่ 4-8 รูปแบบความสูงของกลุ่มอาคาร

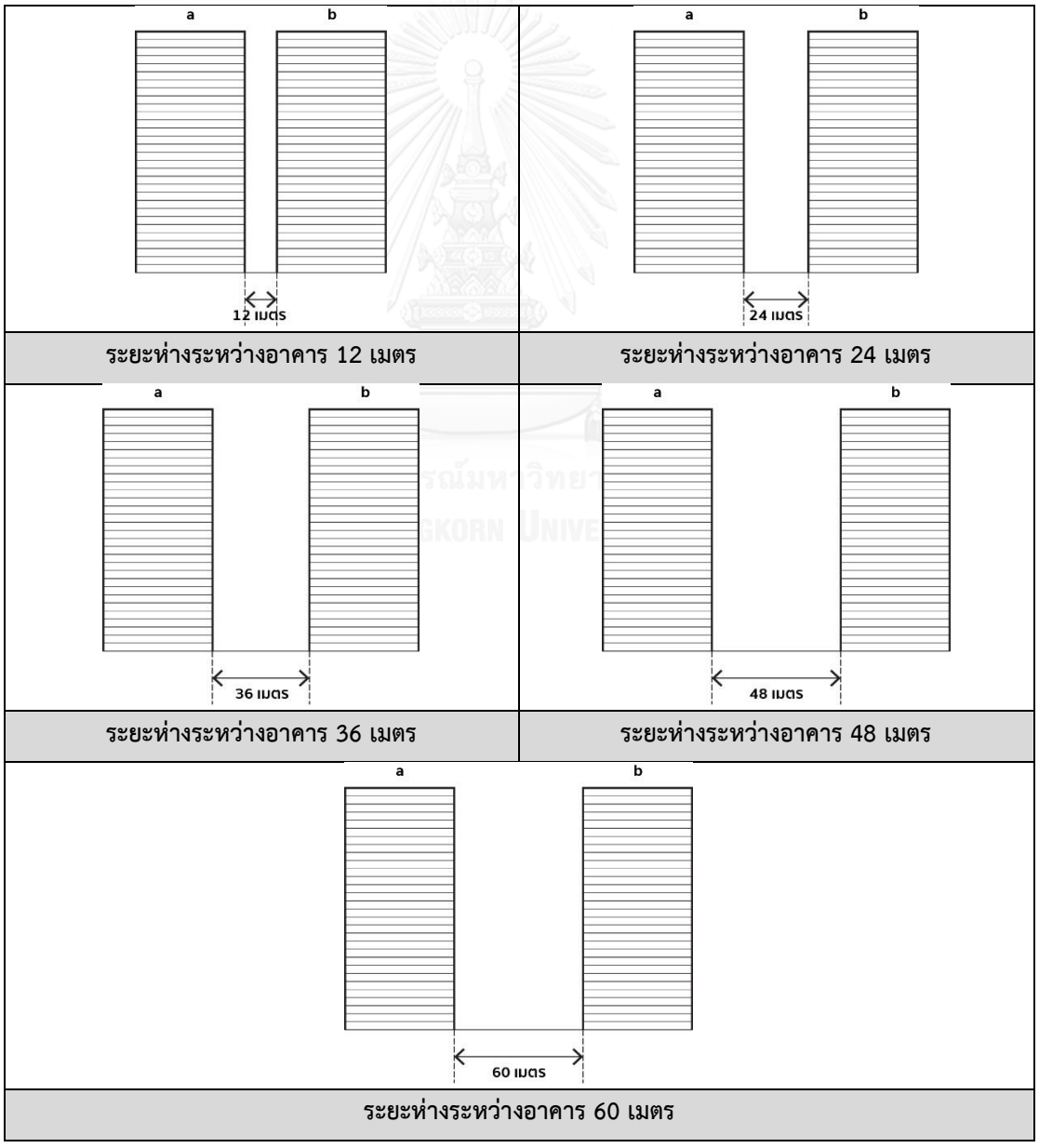
<table>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2</td><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 3</td><td>H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1</td></tr>
</table>

Chulalongkorn University

4.2.4) ระยะห่างของกลุ่มอาคาร

เพื่อศึกษาถึงระยะห่างระหว่างอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ระยะห่างของกลุ่มอาคารในแต่ละช่วง จากผลการสำรวจพบว่าระยะของกลุ่มอาคารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ระยะห่างระหว่างอาคารในแปลงที่ดินเดียวกันและแปลงที่ดินติดกัน ซึ่งมีระยะห่างตั้งแต่ 12 – 60 เมตร โดยการทดลองจะแบ่งระยะห่างของกลุ่มอาคารเป็น 5 ช่วง ประกอบด้วย 12 24 36 48 และ 60 เมตร

ตารางที่ 4-9 รูปแบบระยะห่างของกลุ่มอาคาร



เพราะฉะนั้น วิธีการการทดลองสามารถสรุปความสัมพันธ์จากการทดลองในแต่ละปัจจัย ได้แก่ ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารทั้งหมด 9 กรณี ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารทั้งหมด 4 กรณี ความสูงของกลุ่มอาคารทั้งหมด 5 กรณี และระยะห่างของกลุ่มอาคารทั้งหมด 5 กรณี ได้ดังนี้

ภาพที่ 4-10 วิธีการทดลองของงานวิจัย

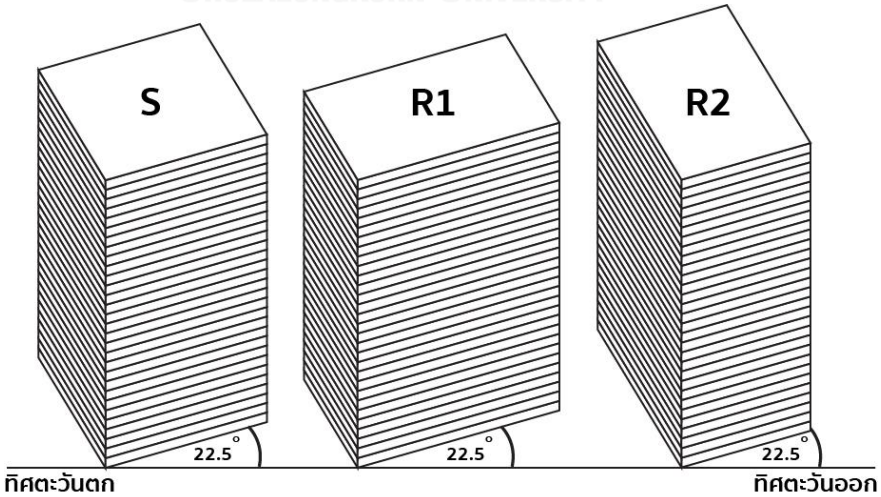
บทที่ 5
ผลการทดลอง

การทดลองศึกษาเพื่อศึกษาถึงค่าการใช้พลังงาน (EUI) จากพลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและพลังงานจากระบบส่องสว่าง ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) โดยการเปรียบเทียบค่า EUI กรณีความสัมพันธ์ของการวางกลุ่มอาคารที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเงาซึ่งกันและกัน (Baseline) กับค่า EUI กรณีความสัมพันธ์ของการวางกลุ่มอาคารที่ได้รับผลกระทบจากเงาซึ่งกันและกัน (Proposed) โดยมีผลการทดลองความสัมพันธ์ของรูปทรง การวาง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร ดังนี้

5.1) รูปทรงอาคาร

1) รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EUI)

การศึกษาถึงค่า EUI ของรูปทรงอาคารที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ ประกอบด้วย รูปทรงอาคาร SF เท่ากับ 1 : 1 (S), 1 : 1.5 วางตามตะวัน (R1) และ 1 : 1.5 วางขวางตะวัน (R2) โดยรูปทรงที่มีค่าการใช้พลังงาน (EUI) น้อยที่สุด คือ รูปทรง S รองลงมาได้แก่ รูปทรง R1 และ R2 โดยมีค่า EUI ที่ 149.63, 149.81 และ 150.75 kWh/m2-y ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและส่องสว่างพบว่า รูปทรง S มีค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุด ในทางกลับกันมีค่าการใช้พลังงานจากระบบส่องสว่างมากที่สุดที่ 20.41 kWh/m2-y



ภาพที่ 5-1 รูปทรงอาคาร S, R1 และ R2

ตารางที่ 5-1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแต่ละรูปทรง

รูปทรงอาคาร	อัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอก (CI)	พลังงาน (kWh/m2-y)			
		ส่องสว่าง	ปรับอากาศ	อื่นๆ	รวม (EUI)
S	10	20.41	92.99	36.23	149.63
R1	9.75	20.37	93.22	36.23	149.81
R2	9.75	20.24	94.28	36.23	150.75

เพราะฉะนั้น ผลการทดลองค่า EUI ของแต่ละรูปทรงสามารถสรุปได้ว่า อาคารที่มีพื้นที่อาคารรวมเท่ากันแต่มีพื้นที่ผิวภายนอกน้อยหรืออัตราส่วนปริมาตรอาคารต่อพื้นที่ผิวภายนอก หรือ CI (Compactness Index) ต่ำจะได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยผลกระทบของรูปทรงอาคารและการวางทิศทางอาคารสำนักงานในประเทศไทยต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน ASHARE 90.1 2007 หรือเกณฑ์ LEED 2009 (อุโรชา เจียรนัยพานิชย์, 2558) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่า CI ของรูปทรง R1 และ R2 เท่ากัน แต่รูปทรง R2 วางขวางตะวันทำให้ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารมากขึ้น ค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงสูงขึ้น ส่งผลให้รูปทรง R2 มีค่าการใช้พลังงาน (EUI) สูงที่สุด

2) รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และคาร์บอน (SAVE-CO2e)

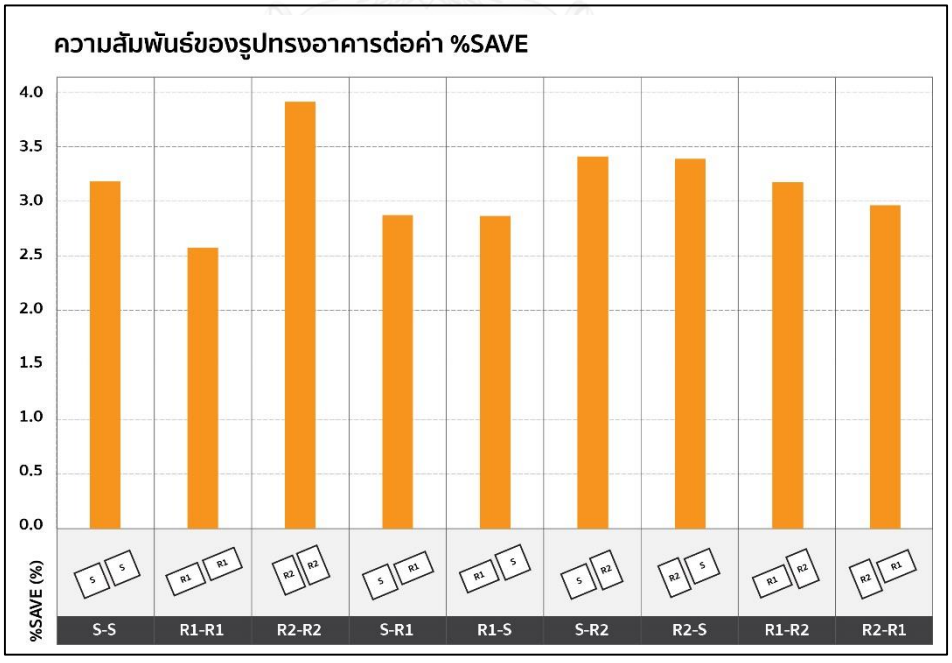
เมื่อนำรูปทรงอาคารทั้ง 3 ลักษณะ ประกอบด้วย รูปทรงอาคาร S, R1 และ R2 มาวางคู่กันเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของเงาที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคาร โดยจำแนกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารทั้งหมด 9 กรณี ได้แก่ S-S , R1-R1, R2-R2, S-R1, R1-S, S-R2, R2-S, R1-R2 และ R2-R1 และกำหนดให้ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารวางแนวตะวันออก-ตะวันตก มีความสูง 30 ชั้น และระยะห่างของกลุ่มอาคารเท่ากับ 12 เมตร เท่ากันในทุกกรณี พบว่า รูปทรงอาคาร R2-R2 สามารถประหยัดพลังงานอาคาร (%SAVE) ได้มากที่สุดที่ 3.92 % และสามารถลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) ได้ 286.79 tCO_2e/y รองลงมาเป็นรูปทรงอาคาร R2-S, S-R2 และ S-S มีค่า %SAVE เท่ากับ 3.39, 3.41 และ 3.19 % ตามลำดับ และค่า SAVE-CO2e เท่ากับ 247.82, 249.25 และ 231.49 tCO2e/y

ในขณะที่รูปทรงอาคาร R1-R1 มีค่า %SAVE น้อยที่สุด 4.12 % และสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้เพียง 50.45 tCO2e/y เนื่องจากรูปทรงอาคาร R1 เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตามตะ

วัน เมื่อนำอาคารทั้งสองมาวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก ทำให้ได้รับผลกระทบจากเงาซึ่งกันและกันได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ สังเกตได้ว่ามีการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมากกว่ารูปทรงอาคารลักษณะอื่น

ตารางที่ 5-2 รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

ความสัมพันธ์รูปทรงอาคาร	EUI (kWh/m2-y)			%SAVE (%)	SAVE-CO2 (tCO2e/y)
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา	ลดลง		
S-S	149.63	144.86	4.77	3.19	231.49
R1-R1	149.81	145.96	3.86	2.57	187.19
R2-R2	150.75	144.84	5.91	3.92	286.79
S-R1	149.74	145.43	4.31	2.88	209.00
R1-S	149.74	145.44	4.30	2.87	208.54
S-R2	150.37	145.24	5.13	3.41	249.25
R2-S	150.37	145.27	5.10	3.39	247.82
R1-R2	150.29	145.51	4.78	3.18	231.92
R2-R1	150.29	145.83	4.46	2.97	216.59



ภาพที่ 5-2 รูปทรงอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

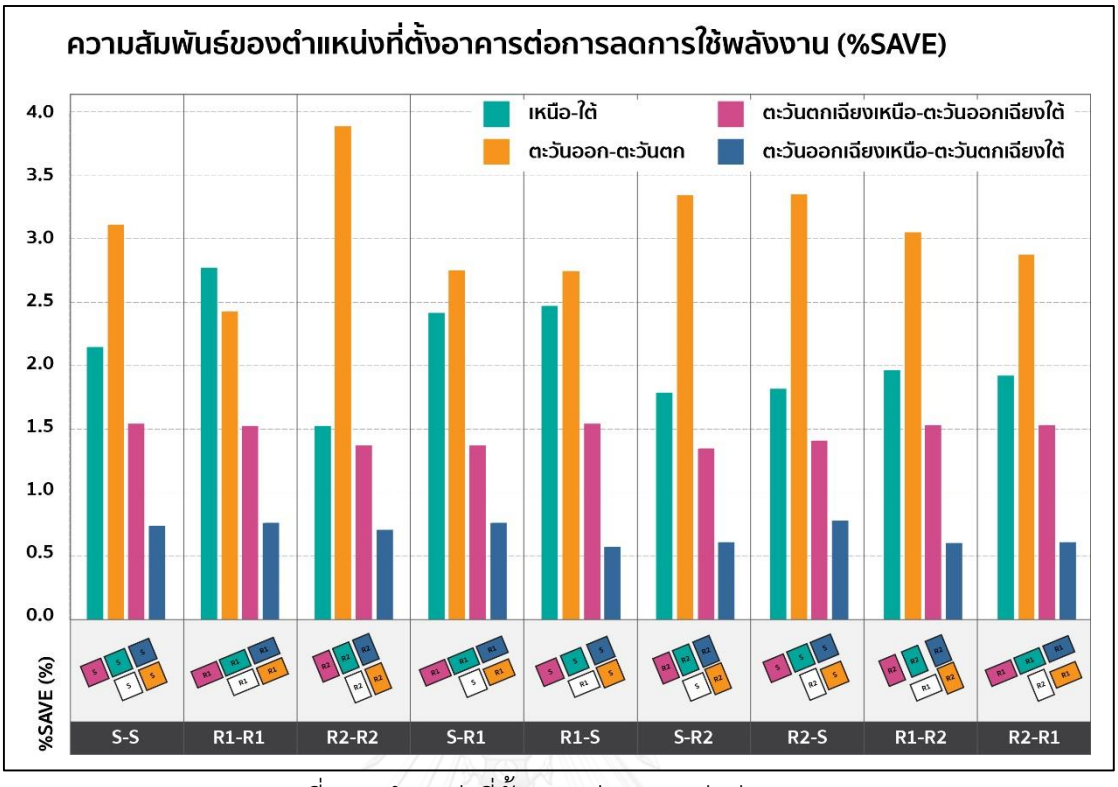
5.2) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

การศึกษาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารจะพิจารณาจากกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารทั้ง 9 กรณี โดยจำแนกรูปแบบการทดลองตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารทั้งหมด 4 รูปแบบ ประกอบด้วย ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ตะวันออก-ตะวันตก ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ รวมทั้งหมด 36 กรณี

ผลการทดลองพบว่า ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตกมีค่า %SAVE และ SAVE-CO_2e สูงสุดได้แก่ รูปทรง R1-R1, S-R2 และ R2-S มีค่า %SAVE เท่ากับ 3.92, 3.41 และ 3.39 % ตามลำดับ และมีค่า SAVE-CO_2e เท่ากับ 286.79, 249.25 และ 247.82 tCO_2e/y ตามลำดับ ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ที่มีค่า %SAVE และ SAVE-CO_2e สูงสุดได้แก่ รูปทรง R1-R1, R1-S และ S-R1 มีค่า %SAVE เท่ากับ 2.81, 2.55 และ 2.50 % ตามลำดับ และมีค่า SAVE-CO_2e เท่ากับ 204.47, 185.52 และ 181.47 tCO_2e/y ตามลำดับ ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีค่า %SAVE สูงสุดเพียง 2.63 และ 1.33 % ตามลำดับ

ตารางที่ 5-3 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e)

ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร	เหนือ-ใต้		ตะวันออก-ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้		ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	
	%SAVE (%)	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)	%SAVE (%)	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)	%SAVE (%)	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)	%SAVE (%)	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)
S-S	2.24	162.82	3.19	231.49	1.67	121.63	0.79	57.68
R1-R1	2.81	204.47	2.57	187.19	1.66	120.74	0.82	59.68
R2-R2	1.65	120.98	3.92	286.79	1.51	110.56	0.77	56.60
S-R1	2.50	181.47	2.88	209.00	1.47	107.21	0.81	59.14
R1-S	2.55	185.52	2.87	208.54	1.67	121.71	0.60	43.43
S-R2	1.89	137.82	3.41	249.25	1.49	108.91	0.68	49.34
R2-S	1.92	140.06	3.39	247.82	1.55	113.39	0.87	63.59
R1-R2	2.06	150.10	3.18	231.92	1.68	122.52	0.65	47.32
R2-R1	1.99	145.35	2.97	216.59	1.68	122.25	0.66	47.80



ภาพที่ 5-3 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อค่า %SAVE

เมื่อพิจารณาค่า %SAVE จากกรณีความสัมพันธ์ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารทั้งหมด 36 กรณี ตามการแบ่งช่วงชั้นข้อมูล (ตารางที่ 5-4) พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก มีประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานมากที่สุด โดยส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 2.01 – 4.00 และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 3.15 % รองลงมาเป็นตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 3.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.18 % ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 2.00 และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.60 % และตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.18 %

ตารางที่ 5-4 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

%SAVE	เหนือ-ใต้		ตะวันออก-ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้		ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	
	จำนวน	ค่าเฉลี่ย (%)	จำนวน	ค่าเฉลี่ย (%)	จำนวน	ค่าเฉลี่ย (%)	จำนวน	ค่าเฉลี่ย (%)
ไม่เกิน 1.00	0	0	0	0	0	0	9	0.74
1.01 - 2.00	4	1.86	0	0	9	1.60	0	0
2.01 - 3.00	5	2.43	4	2.82	0	0	0	0
3.01 - 4.00	0	0	5	3.42	0	0	0	0
รวม	**9**	**2.18**	**9**	**3.15**	**9**	**1.60**	**9**	**0.74**

ผลการทดลองตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารสามารถสรุปได้ว่า ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และเหนือ-ใต้ ของทุกความสัมพันธ์รูปทรงอาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและคาร์บอน ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและคาร์บอนดีที่สุด ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานน้อย และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนน้อยมาก เนื่องจากการวางกลุ่มอาคารลักษณะนี้ทำให้อาคารทั้งสองได้รับผลกระทบจากเงาอาคารซึ่งกันและกันน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3) ความสูงของกลุ่มอาคาร

การศึกษาความสูงของกลุ่มอาคารจะพิจารณาต่อจากกรณีตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร ยกเว้นกรณีตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากไม่มีนัยยะต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน โดยจำแนกรูปแบบการทดลองความสูงของกลุ่มอาคาร หรือ H(a) : H(b) ทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, 1 : 3 และ 3 : 1 รวมทั้งหมด 90 กรณี

ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ พบว่า R1-R1 / N-S / 1 : 1 มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด โดยมีค่า %SAVE เท่ากับ 2.81 % และค่า SAVE-CO2e เท่ากับ 294.20 tCO2e/y รองลงมาเป็น R1-S / N-S / 1 : 1, R1-R1 /N-S / 2 : 1 และ

S-R1 / N-S / 1 : 1 โดยมีค่า %SAVE เท่ากับ 2.55, 2.55 และ 2.50 % และมีค่า SAVE-CO2e เท่ากับ 266.93, 266.23 และ 261.11 tCO2e/y ตามลำดับ

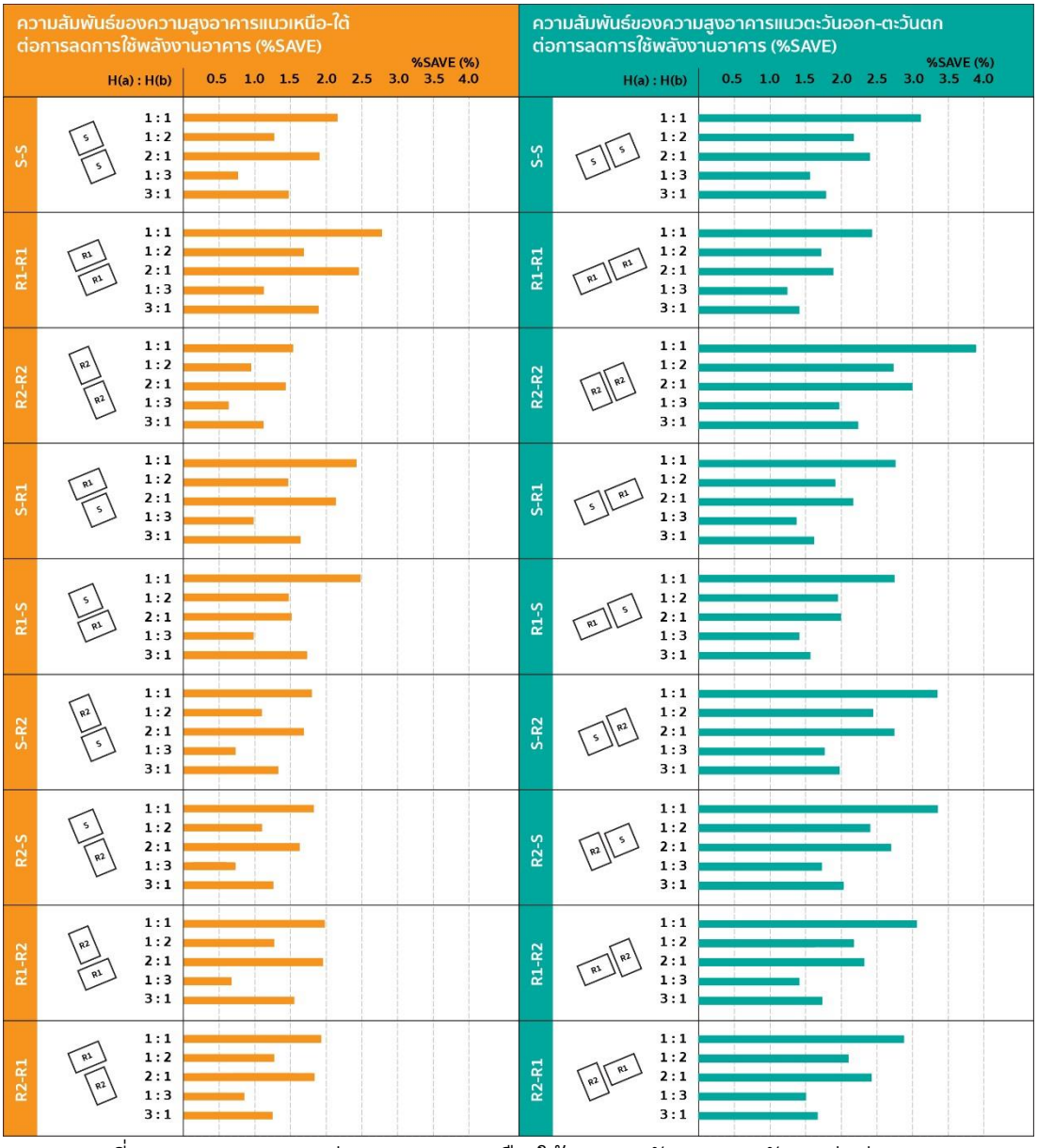
ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารตามแนวตะวันออก-ตะวันตก พบว่า R2-R2 / E-W / 1 : 1 มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด โดยมีค่า %SAVE เท่ากับ 3.92 % และค่า SAVE-CO2e เท่ากับ 286.79 tCO2e/y รองลงมาเป็น R2-S / E-W / 1 : 1, S-R2 / E-W / 1 : 1 และ S-S / E-W / 1 : 1 โดยมีค่า %SAVE เท่ากับ 3.41, 3.39 และ 3.19 % และมีค่า SAVE-CO2e เท่ากับ 249.25, 247.82 และ 231.49 tCO2e/y ตามลำดับ

ตารางที่ 5-5 ความสูงของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

ความสัมพันธ์รูปทรงอาคาร	H(a) : H(b)	เหนือ-ใต้		ตะวันออก-ตะวันตก	
		%SAVE	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)	%SAVE	SAVE-CO2e (tCO_2e/y)
S : S	1 : 1	2.24	162.82	3.19	231.49
	1 : 2	1.30	94.34	2.23	161.82
	2 : 1	2.02	146.62	2.49	180.34
	1 : 3	0.76	54.98	1.60	115.63
	3 : 1	1.57	113.48	1.86	134.07
R1-R1	1 : 1	2.81	204.47	2.57	187.19
	1 : 2	1.68	121.84	1.83	132.50
	2 : 1	2.55	185.03	2.02	146.54
	1 : 3	1.10	79.71	1.32	95.23
	3 : 1	1.98	142.98	1.51	109.26
R2-R2	1 : 1	1.65	120.98	3.92	286.79
	1 : 2	1.01	73.82	2.76	201.55
	2 : 1	1.57	114.37	3.06	223.66
	1 : 3	0.67	48.59	1.99	144.52
	3 : 1	1.23	89.40	2.29	166.84
S-R1	1 : 1	2.50	181.47	2.88	209.00
	1 : 2	1.48	107.29	2.00	144.73
	2 : 1	2.23	161.95	2.29	165.87
	1 : 3	0.97	70.34	1.43	103.11
	3 : 1	1.72	124.27	1.72	123.89
R1-S	1 : 1	2.55	185.52	2.87	208.54
	1 : 2	1.49	107.89	2.04	147.86
	2 : 1	1.53	111.29	2.09	151.26
	1 : 3	0.98	70.56	1.48	106.78
	3 : 1	1.83	132.15	1.65	119.20

ความสัมพันธ์รูปทรงอาคาร	H(a) : H(b)	เหนือ-ใต้		ตะวันออก-ตะวันตก	
		%SAVE	SAVE-CO_2e (tCO_2e/y)	%SAVE	SAVE-CO2e (tCO_2e/y)
S-R2	1 : 1	1.89	137.82	3.41	249.25
	1 : 2	1.15	83.92	2.50	182.79
	2 : 1	1.82	132.72	2.84	206.52
	1 : 3	0.76	55.33	1.81	131.97
	3 : 1	1.43	103.54	2.04	147.57
R2-S	1 : 1	1.92	140.06	3.39	247.82
	1 : 2	1.15	83.62	2.45	178.15
	2 : 1	1.75	127.59	2.80	204.28
	1 : 3	0.75	54.28	1.75	126.89
	3 : 1	1.36	99.09	2.11	153.53
R1-R2	1 : 1	2.06	150.10	3.18	231.92
	1 : 2	1.31	96.04	2.28	166.54
	2 : 1	2.10	152.56	2.43	176.77
	1 : 3	0.69	50.18	1.49	107.73
	3 : 1	1.67	120.71	1.81	131.24
R2-R1	1 : 1	1.99	145.35	2.97	216.59
	1 : 2	1.31	94.96	2.18	158.28
	2 : 1	1.95	142.14	2.57	187.38
	1 : 3	0.87	62.84	1.55	112.48
	3 : 1	1.34	96.90	1.78	128.81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5-4 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตกต่อค่า %SAVE

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนกรณีความสัมพันธ์ความสูงของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ทั้งหมด 90 กรณี ตามการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ดังตารางที่ 5-6 และ 5-7 พบว่า

- จำนวนความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 4.00 % โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก มีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 3.15 % ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ มีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.18 %

- จำนวนความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2 ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 2.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.32 % ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 2.01 – 3.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.25 %

- จำนวนความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 3.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.95 % ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 2.01 – 3.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.51 %

- จำนวนความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 3 ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.84 % ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 2.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.60 %

- จำนวนความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1 ของตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 2.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.57 % ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 3.00 % และมีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.86 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-6 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของความสูงของกลุ่มอาคาร

%SAVE	จำนวนกรณีความสูงของกลุ่มอาคาร (H(a) : H(b))									
	แนวเหนือ-ใต้					แนวตะวันออก-ตก				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
ไม่เกิน 1.00	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
1.01 - 2.00	4	9	5	1	9	0	2	0	9	6
2.01 - 3.00	5	0	4	0	0	4	7	8	0	3
3.01 - 4.00	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0
รวม	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

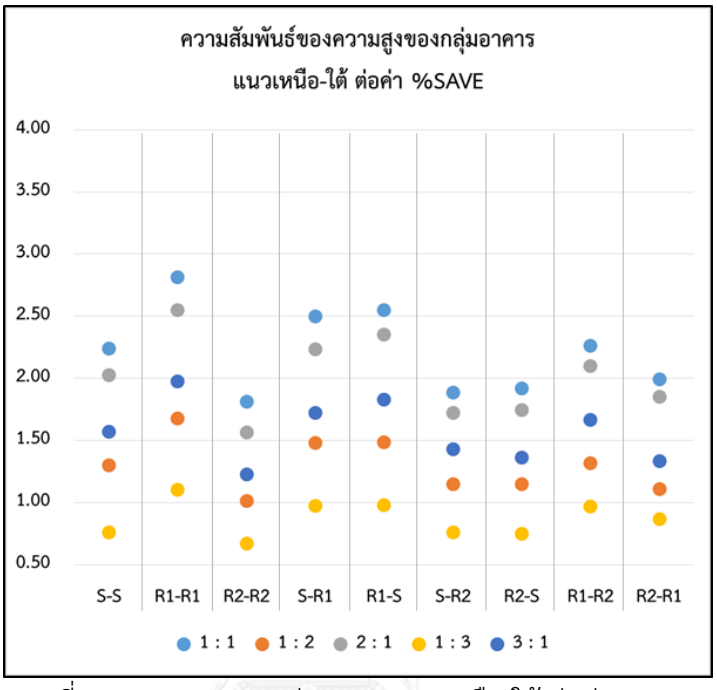
ตารางที่ 5-7 ค่า %SAVE เฉลี่ยของความสูงของกลุ่มอาคาร

%SAVE	ค่า %SAVE เฉลี่ย									
	แนวเหนือ-ใต้					แนวตะวันออก-ตก				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
ไม่เกิน 1.00	0	0	0	0.81	0	0	0	0	0	0
1.01 - 2.00	1.86	1.32	1.72	1.10	1.57	0	1.91	0	1.60	1.72
2.01 - 3.00	2.43	0	2.23	0	0	2.82	2.35	2.44	0	2.15
3.01 - 4.00	0	0	0	0	0	3.42	0	3.06	0	0
ค่าเฉลี่ย	2.18	1.32	1.95	0.84	1.57	3.15	2.25	2.51	1.60	1.86

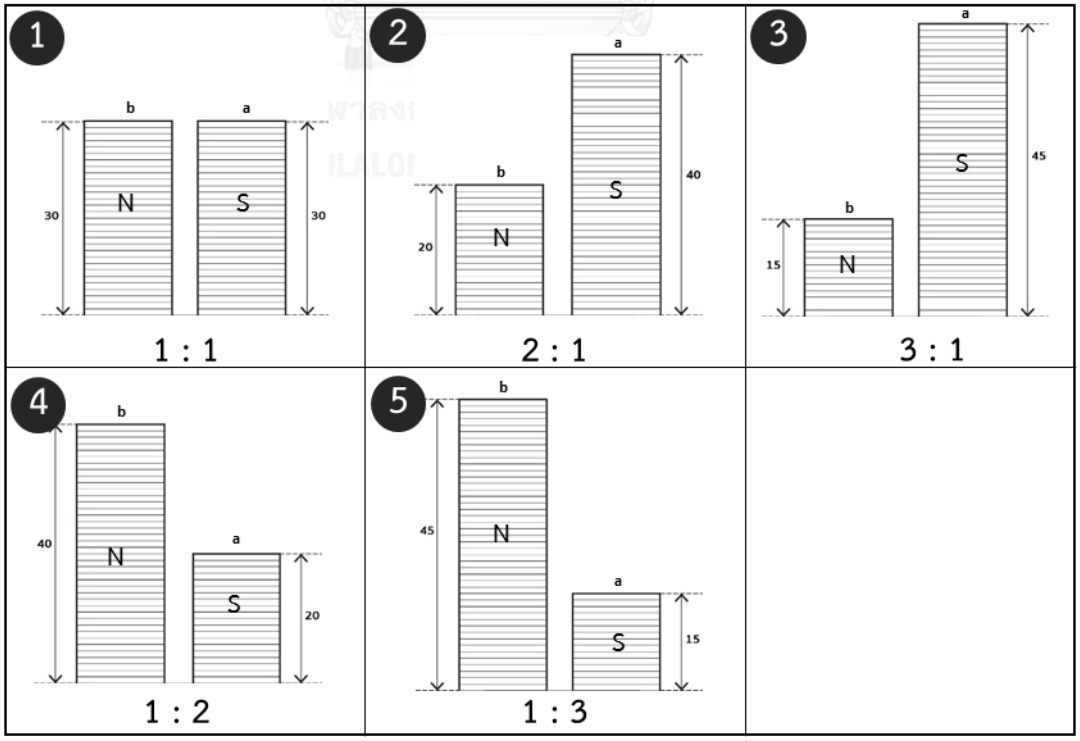
การวิเคราะห์ลักษณะการแบ่งกลุ่มดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ที่ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนมากที่สุดกับทุกตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร โดยตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1 สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มากกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2 ในทางกลับกันตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2 สามารถประหยัดพลังงานและคาร์บอนได้มากกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการวางอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก อาคารสูงที่อยู่ด้านทิศตะวันออกสามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มากกว่าอาคารสูงที่อยู่ด้านทิศตะวันตก ในขณะที่การวางอาคารแนวเหนือ-ใต้ อาคารสูงที่อยู่ด้านทิศใต้สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มากกว่าอาคารสูงที่อยู่ด้านทิศเหนือ และจะเห็นว่าอาคารสูงที่อยู่ด้านทิศเหนือมีค่า %SAVE น้อยมาก จึงควรหลีกเลี่ยงการวางอาคารสูงในด้านทิศเหนือ

อย่างไรก็ตาม H(a) : H(b) ออกห่างจาก 1 : 1 มากเท่าไหร่ ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคารจะลดลง เนื่องจากกลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากันจะได้รับผลกระทบ

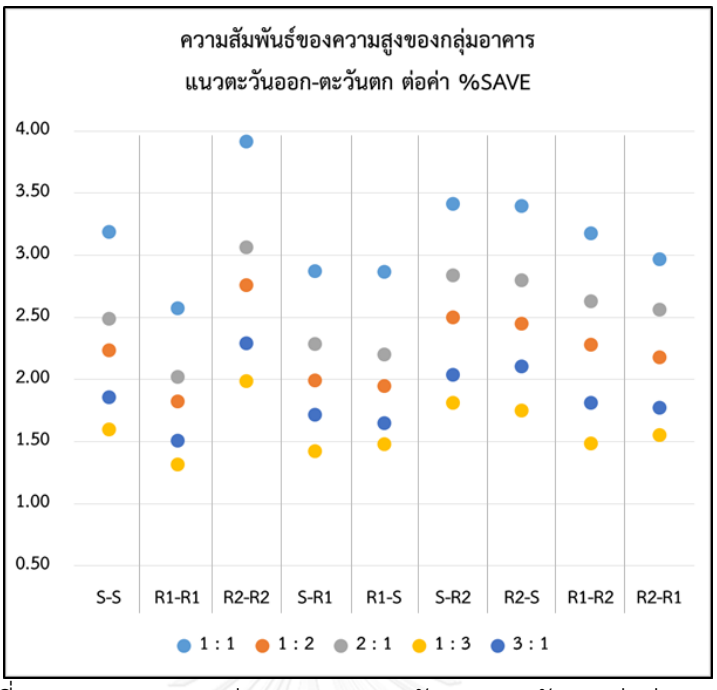
ของเงาอาคารซึ่งกันและกันมากที่สุด ทั้งนี้ กลุ่มอาคารที่มีความสูงต่างกันผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันจะได้น้อยลง และความสูงของกลุ่มอาคาร ที่ 1 : 3 และ 3 : 1 เป็นอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนน้อยมาก



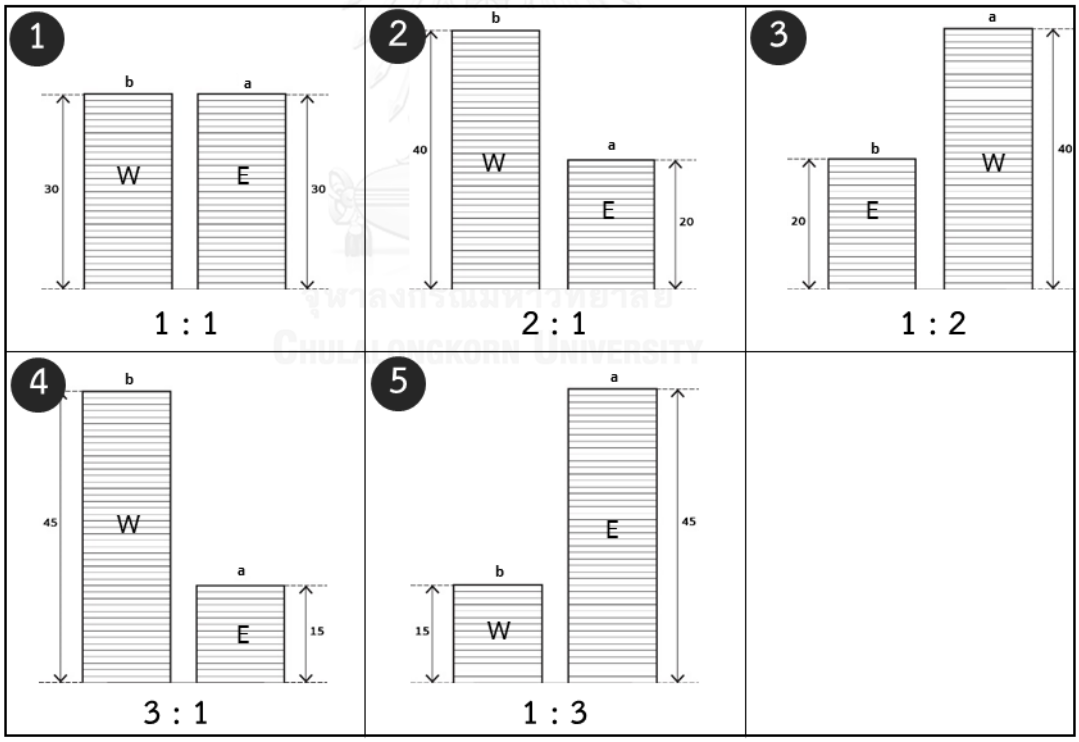
ภาพที่ 5-5 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE



ภาพที่ 5-6 การจัดอันดับการออกแบบความสูงของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE



ภาพที่ 5-7 ความสูงของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อค่า %SAVE

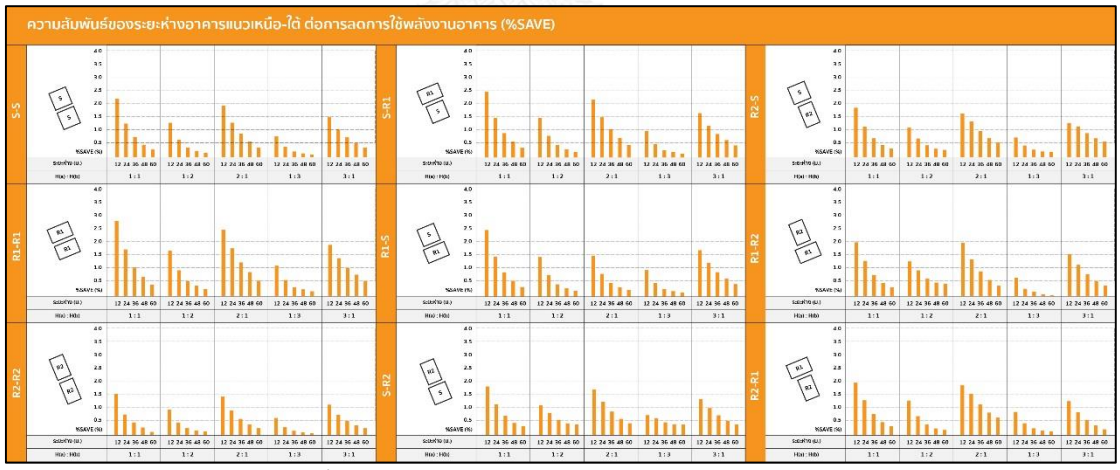


ภาพที่ 5-8 การจัดอันดับการออกแบบความสูงของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อค่า %SAVE

5.4) ระยะห่างของกลุ่มอาคาร

การศึกษาระยะห่างของกลุ่มอาคารพิจารณาต่อจากกรณีความสูงของกลุ่มอาคาร เว้นแต่กรณีตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากไม่มีนัยยะต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน โดยจำแนกรูปแบบการทดลองระยะห่างของกลุ่มอาคาร ทั้งหมด 5 ระยะห่าง ได้แก่ 12 24 36 48 และ 60 รวมทั้งหมด 450 กรณี

ผลการทดลองทุกกรณีรูปทรง การวาง และความสูงของกลุ่มอาคาร จำแนกตามระยะห่าง (ภาพที่ 5-9) พบว่า ระยะห่างของกลุ่มอาคารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน (%SAVE) และลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO_2e) ของอาคารลดลง เนื่องจากระยะห่างที่เพิ่มขึ้นอาคารจะได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันน้อยลง อาคารจึงได้รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารมากขึ้น ส่งผลให้อาคารมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศสูงขึ้น ในทางกลับกันค่าการใช้พลังงานส่องสว่างของอาคารลดลง เนื่องจากได้รับปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พลังงานส่องสว่างมีสัดส่วนที่น้อยมากหรือไม่มีนัยยะต่อการประหยัดพลังงานของอาคารรวมทั้งหมด



ภาพที่ 5-9 ระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อ
ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

ภาพที่ 5-10 ระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อ
ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE)

ความสัมพันธ์ของการวางและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ดังตารางที่ 5-8 และตารางที่ 5-9 พบว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 ที่ระยะห่าง 12 เมตร มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ได้ดีที่สุด โดยมีค่า %SAVE เฉลี่ย เท่ากับ 2.18 % แต่เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ค่า %SAVE จะมีอัตราลดลงเฉลี่ยร้อยละ 38.48 รองลงมาเป็น H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 และ 3 : 1 ที่ระยะห่าง 12 เมตร มีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.95 % และ 1.57 % ตามลำดับ แต่เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ค่า %SAVE จะมีอัตราลดลงเฉลี่ยร้อยละ 30.68 และ 27.55 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1

ตารางที่ 5-8 ความสัมพันธ์ของการวางและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE

ระยะห่าง (ม.)	%SAVE เฉลี่ย (%)				
	ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
12	2.18	1.32	1.95	0.84	1.57
24	1.34	0.87	1.35	0.54	1.14
36	0.83	0.57	0.94	0.34	0.82
48	0.51	0.38	0.65	0.22	0.60
60	0.31	0.25	0.45	0.14	0.43

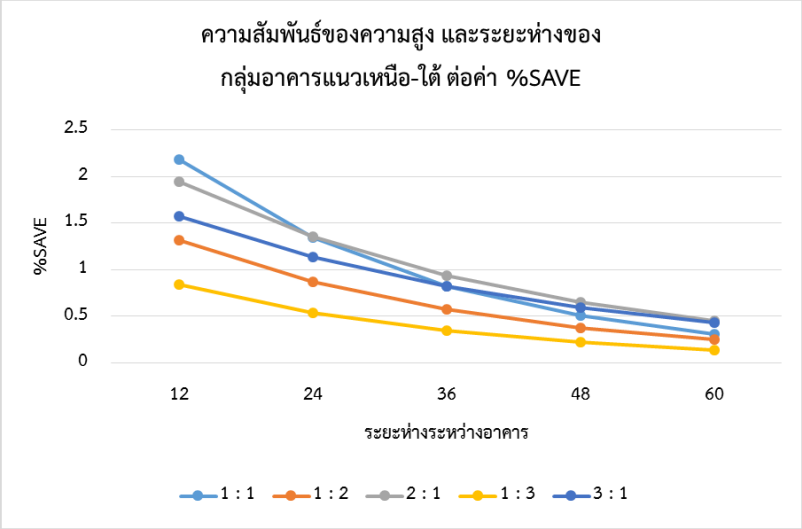
ตารางที่ 5-9 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่ออัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย

ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร	อัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย (%)				
	ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
S-S	41.11	41.85	34.46	40.43	29.86
R1-R1	38.20	37.97	30.35	37.32	26.00
R2-R2	47.68	38.12	35.09	41.75	30.95
S-R1	39.53	40.07	31.94	39.27	27.66
R1-S	39.75	40.37	37.30	39.60	28.08
S-R2	33.60	21.16	28.56	13.27	25.75
R2-S	33.82	28.21	22.94	27.00	16.54
R1-R2	36.60	21.50	33.33	49.36	28.72
R2-R1	36.03	37.79	22.16	36.33	34.36
เฉลี่ย	**38.48**	**34.12**	**30.68**	**36.04**	**27.55**

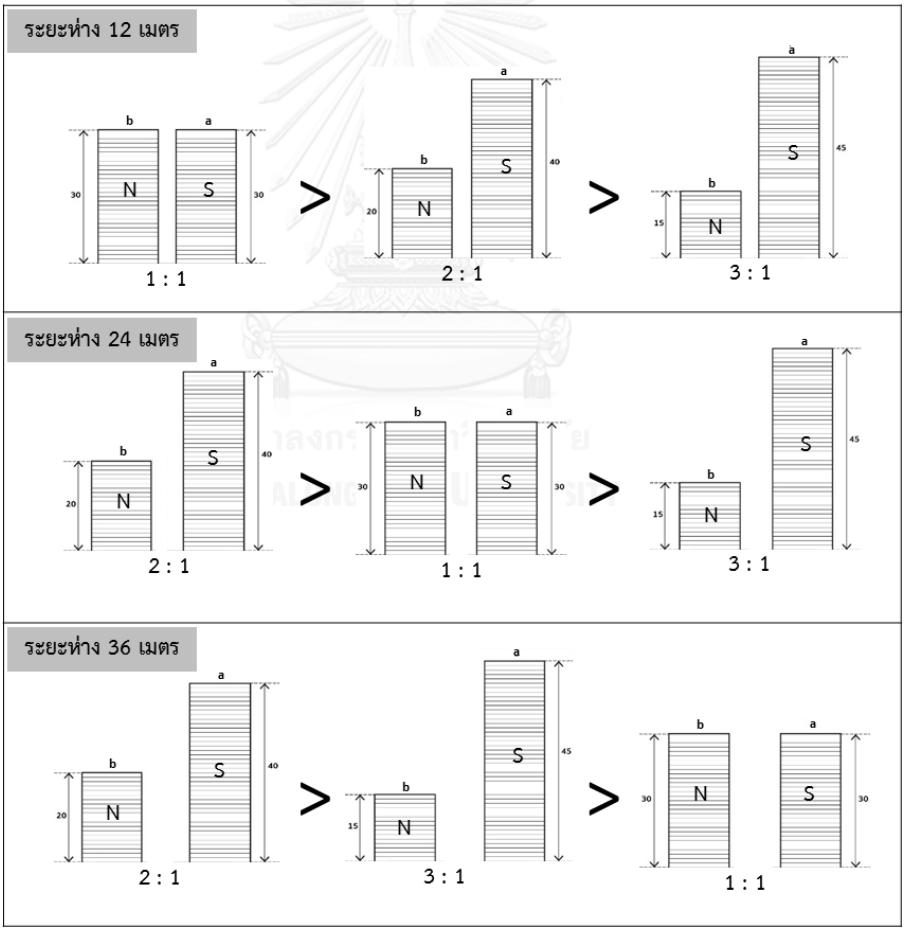
เมื่อพิจารณาจากอัตราลดลงเฉลี่ย ดังภาพที่ 5-11 ทั้งหมดพบว่า ที่ระยะห่างของกลุ่มอาคาร 12 เมตร H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 จะมีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานมากที่สุด แต่เมื่อระยะห่างของกลุ่มอาคารที่ 24 เมตร H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 มากที่สุด สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 และเมื่อระยะห่างของกลุ่มอาคารที่ 36 เมตร H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1 จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 แต่น้อยกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1

แสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ กลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากันจะมีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในระยะห่างของกลุ่มอาคารที่ใกล้กัน และเมื่อระยะห่างของกลุ่มอาคารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานอาคารจะลดลงอย่างมาก ในขณะที่กลุ่มอาคารที่มีความสูงต่างกัน โดยเฉพาะอาคารสูงที่อยู่ฝั่งทิศใต้ของอาคารเตี้ย เมื่อระยะห่างของกลุ่มอาคารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานอาคารจะลดลงไม่มากนัก เนื่องจากเงาของอาคารสูงมีความยาวที่สามารถตกกระทบอาคารเตี้ยเพื่อลดผลกระทบจากรังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ให้กับอาคารในระยะที่ห่างออกไปได้มากกว่าอาคารที่มีความสูงเท่ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ต่อค่า %SAVE



ภาพที่ 5-12 เปรียบเทียบการออกแบบความสูงและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ต่อค่า %SAVE

ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ดังตารางที่ 5-10 และตารางที่ 5-11 พบว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 ที่ระยะห่าง 12 เมตร มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ได้ดีที่สุด โดยมีค่า %SAVE เฉลี่ย เท่ากับ 3.15 % แต่เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ค่า %SAVE จะมีอัตราลดลงเฉลี่ยร้อยละ 30.09 รองลงมาเป็น H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 และ 1 : 2 ที่ระยะห่าง 12 เมตร มีค่า %SAVE มีค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.51 % และ 2.25 % ตามลำดับ แต่เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ค่า %SAVE จะมีอัตราลดลงเฉลี่ยร้อยละ 26.05 และ 27.91 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1

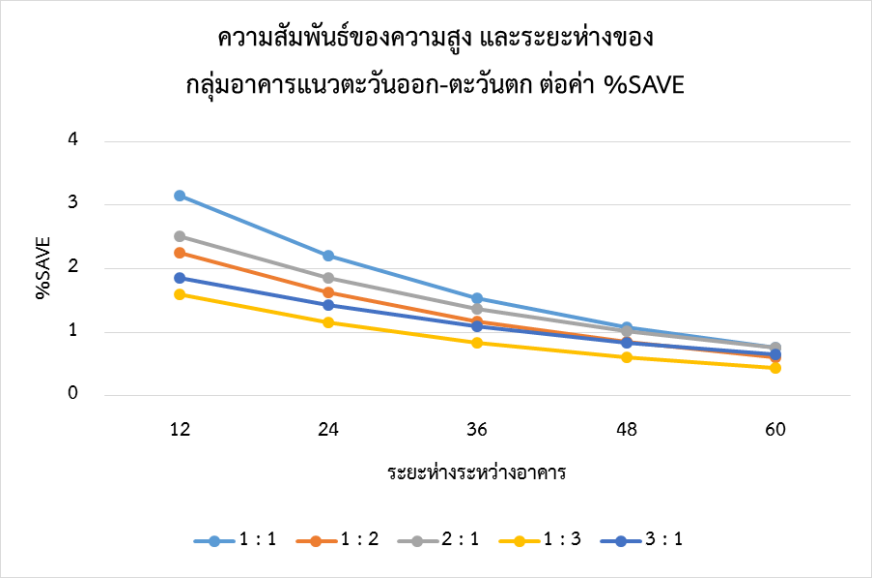
ตารางที่ 5-10 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่อค่า %SAVE

ระยะห่าง (ม.)	%SAVE เฉลี่ย (%)				
	ตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
12	3.15	2.25	2.51	1.60	1.86
24	2.20	1.62	1.86	1.16	1.43
36	1.54	1.17	1.37	0.84	1.09
48	1.08	0.84	1.01	0.61	0.84
60	0.75	0.61	0.75	0.44	0.64

ตารางที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้งและระยะห่างของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ ต่ออัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย

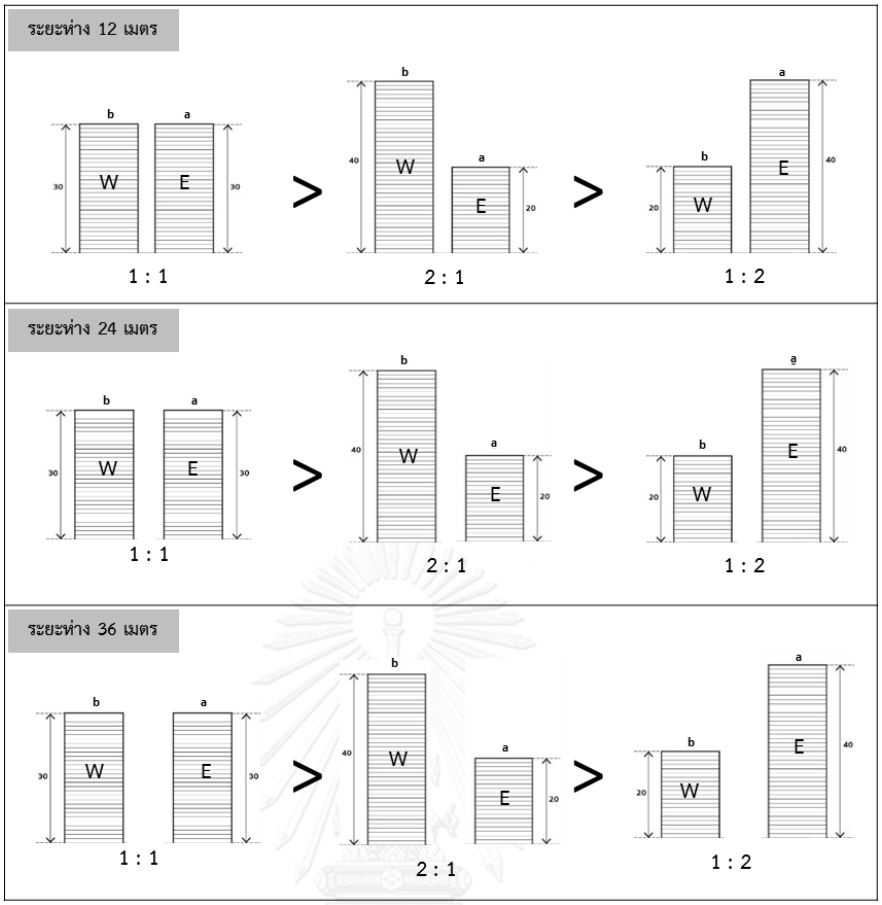
รูปทรง	อัตราการประหยัดพลังงานลดลงเฉลี่ย (%)				
	ตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
S-S	30.99	30.22	26.27	29.70	24.85
R1-R1	31.73	30.04	26.99	29.65	25.84
R2-R2	28.16	27.22	23.25	26.76	21.76
S-R1	30.74	29.58	26.27	28.92	25.12
R1-S	30.78	29.82	28.66	29.31	24.93
S-R2	31.10	25.33	35.35	18.37	20.92
R2-S	30.35	30.01	23.84	24.62	15.83
R1-R2	29.28	21.15	24.84	33.81	23.32
R2-R1	27.70	27.85	18.99	27.04	27.28
เฉลี่ย	**30.09**	**27.91**	**26.05**	**27.57**	**23.32**

เมื่อพิจารณาจากอัตราลดลงเฉลี่ย ดังภาพที่ 5-13 ทั้งหมดพบว่า ในภาพรวม H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 ยังคงมีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานมากที่สุดกับทุกอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคาร ซึ่งต่างจากตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารในแนวเหนือ-ใต้ที่ระยะห่างของกลุ่มอาคาร 24 เมตร H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 จะมีประสิทธิภาพประหยัดพลังงานมากกว่า H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 เป็นต้น เพราะฉะนั้น ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ควรเลือกใช้กลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากันจะสามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มีประสิทธิสูงที่สุด



ภาพที่ 5-13 ความสัมพันธ์ของความสูง และระยะห่างของ
กลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตกต่อค่า %SAVE

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5-14 เปรียบเทียบการออกแบบความสูงและระยะห่างของ
กลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตกต่อค่า %SAVE

เมื่อพิจารณาจำนวนกรณีความสัมพันธ์ระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ทั้งหมด 450 กรณี ตามการแบ่งช่วงชั้นข้อมูล (ตารางที่ 5-12) พบว่า

- **จำนวนกรณีความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1** ในตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวเหนือ-ใต้ ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 3.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.18 % ที่ระยะห่าง 24 เมตร ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01-2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.33 % และที่ระยะห่างตั้งแต่ 36 เมตรขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 %

ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 2.01-4.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 3.15 % ที่ระยะห่าง 24 ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 2.01-3.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.15 %

ที่ระยะห่าง 36 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % ที่ระยะห่าง 48 เมตร ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ระหว่าง 1.01-2.00 คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.05 % ที่ระยะห่าง 60 เมตรขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.76 %

- **จำนวนกรณีความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2** ในตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวเหนือ-ใต้ ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.32 % และที่ระยะห่างตั้งแต่ 24 เมตรขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.45 %

ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตก ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 2.01 – 3.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 2.25 % และที่ระยะห่าง 24 และ 36 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.21 % และที่ระยะห่างตั้งแต่ 48 เมตร ขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.90 %

- **จำนวนกรณีความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1** ในตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวเหนือ-ใต้ ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 3.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.95 % ที่ระยะห่าง 24 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.39 % ที่ระยะห่าง 36 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE ไม่เกิน 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.97 % และที่ระยะห่างตั้งแต่ 48 เมตรขึ้นไป พบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.57 %

ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 2.01 – 3.00 % และที่ระยะห่าง 24 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 3.00 % ที่ระยะห่าง 36 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE ระหว่าง 1.01 – 2.00 % และที่ระยะห่างตั้งแต่ 48 เมตร ขึ้นไปพบว่า ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 %

- **จำนวนกรณีความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 3** ในตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวเหนือ-ใต้ ที่ระยะห่างตั้งแต่ 12 เมตร ขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า

%SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.49 %

ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ที่ระยะห่าง 12 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.60 % และที่ระยะห่าง 24 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE ไม่เกิน 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.41 % และที่ระยะห่าง 36 เมตรขึ้นไปพบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 %

- **จำนวนกรณีความสัมพันธ์ H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1** ในตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวเหนือ-ใต้ ที่ระยะห่าง 12 และ 24 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.23 % ที่ระยะห่าง 36 เมตรขึ้นไป พบว่า ทุกกรณีความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารมีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 %

ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก ที่ระยะห่าง 12 และ 24 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE 1.01 – 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.64 % ที่ระยะห่าง 36 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า %SAVE ไม่เกิน 2.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1.07 % และที่ระยะห่าง 48 เมตรขึ้นไป ส่วนใหญ่มีค่า %SAVE ไม่เกิน 1.00 % คิดเป็นค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-12 ลักษณะการแบ่งกลุ่มค่า %SAVE ของระยะห่างของกลุ่มอาคาร

H(a) : H(b)	ระยะห่าง	ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้					ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก				
		%SAVE					%SAVE				
		ไม่เกิน 1.00	1.01-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	รวม	ไม่เกิน 1.00	1.01-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	รวม
1 : 1	12	-	4	5	-	9	-	-	4	5	9
	24	1	8	-	-	9	-	3	6	-	9
	36	8	1	-	-	9	-	9	-	-	9
	48	9	-	-	-	9	3	6	-	-	9
	60	9	-	-	-	9	8	1	-	-	9
1 : 2	12	-	9	-	-	9	-	2	7	-	9
	24	9	-	-	-	9	-	9	-	-	9
	36	9	-	-	-	9	3	6	-	-	9
	48	9	-	-	-	9	7	2	-	-	9
	60	9	-	-	-	9	9	-	-	-	9
2 : 1	12	-	5	4	-	9	-	-	8	1	9
	24	1	8	-	-	9	-	5	4	-	9
	36	5	4	-	-	9	2	7	-	-	9
	48	9	-	-	-	9	6	3	-	-	9
	60	9	-	-	-	9	7	2	-	-	9
1 : 3	12	8	1	-	-	9	-	9	-	-	9
	24	9	-	-	-	9	4	5	-	-	9
	36	9	-	-	-	9	8	1	-	-	9
	48	9	-	-	-	9	9	-	-	-	9
	60	9	-	-	-	9	9	-	-	-	9
3 : 1	12	-	9	-	-	9	-	6	3	-	9
	24	2	7	-	-	9	-	9	-	-	9
	36	8	1	-	-	9	4	5	-	-	9
	48	9	-	-	-	9	6	3	-	-	9
	60	9	-	-	-	9	8	1	-	-	9

ตารางที่ 5-13 ค่า %SAVE เฉลี่ยของระยะห่างของกลุ่มอาคาร

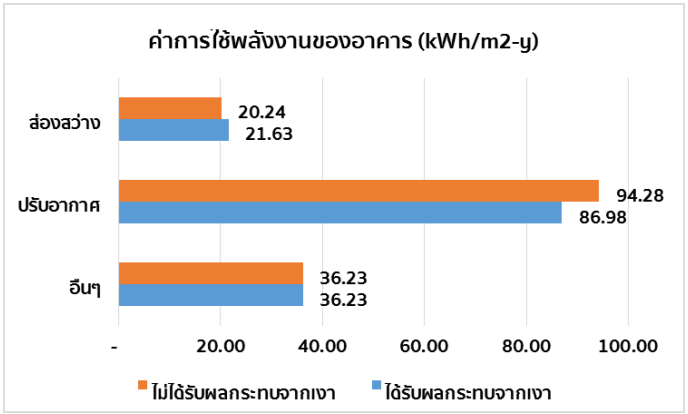
H(a) : H(b)	ระยะห่าง	ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้					ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก				
		%SAVE					%SAVE				
		ไม่เกิน 1.00	1.01-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	เฉลี่ย	ไม่เกิน 1.00	1.01-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	เฉลี่ย
1 : 1	12	-	1.86	2.43	-	2.18	-	-	2.82	3.42	3.15
	24	0.81	1.40	-	-	1.33	-	1.82	2.32	-	2.15
	36	0.78	1.06	-	-	0.81	-	1.49	-	-	1.49
	48	0.51	-	-	-	0.51	0.83	1.17	-	-	1.05
	60	0.32	-	-	-	0.32	0.72	1.04	-	-	0.76
1 : 2	12	-	1.32	-	-	1.32	-	1.91	2.35	-	2.25
	24	0.77	-	-	-	0.77	-	1.56	-	-	1.56
	36	0.46	-	-	-	0.46	0.89	1.19	-	-	1.09
	48	0.32	-	-	-	0.32	0.72	1.08	-	-	0.80
	60	0.25	-	-	-	0.25	0.61	-	-	-	0.61
2 : 1	12	-	1.72	2.23	-	1.95	-	-	2.44	3.06	2.51
	24	0.83	1.46	-	-	1.39	-	1.60	2.17	-	1.85
	36	0.80	1.18	-	-	0.97	0.98	1.44	-	-	1.34
	48	0.67	-	-	-	0.67	0.82	1.32	-	-	0.98
	60	0.46	-	-	-	0.46	0.67	1.08	-	-	0.76
1 : 3	12	0.81	1.10	-	-	0.84	-	1.60	-	-	1.60
	24	0.45	-	-	-	0.45	0.93	1.27	-	-	1.12
	36	0.26	-	-	-	0.26	0.75	1.20	-	-	0.80
	48	0.19	-	-	-	0.19	0.60	-	-	-	0.60
	60	0.15	-	-	-	0.15	0.45	-	-	-	0.45
3 : 1	12	-	1.57	-	-	1.57	-	1.72	2.15	-	1.86
	24	0.87	1.26	-	-	1.17	-	1.41	-	-	1.41
	36	0.82	1.11	-	-	0.85	0.86	1.23	-	-	1.07
	48	0.62	-	-	-	0.62	0.68	1.14	-	-	0.83
	60	0.44	-	-	-	0.44	0.61	1.05	-	-	0.66

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ระยะห่างของกลุ่มอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง และความสูงของกลุ่มอาคารเป็นสำคัญ เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งและความสูงของกลุ่มอาคารที่ดีจะส่งเสริมให้ค่าการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองความสัมพันธ์ของรูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารในการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ กรณีศึกษาย่านศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0 เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของเงาอาคารสามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของของกลุ่มอาคาร ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การจัดวางกลุ่มอาคารดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้ตรงตามสมมติฐาน โดยค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแปรผกผันกับพลังงานของระบบส่องสว่าง กล่าวคือ ค่าการใช้พลังงานของ ระบบปรับอากาศลดลง ค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างจะสูงขึ้น ในขณะเดียวกันค่าการใช้พลังงานระบบอื่นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากกลุ่มอาคาร R2-R2 / E-W / 1 : 1 / 12 ซึ่งเป็นกลุ่มอาคารที่เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานของอาคารมากที่สุดพบว่า ค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก หรือคิดเป็นค่า %SAVE ที่ -0.92 % ในขณะที่ค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศมีค่า %SAVE ที่ 4.84 % สามารถกล่าวได้ว่า ผลกระทบของเงาอาคารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมาก และมีนัยยะต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างน้อย ทั้งนี้ จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานของระบบส่องว่างและระบบปรับอากาศพบว่า เมื่ออาคารได้รับผลกระทบของเงาจะทำให้ค่าการใช้พลังงานของระบบส่องว่างเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ในขณะที่ค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศลดลง 7 หน่วย



ภาพที่ 6-1 ค่าการใช้พลังงานของกลุ่มอาคาร R2-R2 / E-W / 1 : 1 / 12

โดยผลการทดลองความสัมพันธ์ของรูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารพบว่า การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนจากผลกระทบของเงาพื้นของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร ควรเริ่มจากการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร (Orientation) เป็นอันดับแรก เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งอาคารในตำแหน่งที่ได้รับผลกระทบของเงาจากอาคารข้างเคียงเป็นวิธีการที่สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารได้มีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นควรพิจารณาถึงรูปทรง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคาร โดยมีสามารถสรุปผลได้ดังนี้

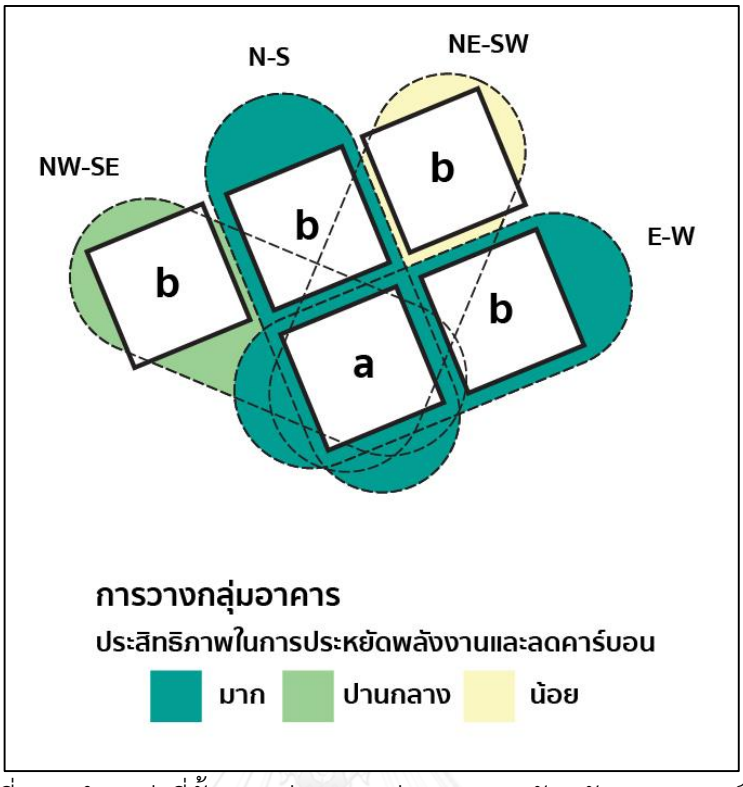
6.1) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

1) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาเป็นตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

2) ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้น้อย ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ไม่มีนัยยะต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารลักษณะนี้ทำให้อาคารได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันน้อย

3) ตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนจากการใช้ประโยชน์ของเงาอาคาร ควรพิจารณาถึงตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารเป็นอันดับแรก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 6-2 ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน

6.2) รูปทรงอาคาร

1) กรณีที่อาคารไม่ได้รับผลกระทบของเงาจากอาคารข้างเคียง รูปทรงอาคาร S ซึ่งเป็นรูปทรงที่มีค่าการใช้พลังงานอาคารน้อยที่สุด แต่เมื่อได้รับผลกระทบของเงาอาคารจะไม่ใช่รูปทรงที่มีค่าการใช้พลังงานอาคารน้อยที่สุด ในทางกลับกัน รูปทรงอาคาร R2 ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานอาคารสูงสุด แต่เมื่อได้รับผลกระทบของเงาอาคารจะมีค่าการใช้พลังงานอาคารน้อยที่สุด โดยรูปทรงอาคาร R2-R2 วางแนวตะวันออก-ตะวันตก สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารได้มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากอาคารที่มีพื้นที่ผิวภายนอกมากเมื่อได้รับผลกระทบของเงา ทำให้ความอุณหภูมิความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารลดลง ส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศลดลงอย่างมาก

2) รูปทรงอาคาร R2 เมื่อได้รับผลกระทบของเงาอาคารในด้านตะวันออกหรือตะวันตกของอาคาร สามารถประหยัดพลังงานและคาร์บอนได้มีประสิทธิภาพสูงสุด และรูปทรงอาคาร R1 ควรได้รับผลกระทบของเงาอาคารจากเงาของอาคารทิศใต้มากกว่าทิศเหนือสามารถประหยัดพลังงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3) รูปทรงที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเรียงตามลำดับคือ รูปทรง R1, S และ R2 ในทิศเหนือและทิศใต้เรียงตามลำดับคือ รูปทรง R2, S และ R1 และสำหรับทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ รูปทรงอาคารไม่มีนัยยะต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

4) ตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนจากการใช้ประโยชน์ของเงาอาคาร ไม่จำเป็นต้องเลือกใช้รูปทรงอาคารที่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานเสมอไป แต่ควรคำนึงถึงรูปทรงที่สามารถบังแสงอาทิตย์เพื่อลดอุณหภูมิความร้อนให้กับอาคารข้างเคียงมากกว่า

ตารางที่ 6-1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปทรงอาคารในแต่ละตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร

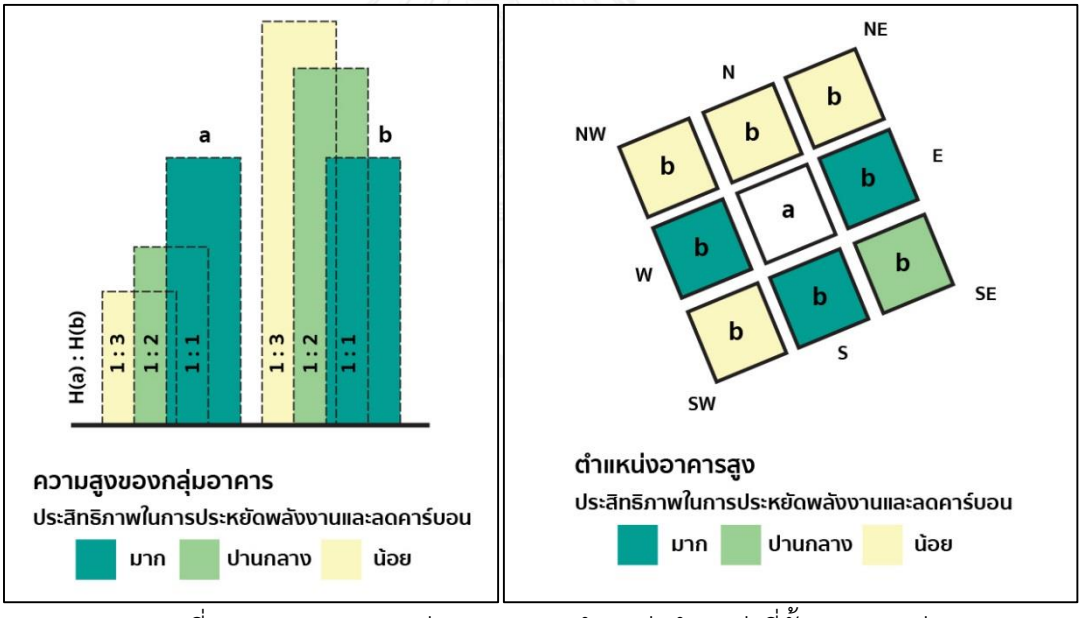
ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร	ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน			
	เหนือ-ใต้	ตะวันออก-ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้
S S	ปานกลาง	มาก	ปานกลาง	น้อย
S R1	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย	น้อย
S R2	ปานกลาง	มาก	น้อย	น้อย
R1 R1	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย
R1 S	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย
R1 R2	ปานกลาง	มาก	ปานกลาง	น้อย
R2 R2	ปานกลาง	มาก	ปานกลาง	น้อย
R2 S	ปานกลาง	มาก	ปานกลาง	น้อย
R2 R1	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย

6.3) ความสูงของกลุ่มอาคาร

1) กลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากัน (H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1) สามารถประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนได้มีประสิทธิภาพสูงสุดกับทุกตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร เนื่องจากกลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากันจะได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันมากที่สุด

2) กลุ่มอาคารที่มีความสูงต่างกันมากขึ้น ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารจะลดลง เนื่องจากได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันน้อยลง และกลุ่มอาคารที่ความสูงต่างกันตั้งแต่ 3 เท่าขึ้นไป (H(a) : H(b) มากกว่า 1 : 3) ไม่มีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน

3) อาคารสูงควรอยู่ด้านทิศตะวันตก ทิศตะวันออก หรือทิศใต้ของอาคารเตี้ย โดยอาคารสูงด้านทิศตะวันตกสามารถประหยัดพลังงานและคาร์บอนได้มากกว่าอาคารสูงที่อยู่ด้านตะวันออก และอาคารสูงไม่ควรอยู่ทิศเหนือของอาคารเตี้ย เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งอาคารลักษณะนี้จะได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันได้น้อย ส่งผลให้ค่าการประหยัดพลังงานของอาคารลดลงน้อย



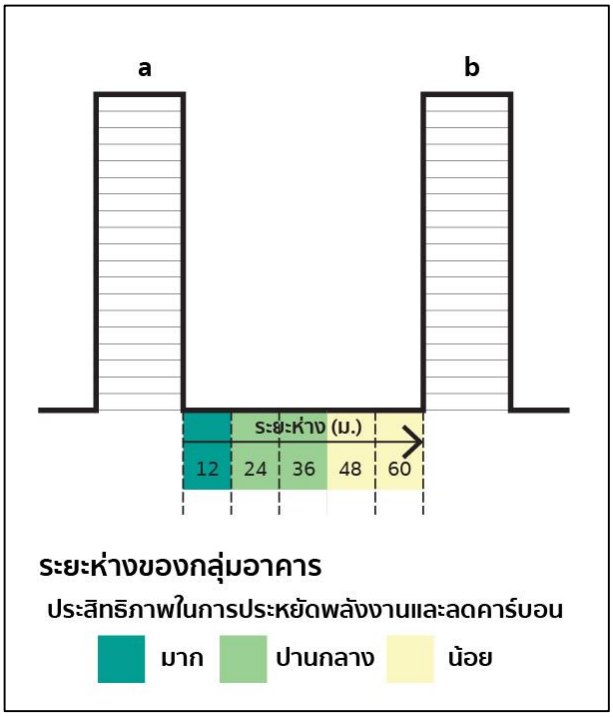
ภาพที่ 6-3 ความสูงของกลุ่มอาคารและตำแหน่งตำแหน่งที่ตั้งอาคารสูงต่อประสิทธิภาพในการการประหยัดพลังงานและคาร์บอน

6.4) ระยะห่างของกลุ่มอาคาร

1) ระยะห่างของกลุ่มอาคารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคารลดลง เนื่องจากระยะห่างที่เพิ่มขึ้นกลุ่มอาคารจะได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันน้อยลง

2) สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้ กลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากันจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนในระยะห่างที่ใกล้กัน แต่เมื่อกลุ่มอาคารมีระยะห่างเพิ่มขึ้น กลุ่มอาคารที่มีอาคารสูงอยู่ทิศใต้ของอาคารเตี้ย จะมีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและคาร์บอนได้ดีกว่ากลุ่มอาคารที่มีความสูงเท่ากัน เนื่องจากเงาของอาคารสูงมีความยาวที่สามารถตกกระทบอาคารเตี้ยในระยะที่ห่างออกไปได้มากกว่าอาคารที่มีความสูงเท่ากัน

3) ระยะห่างของกลุ่มอาคารที่เหมาะสมต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง และความสูงของกลุ่มอาคารเป็นสำคัญ เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งและความสูงของกลุ่มอาคารที่ดีจะส่งเสริมให้ค่าการประหยัดพลังงานและคาร์บอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น



ภาพที่ 6-4 ระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอน

6.5) เกณฑ์การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

การกำหนดเกณฑ์การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนอาจเลือกใช้วิธีการทางสถิติในการแบ่งตามลักษณะข้อมูล (Natural Break) โดยการแบ่งช่วงค่า %SAVE 3 ระดับ ได้แก่ ไม่เกิน 0.94 % ระหว่าง 0.95 – 1.62 % และมากกว่า 1.62 % โดยการกำหนดเกณฑ์อาจเลือกใช้ค่า %SAVE ตั้งแต่ 1.50 % ขึ้นไป เนื่องจากอยู่ในกลุ่มที่มีค่า %SAVE สูงที่สุด ซึ่งสามารถสรุประยะห่างที่เหมาะสมได้ดังนี้

- H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 ควรมีระยะห่างไม่เกิน 36 เมตร สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และระยะห่างไม่เกิน 24 เมตร สำหรับทิศทางการวาของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้

- H(a) : H(b) เท่ากับ 2 : 1 ควรมีระยะห่างไม่เกิน 30 เมตร สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และระยะห่างไม่เกิน 24 เมตร สำหรับทิศทางการวาของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้

- H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 2 ควรมีระยะห่างไม่เกิน 24 เมตร สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และระยะห่างไม่เกิน 12 เมตร สำหรับทิศทางการวาของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้

- H(a) : H(b) เท่ากับ 3 : 1 ควรมีระยะห่างอาคารไม่เกิน 24 เมตร สำหรับตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และระยะห่างไม่เกิน 12 เมตร สำหรับทิศทางการวาของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้

- H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 3 ควรมีระยะห่างอาคารไม่เกิน 12 เมตร สำหรับตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวตะวันออก-ตะวันตก และไม่ควรเลือกใช้อัตราส่วนความสูงนี้สำหรับทิศทางการวาของกลุ่มอาคารแนวเหนือ-ใต้

- นอกจานี้ ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคารแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ควรเลือกใช้ H(a) : H(b) เท่ากับ 1 : 1 และมีระยะห่างไม่เกิน 12 เมตร และไม่ควรเลือกตำแหน่งที่ตั้งอาคารแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากทุกกรณีความสัมพันธ์มีแค่ %SAVE น้อยกว่า 1.00 %

ตารางที่ 6-2 เกณฑ์การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา

ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มอาคาร	ระยะห่างของกลุ่มอาคารสูงสุด (เมตร)				
	H(a) : H(b)				
	1 : 1	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
เหนือ-ใต้	24	12	24	ไม่ควร	12
ตะวันออกออก-ตะวันตก	36	24	30	12	24
ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้	12	12	12	12	12
ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	ไม่ควร	ไม่ควร	ไม่ควร	ไม่ควร	ไม่ควร

หมายเหตุ : ระยะห่างน้อยลงค่าการประหยัดพลังงานจะสูงขึ้น

6.6) ประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงนอกจากช่วยประหยัดพลังงานและคาร์บอนของอาคารลงได้ ในอีกนัยยะหนึ่ง ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของอาคารจะลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้ ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าของอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ (การไฟฟ้านครหลวง, 2558) ที่ 3.1355 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง และที่ค่า %SAVE เฉลี่ยเท่ากับ 1 % จากผลการทดลองคิดเป็น 1.5 kWh/m^2-y หมายความว่าค่า %SAVE 1 % คิดเป็นมูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่าย 4.70 บาท/ตารางเมตร/ปี โดยกรณีแบบจำลองกลุ่มอาคารที่ใช้ในการศึกษามีพื้นที่อาคารรวมทั้งหมด 96,000 ตารางเมตร หมายความว่าที่ค่า %SAVE 1 % สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 451,512 บาท/ปี

ตารางที่ 6-3 ค่าการประหยัดรายจ่าย

%SAVE (%)	ค่าการใช้พลังงานอาคารลดลง (kWh/m^2-y)	อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าการประหยัดรายจ่าย (บาท/ตารางเมตร/ปี)	พื้นที่อาคารรวม (ตารางเมตร)	ค่าการประหยัดรายจ่ายรวม (บาท/ปี)
1.00	1.50	3.1355	4.70	96,000	451,512

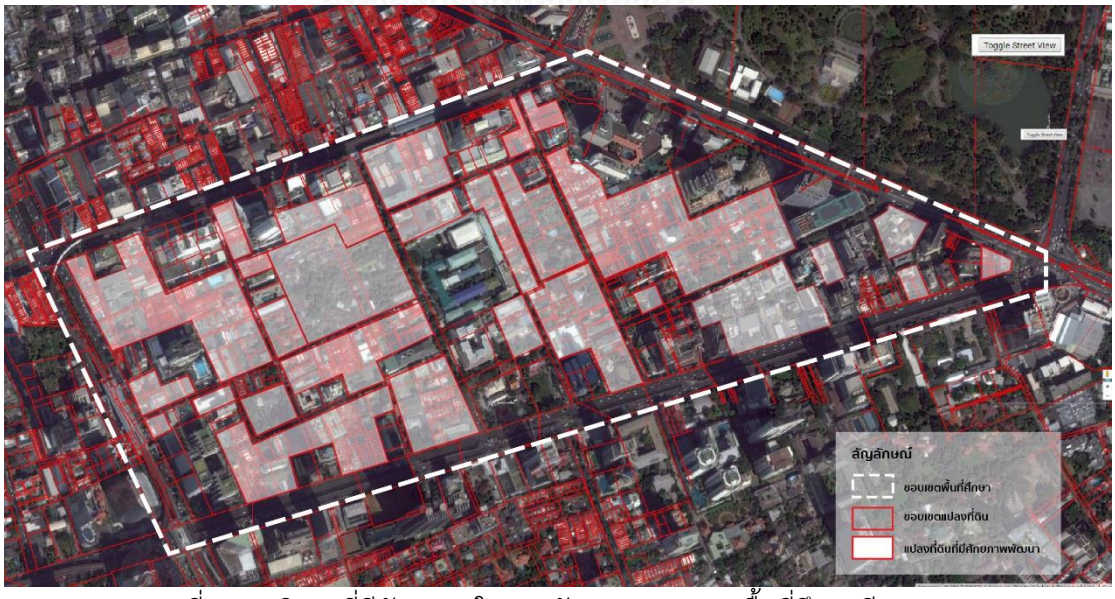
บทที่ 7
ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคาร
เพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา

7.1) การวิเคราะห์ศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่

การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนด้วยวิธีการจากผลการศึกษา กำหนดให้มีเงื่อนไขในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยมีข้อพิจารณาได้แก่ การพัฒนาอาคารเลือกพัฒนาในบริเวณที่มีศักยภาพเท่านั้น มีการพัฒนาอาคารเป็นไปตามข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 และเป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

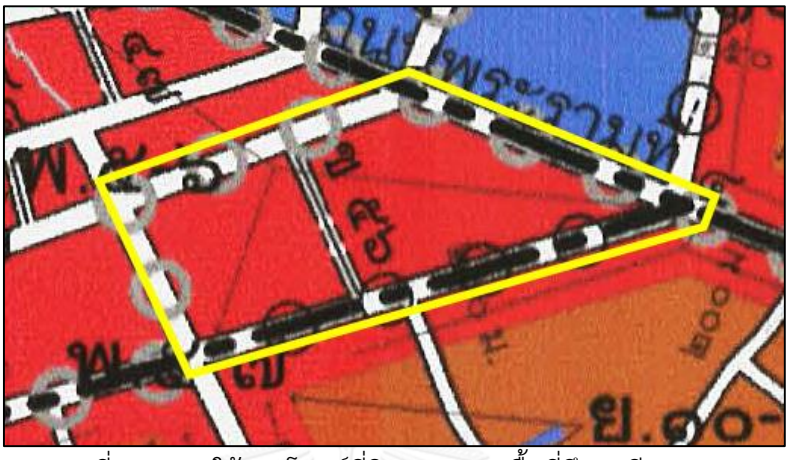
7.1.1) บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้าง หมายถึง พื้นที่ที่ยังมีการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินไม่เต็มประสิทธิภาพตามผังเมืองรวมกำหนด ยกเว้นพื้นที่ที่มีคุณค่าความสำคัญแก่การดำรงรักษา เช่น โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนแวนต์ โบสถ์คริสต์ เป็นต้น รวมถึงขนาดแปลงที่ดินที่มีความเหมาะสมหรือมีขนาดใหญ่ที่เพียงพอต่อการพัฒนาอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษได้



ภาพที่ 7-1 บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร

ทั้งนี้ บริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาดังกล่าวมีการพัฒนาเป็นไปตามข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) เท่ากับ 10 : 1 และมีอัตราส่วนพื้นที่โล่งว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) ไม่เกินร้อยละ 3



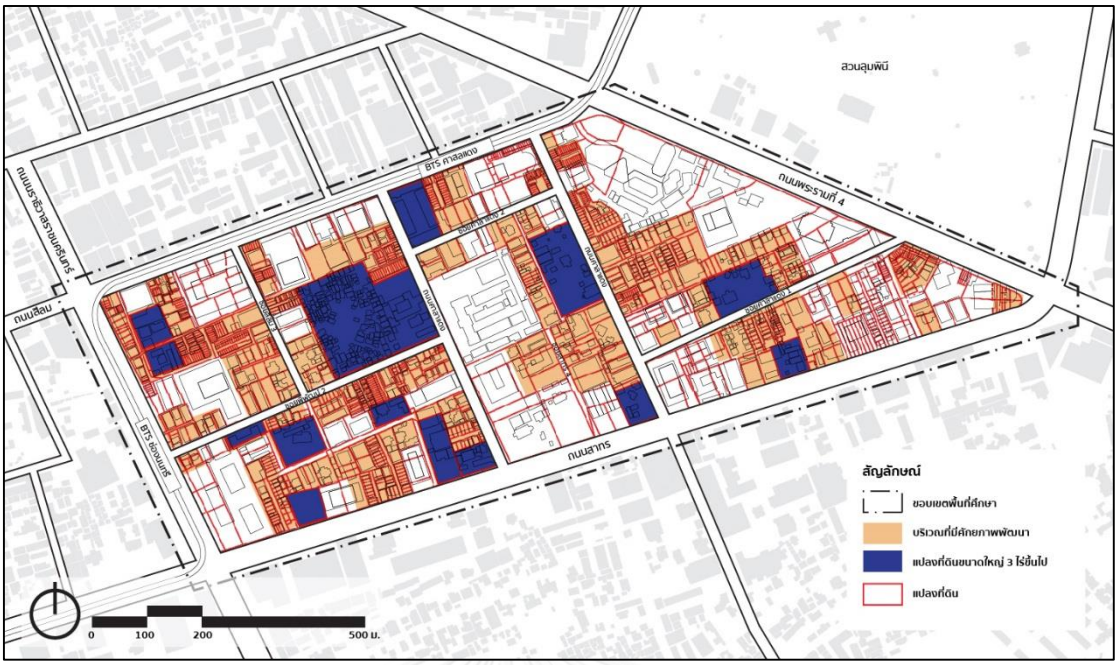
ภาพที่ 7-2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.5 ของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร

ที่มา : แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานคร 2556

7.1.2) ข้อจำกัดด้านกฎหมาย

การพัฒนาอาคารเป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่องลักษณะของอาคาร เนื้อที่ว่างของภายนอกอาคารและแนวอาคาร และกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่องแนวอาคารและระยะต่างๆ ของอาคาร โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ขนาดเขตทางของถนนสาธารณะ ระยะถอยร่น และความสูงอาคาร เป็นต้น ที่เป็นเงื่อนไขในการพัฒนาอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในพื้นที่ศึกษาได้ จากการวิเคราะห์เงื่อนไขประกอบด้วยขนาดของแปลงทีดิน ข้อกำหนดผังเมืองรวม และกฎหมายควบคุมอาคารพบว่า การพัฒนาอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในบริเวณที่มีศักยภาพ ส่วนใหญ่ไม่สามารถพัฒนาให้เต็มศักยภาพตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวมได้ ด้วยข้อจำกัดดังนี้

1) การพัฒนาอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งมีพื้นที่อาคารรวม 48,000 ตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยพื้นที่อาคารรวมที่ได้จากผลการสำรวจของพื้นที่ศึกษา พบว่า แปลงที่ดินจำเป็นต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 4,800 ตารางเมตร หรือ 3 ไร่ เพื่อให้สามารถพัฒนาได้ตามศักยภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท พ. 5 มีเพียงร้อยละ 25.23 ของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาทั้งหมด หรือคิดเป็นร้อยละ 13.51 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าขนาดแปลงที่ดินในพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันมีขนาดที่เล็ก จึงไม่เอื้อต่อการพัฒนาอาคารให้เป็นไปตามเจตนารมณ์ของผังเมืองรวม

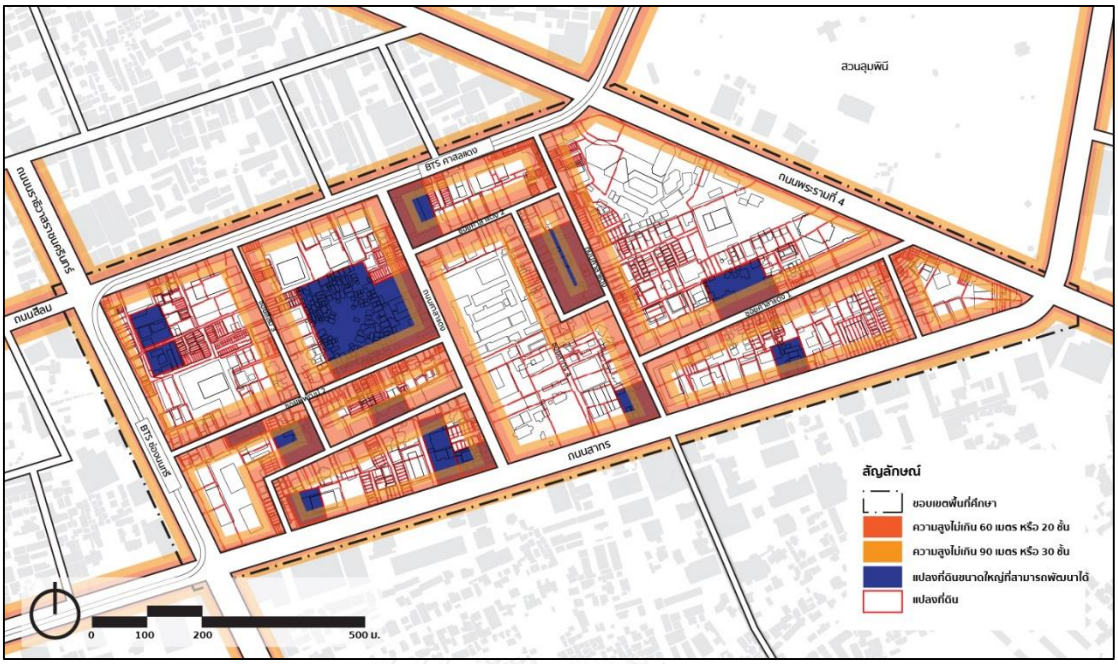


ภาพที่ 7-3 แปลงที่ดินที่มีศักยภาพในการพัฒนาอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร

2) จากข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร แม้ว่าการพัฒนาอาคารสำนักงานที่มีพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตร ไม่จำเป็นต้องตั้งอยู่ริมถนนที่มีเขตทางไม่น้อยกว่า 12 เมตร เนื่องจากพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในระยะรัศมี 500 เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน แต่ที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งของอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีพื้นที่อาคารรวมมากกว่า 30,000 ตารางเมตร จำเป็นต้องติดถนนสาธารณะที่มีเขตทางไม่น้อยกว่า 18 เมตร ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยผลการสำรวจพบว่า แปลงที่ดินที่ติดกับถนนที่มีเขตทางไม่น้อยกว่า 18 เมตร มีเพียงเฉพาะแปลงที่ดินบริเวณรอบนอกของพื้นที่ศึกษาที่ติดกับถนนสายหลักได้แก่ ถนนพระรามที่ 4 ถนนสีลม ถนนสาทร และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ นอกจากนี้ ด้านในของพื้นที่ศึกษามีแปลงที่ดินซึ่งติดกับถนนที่มีเขตทางเพียง 10 เมตร แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาอาคารโดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษาสามารถพัฒนาอาคารที่มีพื้นที่ได้ไม่เกิน 30,000 ตารางเมตร เท่านั้น

3) นอกจากนี้ แปลงที่ดินส่วนใหญ่ติดกับถนนสาธารณะที่มีเขตทางแคบ ทำให้ไม่สามารถพัฒนาอาคารสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภาพที่ 7-4) เนื่องจากติดกฎหมายควบคุมความสูงอาคารให้ไม่เกินสองเท่าของระยะห่างแนวเขตที่ดิน ว่าด้วยกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยผลการวิเคราะห์พบว่า แปลงที่ดินที่มีขนาดใหญ่ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษและมีพื้นที่ตั้งแต่ 3 ไร่ ขึ้นไปหลายแปลงไม่สามารถก่อสร้างอาคารที่มีความสูงเกิน 30 ชั้นได้ แสดงให้เห็นว่า แม้จะมีแปลงที่ดินขนาดใหญ่ที่

เหมาะสมต่อการพัฒนา แต่แปลงที่ดินเหล่านั้นติดกับถนนสาธารณะที่มีเขตทางแคบทำให้ไม่สามารถพัฒนาให้เป็นไปตามผังเมืองรวมกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



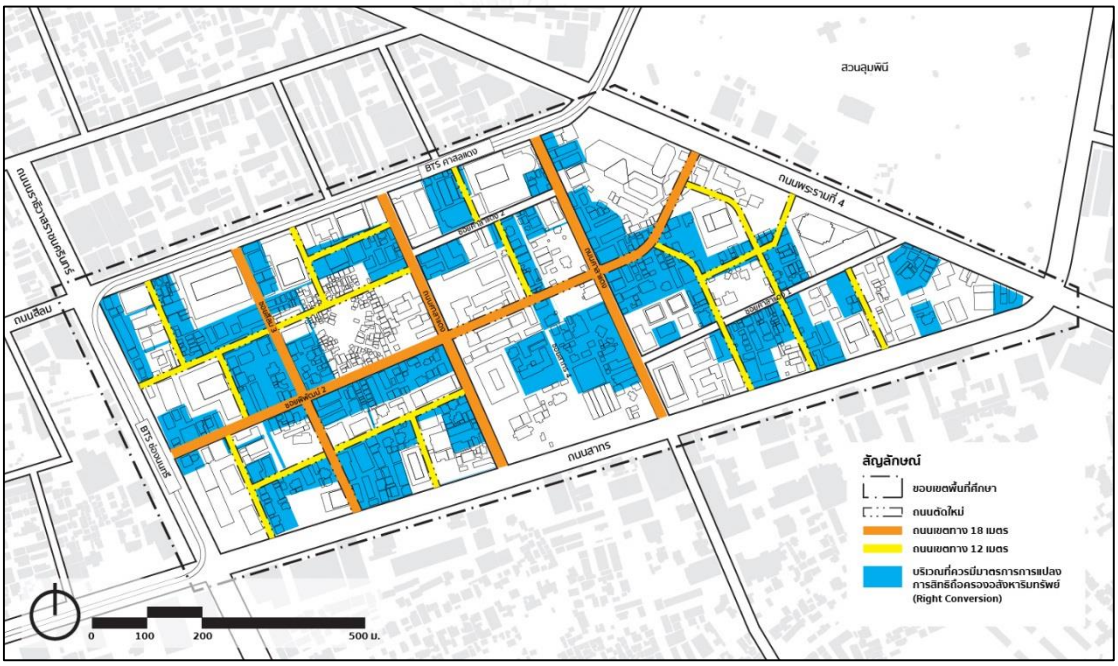
ภาพที่ 7-4 ข้อจำกัดความสูงอาคารของพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทร

7.1.3) สรุปศักยภาพและข้อจำกัด

จากข้อพิจารณาทั้ง 3 สามารถกล่าวได้ว่า การพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างให้เป็นไปข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 โดยมีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) เท่ากับ 10 : 1 อาจไม่สามารถทำการพัฒนาได้เนื่องจากแปลงที่ดินส่วนใหญ่มีขนาดที่เล็กไม่เอื้อต่อการพัฒนา ประกอบกับติดกฎหมายควบคุมอาคารส่งผลให้แปลงที่ดินขนาดใหญ่ไม่สามารถพัฒนาได้เต็มศักยภาพ โดยการพัฒนาอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไม่สามารถมีพื้นที่อาคารรวมเกิน 30,000 ตารางเมตร เนื่องจากไม่ติดกับถนนสาธารณะที่มีเขตทางเพียงพอ อีกทั้งถนนภายในพื้นที่ศึกษามีขนาดเขตทางแคบทำให้ไม่สามารถพัฒนาอาคารสูงได้มากนัก

7.2) แนวทางการจัดวางกลุ่มอาคาร

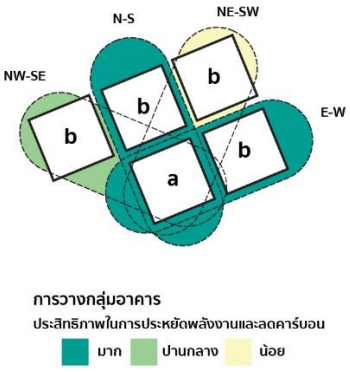
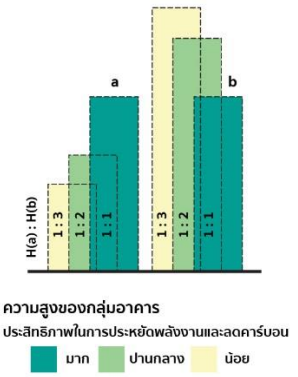
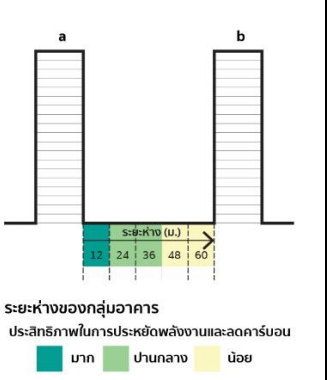
เพราะฉะนั้น เพื่อเสนอถึงแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน โดยมีการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นไปตามผังเมืองรวมกำหนด มีค่า FAR เท่ากับ 10 : 1 รัฐจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการปรับขนาดของแปลงที่ดินขนาดเล็กของเอกชนให้เหมาะสมต่อการพัฒนา ซึ่งอาจเลือกใช้เครื่องมือในการรวมสิทธิถือครองอสังหาริมทรัพย์ (Right Conversion) ประกอบกับการเวนคืนที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์บางบริเวณเพื่อใช้ในการพัฒนาโครงข่ายการสัญจรร่วมด้วย นอกจากนี้ รัฐอาจเลือกใช้เครื่องมือผังเมืองเฉพาะในการเวนคืนที่ดินเพื่อการพัฒนาโครงข่ายการสัญจร ว่าด้วยพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 7-5 ข้อเสนอแนะการปรับปรุงโครงข่ายการสัญจร โดยการใช้เครื่องมือในการรวมสิทธิถือครองอสังหาริมทรัพย์ (Right Conversion) หรือผังเมืองเฉพาะ

เมื่อมีการพัฒนาโครงข่ายการสัญจรและการรวมสิทธิถือครองอสังหาริมทรัพย์ตามข้อเสนอแนะดังกล่าว สามารถทำให้การพัฒนาอาคารและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ศึกษาสีลม-สาทรเป็นไปตามผังเมืองรวมกำหนดและไม่ขัดต่อกฎหมายควบคุมอาคาร ซึ่งการพัฒนากลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนจากผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน สามารถทำได้โดยอาศัยแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารจากข้อสรุปผลการวิจัย ได้แก่ รูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง และระยะห่างของกลุ่มอาคารที่เหมาะสมต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

ตารางที่ 7-1 สรุปความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ตั้ง ความสูง ระยะห่างของกลุ่มอาคารต่อประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงาน

		
ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร	**ความสูงอาคาร**	**ระยะห่างอาคาร**

แนวทางดังกล่าวควรพิจารณาตามความเหมาะสมของบริบทของพื้นที่นั้นๆ โดยควรคำนึงถึง

1) ตำแหน่งที่ตั้งอาคารเป็นอันแรกในตำแหน่งที่ตั้งอาคารให้ได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกัน ซึ่งทิศทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ทิศตะวันออก-ตะวันตก รองลงมาเป็นทิศเหนือ-ใต้ สำหรับกรณีที่มีความจำเป็นในตำแหน่งที่ตั้งอาคารเหลื่อมกัน ควรวางกลุ่มอาคารไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จะมีประสิทธิภาพกว่าทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

2) เมื่อได้ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมแล้ว ควรพิจารณาถึงรูปทรงอาคารในลำดับถัดมา โดยในตำแหน่งที่ตั้งกลุ่มอาคารในทิศตะวันออก-ตะวันตก ควรเลือกใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางขวางตะวันและในทิศเหนือ-ใต้ ควรเลือกใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตามตะวัน จะมีประสิทธิภาพในประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด อย่างไรก็ตามกรณีที่อาคารมีตำแหน่งที่ตั้งที่ไม่ได้รับผลกระทบของเงาอาคาร ควรเลือกใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีค่าการใช้พลังงานของอาคารน้อยที่สุด

3) ข้อพิจารณาในลำดับถัดไปคือ ความสูงของกลุ่มอาคาร ซึ่งควรออกแบบให้อาคารมีความสูงเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และไม่ควรมีอัตราส่วนความสูงของกลุ่มอาคารต่างกันถึง 3 เท่าตัว นอกจากนี้กรณีที่มีความจำเป็นต้องวางกลุ่มอาคารที่มีความสูงต่างกัน ควรเลือกวางอาคารสูงในทิศตะวันออก ทิศตะวันตก หรือทิศใต้ และไม่ควรวางอาคารสูงในทิศเหนือ และ

4) ไม่ควรวางกลุ่มอาคารให้มีระยะห่างระหว่างอาคารมากเกินกว่า 36 เมตร และถ้าเป็นไปได้ควรวางอาคารให้มีระยะห่างระหว่างกันที่น้อยที่สุด

ภาพที่ 7-6 ผังแม่บทการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนพื้นที่ศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

ผลจากการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของพื้นที่ศึกษาจากแนวทางดังกล่าว สามารถวัดค่าการใช้พลังงานของอาคารด้วยวิธีการเดียวกันกับขั้นตอนศึกษาวิจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Google Sketchup Pro 8 ร่วมกับ Openstudio 1.0.10 และ EnergyPlus 8.0 ได้ที่ร้อยละ 6.00 ของค่าการใช้พลังงานอาคารรวมของพื้นที่ศึกษา คิดเป็นค่าการลดการปล่อยคาร์บอน 23,348.70 ตันคาร์บอนเทียบเท่าต่อปี และคิดเป็นมูลค่าใช้จ่ายที่ลดลงประมาณ 144.77 ล้านบาทต่อปี หรือ 28.15 บาทต่อตารางเมตร

ตารางที่ 7-2 ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) ค่าการลดการปล่อยคาร์บอน (SAVE-CO2e) ของพื้นที่ศึกษา

บริเวณ	ค่าการใช้พลังงานของอาคาร (kWh/ปี)			%SAVE (%)	SAVE-CO2e (tCO_2e/ปี)
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา	ลดลง		
A	229,247,893	215,097,662	14,150,230	6.17	7,155.77
B	147,028,741	136,443,112	10,585,629	7.20	5,353.15
C	155,881,844	147,169,184	8,712,659	5.59	4,405.99
D	140,168,605	133,446,427	6,722,177	4.80	3,399.41
E	96,708,983	90,708,631	6,000,352	6.20	3,034.38
รวม	769,036,066	722,865,017	46,171,048	6.00	23,348.70

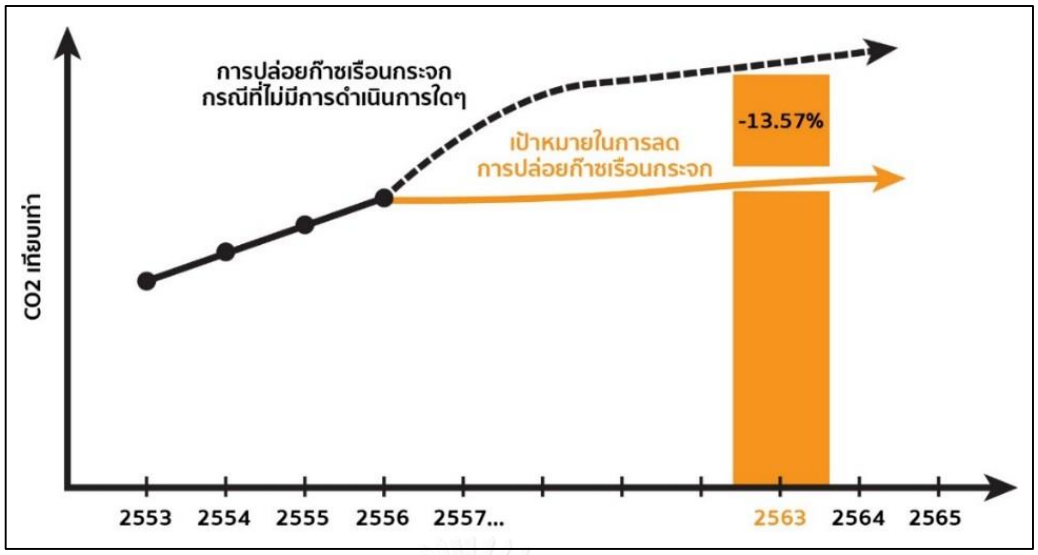
ตารางที่ 7-3 มูลค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายของพื้นที่ศึกษา

บริเวณ	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)	ประหยัดค่าใช้จ่าย (บาท)	ประหยัดค่าใช้จ่าย (บาท/ตร.ม.)
A	1,532,098	44,397,379	28.98
B	981,435	32,663,852	33.28
C	1,034,042	26,910,586	26.02
D	936,580	20,850,174	22.26
E	643,482	19,537,437	30.36
รวม	5,127,638	144,359,428	28.15

ผลจากการจัดวางกลุ่มอาคารของพื้นที่ศึกษาตามแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน แสดงให้เห็นว่า การจัดวางกลุ่มอาคารที่มีความกระจุกตัวสูงขึ้น อาคารจะได้รับผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าการประหยัดพลังงาน (%SAVE) มีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากนี้ ตามที่กรุงเทพมหานครได้มีการจัดทำแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556-2566 โดยมีการกำหนด

เป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2563 จากภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ ภาคขนส่ง ภาคพลังงาน ภาคขยะและน้ำเสีย และภาคการวางผังเมืองสีเขียวให้ได้ร้อยละ 13.57 ทั้งนี้ ในส่วนของภาคพลังงานมีเป้าหมายการลดลงที่ร้อยละ 13.22 ซึ่งมีมาตรการมุ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างของกทม. โดยผลการจัดวางกลุ่มอาคารตามแนวทางการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ที่ร้อยละ 6.00 หรือประมาณครึ่งหนึ่งของเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2563 ประกอบกับเกณฑ์การออกแบบและก่อสร้างอาคารตามมาตรฐาน LEED ในหมวดพลังงานและบรรยากาศ ซึ่งเป็นหมวดที่สามารถให้คะแนนการประหยัดพลังงานได้มากที่สุด ได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของการลดการใช้พลังงานในอาคารไว้อย่างน้อย 10 % หมายความว่าการจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารตามเกณฑ์ดังกล่าวได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนอาจเพิ่มสูงขึ้นได้ ในกรณีที่อาคารมีช่องเปิดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาคารสำนักงานสมัยใหม่ อาทิ ตึกมหานครที่มีการใช้สัดส่วนช่องเปิด (Window to Wall Ratio : WWR) หรือมีเปลือกอาคารเป็นกระจกโดยส่วนใหญ่ ซึ่งจะทำให้ได้รับอุณหภูมิความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารมากกว่าปกติ ผลกระทบของเงาจึงมีประสิทธิภาพต่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนที่สูงขึ้น อีกทั้ง การจัดวางกลุ่มอาคารยังเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารที่ไม่เสียมูลค่าการลงทุนทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์และเทคโนโลยีเพื่อการประหยัดพลังงานของอาคารอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 7-7 เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรุงเทพมหานคร

ที่มา : โครงการการจัดทำแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556-2566

นอกจากนี้ การจัดวางกลุ่มอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงในแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาเมืองแบบกระชับ (Compact City) ซึ่งเน้นการเพิ่มความหนาแน่นในเขตพื้นที่เมืองชั้นในเพื่อลดการขยายตัวไปยังพื้นที่ชานเมือง ส่งผลให้การเดินทางภายในเมืองสั้นลง นอกจากจะเป็นการลดการใช้พลังงานในการเดินทางและลดการปล่อยคาร์บอนแล้ว เมืองที่มีความหนาแน่นหรือกระจุกตัวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้ เนื่องจากได้รับผลกระทบของเงาอาคารซึ่งกันและกันอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3) ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

เพื่อให้การจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยคาร์บอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ควรพิจารณาการใช้ประโยชน์ของอาคารตามเวลาการใช้งานเพิ่มเติม เนื่องจากการศึกษาของงานวิจัยมุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยการใช้ประโยชน์ของเงาอาคารข้างเคียงในการลดรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารเป็นหลัก

เพราะฉะนั้น อาคารที่ไม่ได้มีการใช้งานของระบบปรับอากาศในเวลากลางวัน อาทิ อาคารชุดพักอาศัย การใช้ประโยชน์จากเงาอาคารข้างเคียงอาจไม่มีประสิทธิภาพต่อการลดการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งการพิจารณาเวลาการใช้งานของอาคารจะเป็นประโยชน์ต่อการนำเสนอแนวทางออกแบบกลุ่มอาคารที่มีความหลากหลายมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอนโดยการใช้พื้นที่ร่มงาของอาคารข้างเคียง จะสามารถลดการใช้พลังงานในอาคาร ลดการปล่อยคาร์บอนของอาคาร และลดค่าใช้จ่ายของอาคารลงได้ แต่อาจส่งผลลบต่อทัศนวิสัยในการมองเห็น เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งอาคารในแนวเดียวกันและใกล้กันเกินไป และอาจทำให้ค่าเช่าพื้นที่ลดลง ซึ่งในทางปฏิบัติจริงจำเป็นต้องมีข้อพิจารณาในประเด็นนี้ด้วย

นอกจากนี้ การศึกษาการลดการปล่อยคาร์บอนของงานวิจัยเป็นเพียงส่วนหนึ่งของแนวทางการออกแบบเมืองคาร์บอนต่ำ เพื่อให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ต่อการนำไปปฏิบัติ จำเป็นต้องมีการพิจารณาถึง

1) การพัฒนาเมืองให้มีความกระชับ (Compact) โดยการเพิ่มความหนาแน่นและการผสมผสานการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อลดการใช้พลังงานในการเดินทาง และส่งเสริมการใช้ที่ดินภายในเมืองให้มีประสิทธิภาพ

2) การคมนาคมขนส่ง (Transportation & Mobility) ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ การเดินและจักรยาน เพื่อลดการพึ่งพายานพาหนะส่วนบุคคล

3) อาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Buildings) โดยการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร และการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

4) พลังงาน (Energy) ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานขยะ เป็นต้น เพื่อลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากฟอสซิลและการบริหารจัดการพลังงานในพื้นที่เมืองอย่างมีประสิทธิภาพ และ

5) การเพิ่มที่ทางธรรมชาติ (Natural Environment) เพื่อผลต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสร้างภูมิทัศน์ที่ดีให้กับพื้นที่เมือง

รายการอ้างอิง

Alexander Schmidt. (2012). Thinking Low-Carbon for Urban Planning and Design-The Hongqiao Plan. Retrieved from http://future-megacities.org

Bologun, A. A., Morakinyo, T. E., & Adegun, O. B. (2014). Effect of Tree Shading on Energy Demand of Two Similar Buildings. *Energy and Buildings*, 305-315. Retrieved from

Calthorpe Associates. (2012). Design Principles for Low Carbon Cities. *Sustainable Cities China Design Manual for Low Carbon Development*, 5-15. Retrieved from

Cho, J., Kim, Y., & Yoo, C. (2014). Viability for Exterior Shading Devices for Hise-Rise Residential Buildings: Case Study for Cooling Energy Saving and Economic Feasibility Analysis. *Building and Environment*, 771-785. Retrieved from

Sieting Tan, Jin Yang, & Yan, J. (2015). Development of the Low-Carbon City Indicator (LCCI). *Energy Procedia 75*.

The APEC Low Carbon Model Town Task Force APEC Energy Working Group. (2011). The Concept of the Low Carbon Town in the APEC Region", Asia-Pacific Economic Cooperation. *Asia-Pacific Economic Cooperation*.

Tsinghua University School of Architecture. (2010). Designing Clean Energy Cities New Approches to Urban Design and Energy Performance. *Making the 'Clean Energy City' in China*, 9-20. Retrieved from

Yang Wenyao. (2010). The Impact of Spatial Planning, Urban Design and Built form on Urban Sustainability, 46th ISOCARP Congress 2010. *Practice and Innovation of Low-Carbon Concept in the Planning of Hongqiao District*, 1-11. Retrieved from

Yuanyuan Zhang. (2016). Low-Carbon Indicator System-Sino: Evaluation Low-Carbon City Development Level in China. *Degree of Doctor of Engineering, University of Duisburg-Essen*.

ใยชมพู นาคประสิทธ์. (2557). ผลกระทบของรูปทรงอาคาร การวางทิศทาง และเปลืออาคารชุดพักอาศัยต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน เปรียบเทียบกับอาคารตามมาตรฐาน *ASHARE 90.1 2010.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กษิดา ชำนาญดี. (2554). การเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกของผนังต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานปรับอากาศ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การุณย์ ศุภมิตรโยธิน. (2548). การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขจรฤทธิ์, ส. (2552). แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม : การบังแดด. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วศิน จิรสัชฌกรม. (2558). ผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานตามเกณฑ์ *LEED VERSION 4.* (วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

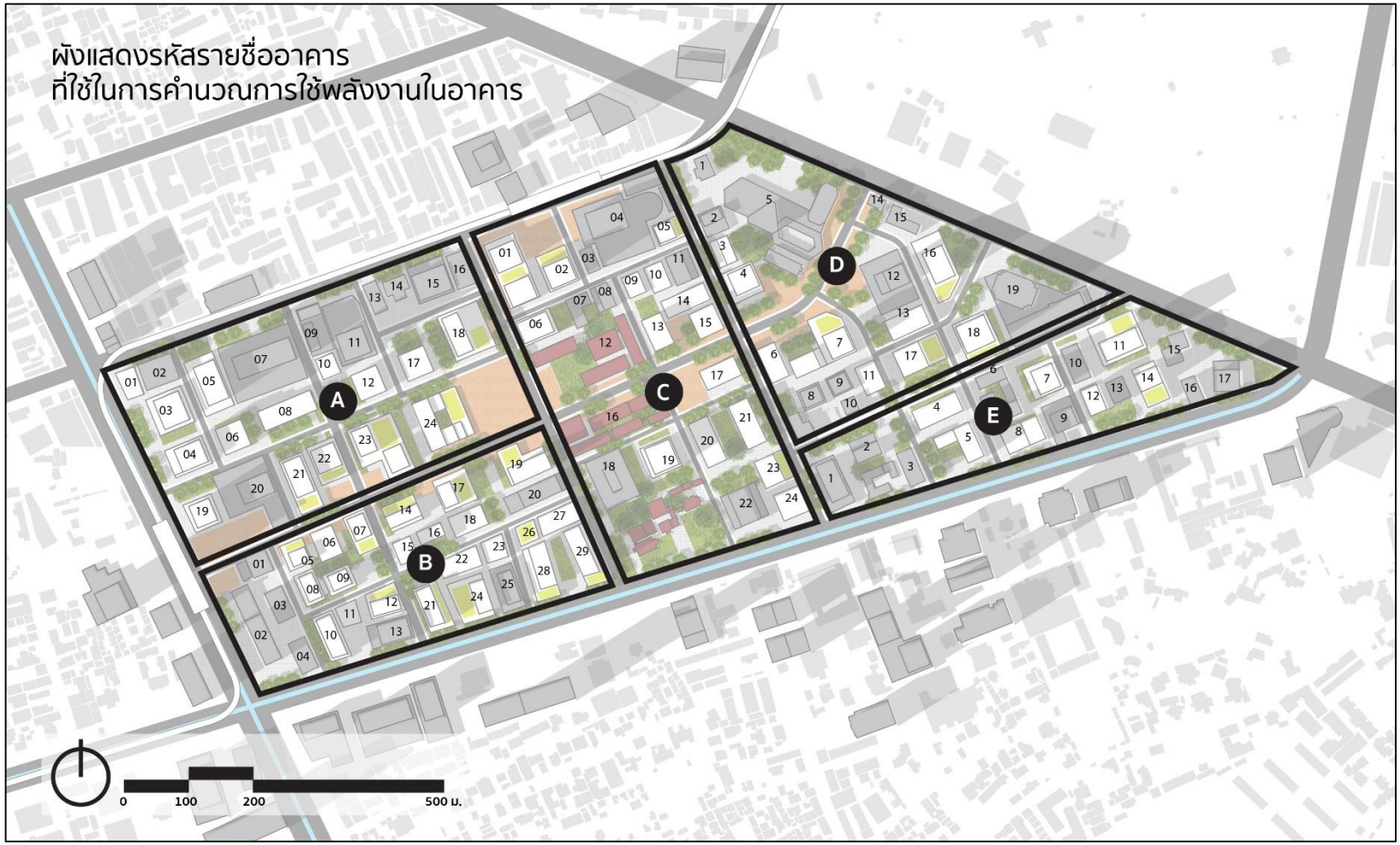
วิรดา ดีราษฎร์วิเศษ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2556). อิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สิวิชญา ดาวประกายมงคล. (2552). แนวทางการเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุโรชา เจียรนัยพานิชย์. (2555). ผลกระทบของรูปทรงและการวางทิศทางอาคารสำนักงานต่อประสิทธิภาพการประหยัด พลังงานตามมาตรฐาน *ASHRAE 90.1 2007.* (วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ ผ-1 ผังแสดงรหัสรายชื่ออาคารที่ใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารของพื้นที่ศึกษาศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม สีลม-สาทร

ตารางที่ ผ-1 ค่าการใช้พลังงานของพื้นที่ศึกษาตามผังแม่บทการจัดวางกลุ่มอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยคาร์บอน

รหัสอาคาร	ค่าการใช้พลังงาน (kWh/m2-y)		%SAVE	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)	ค่าการใช้พลังงานทั้งอาคาร (kWh/y)	
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา			ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา
A-01	149.63	138.98	7.12	23,992	3,589,972.34	3,334,421.85
A-02	150.12	133.30	11.20	42,231	6,339,678.69	5,629,412.67
A-03	165.23	157.71	4.55	118,539	19,586,179.14	18,694,978.70
A-04	144.23	137.66	4.56	72,564	10,465,970.62	9,989,123.24
A-05	152.03	141.91	6.65	134,143	20,393,705.56	19,036,550.30
A-06	151.92	138.89	8.58	49,600	7,535,281.60	6,888,865.11
A-07	151.81	142.45	6.17	172,247	26,149,207.11	24,535,900.56
A-08	151.70	138.30	8.83	52,087	7,901,778.43	7,203,674.14
A-09	151.59	136.05	10.25	32,137	4,871,788.51	4,372,225.16
A-10	151.49	135.01	10.88	17,890	2,710,113.61	2,415,328.80
A-11	151.38	142.54	5.84	124,397	18,830,768.71	17,731,934.53
A-12	151.27	145.21	4.01	70,400	10,649,196.80	10,222,499.94
A-13	151.16	136.50	9.70	19,524	2,951,223.91	2,665,000.64
A-14	151.05	136.30	9.76	19,564	2,955,056.17	2,666,578.59
A-15	150.94	140.32	7.03	73,341	11,070,161.48	10,291,456.49
A-16	146.12	132.97	9.00	52,786	7,713,037.72	7,018,904.43
A-17	145.22	136.27	6.16	49,600	7,202,912.00	6,759,152.15
A-18	142.76	135.59	5.02	65,348	9,328,716.46	8,860,262.59
A-19	140.29	137.87	1.73	58,451	8,200,094.53	8,058,432.12
A-20	141.23	133.00	5.82	74,258	10,487,398.02	9,876,527.52
A-21	142.17	134.49	5.40	62,465	8,880,613.60	8,400,885.30
A-22	143.11	134.46	6.05	38,191	5,465,434.77	5,134,986.66
A-23	144.05	138.63	3.76	75,975	10,943,939.13	10,532,119.89
A-24	144.99	137.06	5.47	32,369	4,693,027.19	4,436,449.64
รวม					228,915,256.10	214,755,671.00
B-01	151.01	137.78	8.76	9,361	1,413,607.38	1,289,772.24
B-02	150.90	141.33	6.34	84,926	12,815,634.00	12,002,666.03
B-03	150.80	135.97	9.83	27,624	4,165,546.14	3,756,007.48
B-04	150.69	137.79	8.56	26,534	3,998,291.32	3,656,133.69
B-05	150.58	142.31	5.49	16,523	2,487,960.66	2,351,260.83
B-06	150.47	135.64	9.86	16,523	2,486,206.98	2,241,169.21
B-07	150.36	139.53	7.20	26,318	3,957,270.06	3,672,202.55
B-08	150.26	133.78	10.96	20,875	3,136,555.80	2,792,693.83
B-09	150.15	137.58	8.37	26,145	3,925,677.90	3,597,154.22
B-10	150.04	138.90	7.43	48,707	7,307,960.15	6,765,226.73
B-11	149.93	130.97	12.65	14,983	2,246,444.71	1,962,310.42

รหัสอาคาร	ค่าการใช้พลังงาน (kWh/m2-y)		%SAVE	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)	ค่าการใช้พลังงานทั้งอาคาร (kWh/y)	
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา			ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา
B-12	149.82	133.34	11.00	34,764	5,208,433.55	4,635,270.69
B-13	149.72	139.39	6.90	67,035	10,036,177.86	9,343,711.75
B-14	149.61	136.25	8.93	27,576	4,125,577.93	3,757,224.65
B-15	149.50	142.34	4.79	32,962	4,927,820.78	4,691,813.22
B-16	144.73	133.59	7.70	17,463	2,527,356.22	2,332,843.24
B-17	143.84	137.53	4.38	32,622	4,692,241.95	4,486,535.26
B-18	141.39	132.50	6.29	12,849	1,816,722.26	1,702,442.06
B-19	138.95	136.56	1.73	60,963	8,470,987.61	8,324,846.66
B-20	139.88	124.35	11.10	23,434	3,277,962.47	2,913,956.63
B-21	140.81	129.09	8.32	46,301	6,519,744.28	5,977,035.39
B-22	141.74	131.04	7.55	27,024	3,830,431.65	3,541,243.70
B-23	142.67	130.47	8.55	11,727	1,673,101.53	1,530,028.58
B-24	143.60	133.06	7.34	44,077	6,329,650.56	5,864,999.93
B-25	144.53	129.14	10.65	28,047	4,053,663.07	3,621,892.05
B-26	145.46	130.30	10.42	9,170	1,333,872.61	1,194,833.90
B-27	146.39	133.87	8.56	28,513	4,174,115.92	3,816,910.64
B-28	147.32	139.12	5.57	82,689	12,182,009.01	11,503,643.43
B-29	148.25	140.03	5.54	75,704	11,223,450.34	10,601,215.65
รวม					**144,344,474.70**	**133,927,044.66**
C-01	147.14	137.22	6.74	109,336	16,087,494.42	15,003,112.04
C-02	148.12	140.86	4.90	93,300	13,819,860.96	13,142,180.02
C-03	159.11	140.02	12.00	7,875	1,253,005.43	1,102,654.11
C-04	158.99	147.21	7.41	123,541	19,642,192.45	18,186,936.83
C-05	149.92	138.61	7.55	17,686	2,651,517.39	2,451,378.95
C-06	149.82	139.70	6.75	51,634	7,735,604.90	7,213,321.19
C-07	149.71	136.25	8.99	8,626	1,291,430.10	1,175,359.83
C-08	149.60	132.42	11.49	16,527	2,472,491.25	2,188,488.01
C-09	149.49	132.35	11.46	16,867	2,521,472.83	2,232,422.52
C-10	149.38	141.27	5.43	16,330	2,439,466.87	2,306,928.24
C-11	144.61	138.33	4.35	28,965	4,188,697.40	4,006,550.62
C-12	143.72	138.16	3.87	36,518	5,248,485.85	5,045,313.88
C-13	141.28	136.38	3.47	45,384	6,412,033.15	6,189,605.59
C-14	138.84	134.56	3.08	28,404	3,943,681.28	3,822,090.43
C-15	139.77	133.24	4.67	46,404	6,486,083.21	6,183,079.18
C-16	137.28	131.78	4.01	26,384	3,622,078.30	3,476,827.35
C-17	149.82	142.36	4.98	34,033	5,098,701.26	4,844,844.63
C-18	149.71	140.93	5.86	36,366	5,444,275.65	5,125,067.74
C-19	149.60	146.50	2.07	74,657	11,168,649.11	10,937,447.53

รหัสอาคาร	ค่าการใช้พลังงาน (kWh/m2-y)		%SAVE	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)	ค่าการใช้พลังงานทั้งอาคาร (kWh/y)	
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา			ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา
C-20	149.49	138.92	7.07	43,382	6,485,320.86	6,026,546.91
C-21	149.38	141.29	5.42	43,382	6,480,640.92	6,129,473.40
C-22	144.61	139.31	3.67	42,127	6,092,107.41	5,868,486.22
C-23	139.84	128.81	7.89	36,713	5,134,025.65	4,728,921.97
C-24	135.07	130.03	3.74	49,600	6,699,630.16	6,449,359.44
รวม					**152,418,946.79**	**143,836,396.64**
D-01	149.74	147.09	1.76	9,579	1,434,377.74	1,409,065.06
D-02	149.11	138.66	7.01	12,466	1,858,767.98	1,728,525.39
D-03	143.86	133.96	6.88	17,359	2,497,288.39	2,325,381.23
D-04	151.64	143.58	5.32	35,279	5,349,749.88	5,065,383.92
D-05	151.53	147.24	2.83	106,340	16,113,995.83	15,657,499.84
D-06	151.42	140.07	7.50	30,738	4,654,448.99	4,305,511.98
D-07	151.32	144.74	4.35	101,522	15,361,816.47	14,693,803.20
D-08	151.21	142.55	5.72	21,027	3,179,353.41	2,997,392.09
D-09	151.10	133.77	11.47	19,859	3,000,639.18	2,656,453.51
D-10	143.86	135.04	6.13	8,346	1,200,732.52	1,127,111.90
D-11	136.63	123.28	9.77	26,428	3,610,740.81	3,258,039.91
D-12	149.34	142.05	4.88	72,964	10,896,226.44	10,364,247.35
D-13	150.66	140.21	6.94	28,682	4,321,382.77	4,021,520.74
D-14	150.55	141.68	5.90	6,093	917,289.42	863,203.85
D-15	150.45	139.82	7.06	12,675	1,906,931.83	1,772,295.36
D-16	150.34	142.69	5.09	75,456	11,343,790.80	10,766,651.11
D-17	150.23	144.64	3.72	51,379	7,718,551.55	7,431,677.15
D-18	136.63	130.91	4.18	105,342	14,392,353.19	13,790,188.55
D-19	149.34	143.57	3.86	195,048	29,127,940.43	28,002,712.78
รวม					**138,886,377.64**	**132,236,664.91**
E-01	151.86	142.67	6.05	50,565	7,678,576.91	7,213,970.68
E-02	142.33	133.20	6.41	20,585	2,929,830.31	2,741,955.06
E-03	159.95	154.09	3.66	31,762	5,080,354.13	4,894,261.67
E-04	159.84	147.66	7.62	43,382	6,934,161.09	6,405,885.88
E-05	156.80	148.81	5.10	52,236	8,190,633.02	7,773,274.77
E-06	159.61	147.78	7.41	37,439	5,975,596.98	5,532,875.47
E-07	159.49	147.46	7.55	50,277	8,018,847.52	7,413,579.15
E-08	151.86	141.60	6.75	40,365	6,129,661.96	5,715,806.47
E-09	144.22	131.25	8.99	29,744	4,289,618.62	3,904,079.22
E-10	157.64	139.53	11.49	28,557	4,501,647.29	3,984,564.61
E-11	159.03	151.72	4.60	102,213	16,255,358.63	15,508,136.06
E-12	158.92	148.61	6.49	28,780	4,573,642.79	4,276,905.36

รหัสอาคาร	ค่าการใช้พลังงาน (kWh/m2-y)		%SAVE	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)	ค่าการใช้พลังงานทั้งอาคาร (kWh/y)	
	ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา			ไม่ได้รับผลกระทบจากเงา	ได้รับผลกระทบจากเงา
E-13	158.81	140.60	11.46	11,359	1,803,845.45	1,597,060.71
E-14	158.69	150.07	5.43	40,881	6,487,419.44	6,134,951.59
E-15	158.06	148.82	5.84	24,590	3,886,546.25	3,659,477.95
E-16	157.40	150.77	4.21	11,591	1,824,302.68	1,747,454.26
E-17	151.86	147.38	2.95	39,158	5,946,325.54	5,771,086.20
รวม					**100,506,368.62**	**94,275,325.12**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

พชร ตังสวานิช เกิดเมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2534 ปัจจุบันอายุ 26 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เกียรตินิยมอันดับ 2 ปีการศึกษา 2556

ปัจจุบันทำงานเป็นนักวิจัยผังเมืองที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยเพื่อการฟื้นฟูและพัฒนาเมือง (Urban Renewal and Development Research Unit : URDRU) เป็นระยะเวลา 2 ปี ได้มีส่วนร่วมในโครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร-ปรับปรุงครั้งที่ 4 ร่วมกับสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร โครงการจัดทำเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวมเมือง/ชุมชน ร่วมกับกรมโยธาธิการและผังเมือง โครงการศึกษามาตรการการโอนสิทธิการพัฒนา (Transfer of Development Right : TDR) และมาตรการพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ (Planned Unit Development : PUD) ร่วมกับสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร และโครงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ร่วมกับบริษัทปตท. จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University