การปรับปรุงอาคารอนุรักษ์เพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark: กรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง

นางสาวพัชรี ตรัยวรภัค

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Energy Conservation and Environmental Friendly renovation for Historic House according to Ecovillage and Home Quality Mark guidelines: A case study of Baan Hua Lumphong.

Miss Patcharee Trivorapak

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงอาคารอนุรักษ์เพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark: กรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง
โดย	นางสาวพัชรี ตรัยวรภัค
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธุดา พุฒิไพโรจน์)

พัชรี ตรัยวรภัค : การปรับปรุงอาคารอนุรักษ์เพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark: กรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง (Energy Conservation and Environmental Friendly renovation for Historic House according to Ecovillage and Home Quality Mark guidelines: A case study of Baan Hua Lumphong.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน, 146 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงอาคารอนุรักษ์ เพื่อการประหยัดพลังงานและสร้างสภาวะน่าสบายแก่ผู้ใช้อาคาร ทั้งด้านการอนุรักษ์อาคารและด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเลือกศึกษาบ้านหัวลำโพงซึ่งเป็นอาคาร 2 ชั้น ขนาด 583.3 ตารางเมตร อายุ 113 ปี ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งกำลังจะทำการอนุรักษ์ปรับปรุงเพื่อพักอาศัย โดยใช้การประเมินตามเกณฑ์ชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน Ecovillage ของประเทศไทย และเกณฑ์ Home Quality Mark ของประเทศอังกฤษ โดยจำลองผลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 การระบายอากาศในอาคารด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ Solidworks Flow Simulation และค่าระดับความส่องสว่างในอาคารด้วยโปรแกรม Dialux Evo 6.1 รวมทั้งศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานอื่น ตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อวิเคราะห์ผลและหาทางเลือกที่เหมาะสมตามเกณฑ์ดังกล่าว

ผลการศึกษาพบว่าอาคารอนุรักษ์เดิมมีการออกแบบที่เอื้ออำนวยกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เช่น ผนังคอนกรีตหนารับน้ำหนัก ที่ช่วยหน่วงความร้อน หน้าต่างบานเปิดไม้แบบผลักและกระทุ้งที่ช่วยเป็นทั้งแผงบังแดด เปิดรับลมและแสงสว่างได้ตามต้องการ สำหรับเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark (HQM) พบว่าการใช้วัสดุที่มีสารพิษต่ำและการประหยัดน้ำช่วยด้านสุขภาวะ แก่ผู้อยู่อาศัยและลดการใช้พลังงานในอาคาร ด้านผลจำลองการใช้พลังงานพบว่าการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว กับกระเบื้องหลังคาคอนกรีตเดิม และใช้หลอดไฟ LED จะช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 9,000-10,000 บาทต่อปี การใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ ช่วยประหยัดน้ำได้ 4,884 บาทต่อปี การปรับใช้วัสดุประหยัดพลังงานจะมีมูลค่าการลงทุนเพิ่มขึ้น 1.45% จากงบประมาณการบูรณะ ในภาพรวมการปรับปรุงใช้วัสดุ Eco จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 15,000 บาท ต่อปี และสามารถคืนทุนภายใน 6 ปี

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5873578625 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: HISTORIC HOUSE, VISUAL DOE 4.1, CFD, DIALUX EVO, ECOVILLAGE, HOME QUALITY MARK, VENTILATION, SAVING ENERGY

PATCHAREE TRIVORAPAK: Energy Conservation and Environmental Friendly renovation for Historic House according to Ecovillage and Home Quality Mark guidelines: A case study of Baan Hua Lumphong.. ADVISOR: ASSOC. PROF. PHANCHALATH SURIYOTHIN, 146 pp.

The objective of this research is to suggest an improvement in energy saving of a historic house and the thermal comfort of the residents in both building conservation and economy. A case study, Baan Hua Lumphong a 113-year-old two-storey building located in Bangkok, has been examined and assessed. This building is going to be refurbished and conserved based on the criteria of “Ecovillage” and “Home Quality Mark”, which is widely used in Thailand and United Kingdom respectively. Visual DOE 4.1, SolidWorkds Flow Simulation and Dialux Evo 6.1 were used to simulate and analyzed the power consumption, illuminance and ventilation in order to develop the appropriate solutions based on such criteria.

The results showed this house already had a good climatic design e.g. load bearing walls which have good time lag property, adjustable casement windows and operable louvers can provide shadings, ventilation and natural light. Using low-toxic building materials and reducing water usage can reduce energy consumption and improve living condition of occupants. The simulation results showed savings potential around 9,000-10,000 THB on energy bills annually, Installing 4-inch thick fiberglass insulations on existing roofs and replacing light bulbs with LEDs. For water-saving fixtures can save 4,884 THB per year. The application of ECO building materials inflates the budget of this project by only 1.45%, comparing to the conventional specifications. However, this saves the operation costs of the building by 15,000 THB annually with the payback period within 6 years.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Architecture	Student's Signature	.....
Field of Study:	Architecture	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016		

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับบุคคลสำคัญทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จึงขอกล่าวนามดังต่อไปนี้

รองศาสตราจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับการให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันสำคัญในการตรวจสอบ แก้ไข จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างดียิ่งเสมอมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ สำหรับความรู้ และการปูพื้นฐานระเบียบวิธีวิจัยที่สำคัญยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์

กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร. พันธุดา พุฒิไพโรจน์ สำหรับคำแนะนำ และช่วยสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณไกรวิชญ์ และ คุณชุติมา วรมนตรี เจ้าของบ้านหัวลำโพง อาคารกรณีศึกษา สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ การให้ข้อมูลรายละเอียดโครงการบูรณะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัย

อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน ในการถ่ายทอดความรู้ และเปิดโลกทัศน์ทางสถาปัตยกรรมอันเป็นประโยชน์

เจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน สำหรับการช่วยเหลือดำเนินงานและติดตามข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

ครอบครัว เพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และน้องๆรุ่น 8 ทุกท่าน สำหรับความห่วงใย ช่วยเหลือและสนับสนุนเคียงข้างตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญภาพ 4

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.8 คำศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา 5

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ความสำคัญและวิธีการอนุรักษ์อาคาร 7

2.2 แนวโน้มและนโยบายประหยัดพลังงาน 12

2.3 อาคารอนุรักษ์กับการประหยัดพลังงาน 16

2.4 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติและสภาวะน่าสบาย 18

2.5 คุณสมบัติของวัสดุและการถ่ายเทความร้อน 18

2.6 เกณฑ์การประเมินอาคารยั่งยืน 24

2.6.1 เกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน (Ecovillage) 27

2.6.2 เกณฑ์การประเมิน Home Quality Mark (HQM) 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.7 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
2.8 สรุปการทบทวนวรรณกรรม 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 39
3.1 ทบทวนวรรณกรรม ศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง 39
3.2 สำรวจรูปแบบทางสถาปัตยกรรม 39
3.3 กำหนดพื้นที่ในอาคารที่จะทำการศึกษา 44
3.4 จำลองผลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ 47
3.5 ศึกษาการปรับปรุงองค์ประกอบต่างๆ โดยเปรียบเทียบเกณฑ์ Ecovillage และ HQM 49
3.6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 50
บทที่ 4 ผลการศึกษา 51
4.1 รายละเอียดของบ้านหัวลำโพง 51
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา 51
4.1.2 สภาพแวดล้อมอาคาร 52
4.1.3 การจัดวางพื้นที่และทางเดินในอาคาร 53
4.1.4 ระบบเปลือกอาคารและวัสดุก่อสร้าง 53
4.1.5 พื้นที่อาคารและจำนวนผู้ใช้อาคาร 54
4.2 การวิเคราะห์กรณีอาคารศึกษาบ้านหัวลำโพงกับเกณฑ์ Ecovillage ในหมวดงานอาคารประกอบไปด้วย 57
รูปทรงอาคาร 57
4.3 การวิเคราะห์กรณีอาคารศึกษาบ้านหัวลำโพงกับเกณฑ์ HQM 93
บทที่ 5 สรุปการวิจัย 107
5.1 การสำรวจอาคาร 107
5.2 แนวทางการปรับปรุงอาคาร 107

หน้า

5.2.1 แนวทางการปรับปรุงอาคารด้านการระบายอากาศ 108
5.2.2 แนวทางการปรับปรุงด้านการป้องกันความร้อน..... 108
5.2.3 แนวทางการปรับปรุงด้านแสงสว่าง 109
5.2.4 แนวทางการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์น้ำ..... 109
5.3 โอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark มาใช้กับการประเมินอาคารอนุรักษ์ 109
5.4 ประเมินความคุ้มค่าทางหลักเศรษฐศาสตร์ 111
รายการอ้างอิง..... 116
ภาคผนวก 120
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 146

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สัดส่วนเป้าหมายการประหยัดพลังงานรายภาคเศรษฐกิจในปี 2573 13
ตารางที่ 2 ตัวอย่างความหนาของวัสดุและช่วงเวลาหน่วงความร้อน 20
ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่า U - value ของผนังทึบ 21
ตารางที่ 4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกประเภทต่างๆ 22
ตารางที่ 5 แสดงชนิดและคุณสมบัติของฉนวน 23
ตารางที่ 6 ตัวอย่างค่า U - value ของผนังทึบ 24
ตารางที่ 7 แสดงหมวดและคะแนนการประเมินเกณฑ์ Ecovillage 28
ตารางที่ 8 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานอาคาร 28
ตารางที่ 9 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานอาคาร (ต่อ) 29
ตารางที่ 10 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานระบบ 30
ตารางที่ 11 แสดงหมวดและคะแนนการประเมินเกณฑ์ Home Quality Mark (HQM) 31
ตารางที่ 12 แสดงหัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ HQM เฉพาะหมวดที่พักอาศัย 31
ตารางที่ 13 ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายในอาคารแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 36
ตารางที่ 14 ข้อมูลวัสดุของอาคารกรณีศึกษาแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบแบบบูรณะจากสถาปนิก 40
ตารางที่ 15 แสดงตารางการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน 42
ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของบ้านหัวลำโพง 42
ตารางที่ 17 ชนิดของวัสดุที่ทำการทดสอบในโปรแกรม Visual DOE 4.1 45
ตารางที่ 18 ตารางการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา เมื่อแล้วเสร็จ 54
ตารางที่ 19 จำนวนพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา 55
ตารางที่ 20 แสดงขนาดและการแบ่งพื้นที่ในอาคารแต่ละชั้นของอาคารกรณีศึกษา 55
ตารางที่ 21 แสดงรายละเอียดหัวข้อ 2.1 การป้องกันความร้อนจากหลังคา 60
ตารางที่ 22 แสดงค่า R-value และ ค่า K ของวัสดุฉนวนหลังคา ในเกณฑ์ Ecovillage ที่นำมาจำลองผลใน Visual DOE 4.1 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 23 ค่าการใช้พลังงานระบบปรับอากาศในอาคารของอาคารกรณีศึกษา กรณีใช้กระเบื้องว่าวไฟเบอร์ซีเมนต์ไอยร่า.....63
ตารางที่ 24 แสดงรายละเอียดหน้าต่างกระจกเพื่อหาค่า (Window –to-wall ratio) WWR 66
ตารางที่ 25 ค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุผนังและสีภายนอกของผนังชนิดต่างๆ...70
ตารางที่ 26 แสดงจำนวนและขนาดพื้นที่ Buffer Zone ของอาคารกรณีศึกษา 71
ตารางที่ 27 แสดงสัดส่วนช่องเปิดในห้องนอนและห้องนั่งเล่น.....74
ตารางที่ 28 แสดงค่าคุณสมบัติของกระจก.....79
ตารางที่ 29 ตารางข้อมูลภาวะน่าสบายในประเทศไทยด้วยลมธรรมชาติ 81
ตารางที่ 30 ข้อมูลพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของอาคารกรณีศึกษา.....82
ตารางที่ 31 แสดงขนาดห้องนอนและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม 84
ตารางที่ 32 ตัวอย่างประเภทชักโครกประหยัดน้ำรุ่นต่างๆ.....88
ตารางที่ 33 ผลคะแนนของเกณฑ์ Ecovillage ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 92
ตารางที่ 34 ผลคะแนนของเกณฑ์ Ecovillage ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา (ต่อ).....93
ตารางที่ 35 ประเภทอุปกรณ์ใช้น้ำและเกณฑ์การประเมิน HQM 104
ตารางที่ 36 ผลคะแนนของเกณฑ์ Home Quality Mark ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 104
ตารางที่ 37 ผลคะแนนเกณฑ์ Home Quality Mark ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา (ต่อ) 105
ตารางที่ 38 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของกระเบื้อง 2 ประเภทและฉนวนแบบต่างๆ..... 109
ตารางที่ 39 เปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนระหว่างวัสดุแบบเดิมและแบบปรับปรุงตามเกณฑ์ 112
ตารางที่ 40 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปี..... 114
ตารางที่ 41 แสดงแบบและสัดส่วนช่องเปิดทั้งหมดในอาคารกรณีศึกษา 121
ตารางที่ 42 เปรียบเทียบราคาวัสดุก่อสร้างระหว่างแบบธรรมดา และแบบประหยัดแบ่งตามหมวดหมู่..... 128

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 43 ระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศของผู้พักอาศัยในบ้านหัวลำโพงในแต่ละวัน..... 136

ตารางที่ 44 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายเดือน ในปี พ.ศ. 25559..... 139

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เรือนพระยาศรีธรรมาธิราช อาคารผนังหนาแบบรับน้ำหนักรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า 9

ภาพที่ 2 (ซ้าย) วังบ้านดอกไม้ (ขวา) บ้านหลวงสาทรราชายุกต์ อาคารแบบมีหอสูงและ 9

ภาพที่ 3 (ซ้าย) บ้านวินด์เซอร์ (ขวา) เรือนประเสนชิต หลังคาทรงจั่วหรือทรงมนิลาและหลังคา.....10

ภาพที่ 4 (ซ้าย) ช่องแสง ช่องลมเหนือประตูหน้าต่าง (ขวา) บานเปิดคู่แบบลูกฟัก.....10

ภาพที่ 5 (ซ้าย) การส่งผ่านรังสีและแสงดวงอาทิตย์ของกระจก Low-E.....22

ภาพที่ 6 การกำหนดตำแหน่งจุดวัดลมภายในบ้านกรณีศึกษา.....35

ภาพที่ 7 สัดส่วนอาคารและการแบ่งพื้นที่ใช้สอยในบ้านหัวลำโพง.....42

ภาพที่ 8 เครื่องวัดความเร็วลม Tenmars Hot-Wire Air Velocity Meter.....43

ภาพที่ 9 แสดงการกำหนดจุดในการวัดกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา 43

ภาพที่ 10 การกำหนดพื้นที่เพื่อทำการจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 44

ภาพที่ 11 ผังห้อง A, B, C และ D ในการทดลองงานวิจัยนำร่องเรื่องการระบายอากาศ 46

ภาพที่ 12 ภาพจำลองบ้านหัวลำโพงบริเวณชั้น 1 ด้วยโปรแกรม Dialux Evo.....47

ภาพที่ 13 ซ้ายและขวา ตัวอย่างการจำลองอาคารกรณีศึกษาผ่านโปรแกรม Visual DOE 4.1 48

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการจำลองอาคารกรณีศึกษาผ่านโปรแกรม Dialux Evo 49

ภาพที่ 15 อาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง สภาพก่อนการปรับปรุง 51

ภาพที่ 16 ที่ตั้งอาคารในปัจจุบัน 52

ภาพที่ 17 ผังบริเวณอาคารกรณีศึกษา.....52

ภาพที่ 18 รูปด้านหน้าและด้านข้างของบ้านหัวลำโพง.....53

ภาพที่ 19 ผังพื้นห้องบ้านหัวลำโพงชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2.....53

ภาพที่ 20 โครงเคร่าและกระจกบริเวณชั้น 2 ภายในบ้านหัวลำโพง 54

ภาพที่ 21 ผังแสดงสัดส่วนอาคารกรณีศึกษา บริเวณชั้น 1 และชั้น 2 58

ภาพที่ 22 แสดงทิศทางอาคารกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์การรับลมและทิศทางการรับรังสีดวงอาทิตย์.....59

ภาพที่ 23 แสดงพื้นที่ดาดฟ้าที่ไม่มีการทำหลังคาสองชั้น บริเวณห้องน้ำนอกตัวอาคาร 64
ภาพที่ 24 (บน) หลังคากระเบื้องว่าวของบ้านหัวลำโพงก่อนการบูรณะ.....65
ภาพที่ 25 รูปด้านแสดงสัดส่วนหน้าต่างกระจกและแผงบังแดดของอาคารกรณีศึกษา.....67
ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างสัดส่วนพื้นที่กระจก 69
ภาพที่ 27 ตัวอย่างสีเดิมของผนังไม้และปูนอาคารกรณีศึกษา 70
ภาพที่ 28 แสดงพื้นที่ Buffer zone ในอาคาร (สีเขียว) 71
ภาพที่ 29 แสดงผังโครงสร้างพื้นชั้น 1.....73
ภาพที่ 30 ผังช่องเปิดบริเวณพื้นที่ใช้งานหลัก (ห้องนอนและห้องนั่งเล่น) ชั้น 1 และชั้น 2.....74
ภาพที่ 31 ตัวอย่างการจำลองผลแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ตัวอาคารชั้น 1 สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast 75
ภาพที่ 32 แสดงรูปหน้าและรูปด้านห้องน้ำในอาคารกรณีศึกษา.....76
ภาพที่ 33 แสดงภาพหน้าต่างบานปิด หมายเลข น.16, น.19 และ น.23 77
ภาพที่ 34 แสดงฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของประเทศไทย 78
ภาพที่ 35 (ซ้าย) แสดงการเปิดหน้าต่างในห้องหลักและทิศทางกระแสลมภายในห้องชั้น 1.....81
ภาพที่ 36 ความแตกต่างของระบบปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์และแบบทั่วไป.....84
ภาพที่ 37 แสดงค่าการจำลองค่าส่องสว่างของหลอด LED ในอาคารกรณีศึกษา 85
ภาพที่ 38 แสดงวัสดุสำหรับติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย.....87
ภาพที่ 39 ภาพสุขภัณฑ์เดิมที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา.....88
ภาพที่ 40 ตัวอย่างก๊อกน้ำรุ่น Cotto Eco Faucet ปริมาณไหลของน้ำ 3.7 ลิตรต่อนาที.....90
ภาพที่ 41 ภาพหัวเพิ่มฟองอากาศทั้งแบบฝักบัวและก๊อกน้ำ 90
ภาพที่ 42 ตัวอย่างการออกแบบถังเก็บน้ำฝน เพื่อใช้ทดแทนน้ำประปาสำหรับอุปโภค.....91
ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม 94
ภาพที่ 44 ตัวอย่างผลการจำลองค่าแสงธรรมชาติ (DF) ในห้องรับประทานอาหาร.....95
ภาพที่ 45 ผลจำลองโปรแกรม CFD แสดงจุดอับลมในพื้นที่ใช้สอยหลักแต่ละห้อง (วงสีแดง).....98

ภาพที่ 46 (ซ้าย) สัญลักษณ์ EPD ของประเทศอังกฤษ 100
ภาพที่ 47 ผังพื้นที่บริเวณบ้านและจุดวางถังขยะแยกประเภท..... 103
ภาพที่ 48 ถังขยะแยกประเภทขนาด 40 ลิตร..... 103
ภาพที่ 49 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารบ้านเลขที่ 1 ซอยกัปตันบุชและวังพญาไท.. 111
ภาพที่ 50 สวิทซ์และปลั๊กไฟในอาคารบ้านเลขที่ 1 ซอยกัปตันบุช..... 111
ภาพที่ 51 ผลการจำลองความเร็วลมทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณห้องนอนชั้น 1 และห้องนอน-ห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง 136
ภาพที่ 52 ผลการจำลองความเร็วลมทางทิศใต้บริเวณห้องนอนและห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง 137
ภาพที่ 53 ผลการจำลองความเร็วลมทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในบริเวณห้องนอนและห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง..... 137
ภาพที่ 54 แสดงผลการจำลองความเร็วลมในบริเวณพื้นที่ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง..... 138

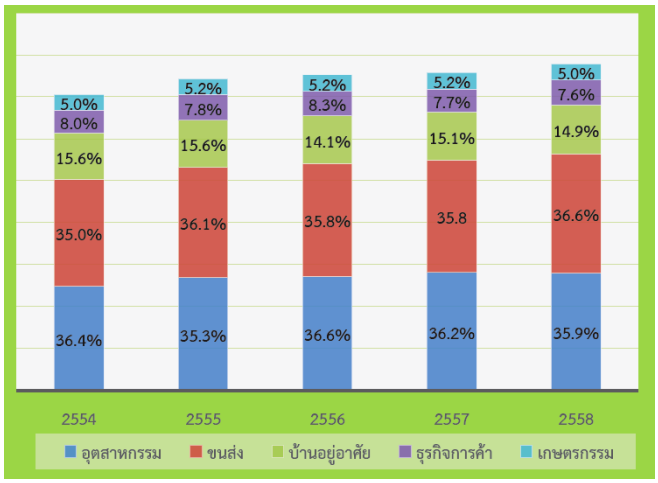
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอารยธรรมความเป็นมาตั้งแต่อดีตมาช้านาน อาคารอนุรักษ์หลายแห่งทั่วประเทศที่ยังคงเหลือความงดงามของสถาปัตยกรรมอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่ได้รับการบูรณะและอนุรักษ์โดยทำการปรับเปลี่ยนเป็นพิพิธภัณฑ์ สำนักงานหรือโรงแรมที่พัก แม้ว่าอาคารอนุรักษ์ที่มีการออกแบบตั้งแต่ในอดีตอาจจะเหมาะสมรองรับกับสภาพอากาศในช่วงเวลานั้น แต่ในปัจจุบันโลกเผชิญกับสภาวะโลกร้อน (global warming) และปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างรุนแรง เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการออกแบบอาคารทั้งอาคารที่มีอยู่เดิมและอาคารก่อสร้างใหม่ จากงานวิจัยโครงการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน และฟื้นฟูการใช้อาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อาคาร 2) ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษากรุงเทพฯ พบว่าอาคารที่มีอายุการใช้งานยาวนาน นอกจากสภาพอาคารทรุดโทรมจนเกิดปัญหาที่กระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ยังพบว่าสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารยังสิ้นเปลืองมากกว่าปกติเนื่องจากการออกแบบระบบปรับอากาศมีขนาดไม่เพียงพอกับภาระความร้อนในส่วนต่างๆของอาคาร รวมถึงวัสดุประกอบอาคารเกิดเสื่อมสภาพทำให้มีการรั่วไหลของอากาศภายในของเครื่องปรับอากาศ การออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จึงมีความสำคัญและควรปรับปรุงเพื่อลดค่าใช้จ่ายให้เหมาะสม (รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และพรพุฒิ ศุภเอม, 2011) ภาวการณ์อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น ประกอบกับความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมมีผลทำให้การใช้พลังงานรวมของทุกภาคส่วนในแต่ละปีสูงขึ้นตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิที่ 1 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2558

ที่มา: (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2015)

จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า (แผนภูมิที่ 1) จำแนกตามสาขาเศรษฐศาสตร์ พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2558 พบว่าการใช้พลังงานในหมวดบ้านอยู่อาศัยสูงเป็นอันดับ 3 ดังนั้นการเห็นความสำคัญของอาคารอนุรักษ์ในแง่การประหยัดพลังงาน เช่นเดียวกับอาคารสร้างใหม่ จึงเป็นจุดสำคัญในการวิจัยเพื่อเสนอแนวทางประหยัดพลังงาน ควบคู่กับการอนุรักษ์อาคารเก่าที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรม โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมของที่อยู่อาศัย ทั้งเกณฑ์ระดับประเทศและระดับต่างประเทศ เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์การประเมินอาคารอนุรักษ์ที่ปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับบ้านอนุรักษ์ ดังนี้

1) เกณฑ์ชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน (Ecovillage) ของการเคหะแห่งชาติ ซึ่งได้ทำการวิจัยและพัฒนาจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียวจากหลายประเทศ ได้แก่ TREES (ประเทศไทย), LEED (ประเทศสหรัฐอเมริกา) , CASBEE (ประเทศญี่ปุ่น) , BREEAM (ประเทศอังกฤษ) และ GREEN MARK (ประเทศสิงคโปร์) จนได้เกณฑ์ที่เหมาะสมกับชุมชนและบ้านพักอาศัยในประเทศไทย

2) เกณฑ์ Home Quality Mark (HQM) ของประเทศอังกฤษ เป็นเกณฑ์ที่พัฒนาจากเกณฑ์อาคารเขียวของประเทศอังกฤษ (BREEAM) เน้นด้านการส่งเสริมความเป็นอยู่และสุขอนามัยของผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนและชุมชน

อาคารกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้เลือกมาศึกษานั้น เป็นอาคารที่สร้างขึ้นในรัชกาลที่ 5 แรกสร้างเป็นของพระยาสุนทรพิมล เมื่อปี พ.ศ. 2447 มีลักษณะเด่นเป็นอาคารก่ออิฐถือปูน ในลักษณะของผนังรับน้ำหนัก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของอาคารในสมัยนั้น ซึ่งปัจจุบันกำลังอยู่ในระหว่างการปรับปรุง ซึ่งทางเจ้าของอาคารในปัจจุบัน มีความสนใจด้านการอนุรักษ์อาคารและการประหยัดพลังงาน จึงเป็นโอกาสที่ผู้วิจัยจะได้ทำการศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ทั้งกับเจ้าของอาคารและผู้วิจัยเอง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจอาคารเก่าในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมตะวันตกที่คล้ายคลึงอาคารกรณีศึกษาและสร้างในช่วงปลายรัชกาลที่ 5 เช่น วังมะลิวัลย์ วังบ้านดอกไม้ และบ้านเลขที่ 1 ตรอกกัปตันบุช พบว่าอาคารส่วนใหญ่ถูกดัดแปลงเป็นอาคารสำนักงานมีการแก้ไขปรับปรุง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ บานหน้าต่างเปลี่ยนเป็นกระจกใส แม้จะเพิ่มสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร แต่ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ดังนั้นการนำเกณฑ์การอยู่อาศัยอย่างยั่งยืนข้างต้นมาใช้ประเมินอาคารอนุรักษ์ กรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง จะเป็นตัวอย่างในการส่งเสริมการอนุรักษ์ทั้งการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า พัฒนาคุณภาพความเป็นอยู่อาศัยอย่างยั่งยืนและลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

1.2 คำถามในการวิจัย

1.2.2 บ้านเก่าที่ทรุดโทรมเป็นเวลานาน ควรมีการปรับปรุงอย่างไรให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนและประหยัดพลังงาน

1.2.3 บ้านเก่าที่มีคุณค่าควรอนุรักษ์ มีการออกแบบที่สอดคล้องกับเกณฑ์การออกแบบบ้านยั่งยืนในปัจจุบัน (Ecovillage, Home Quality Mark) อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อศึกษาการออกแบบและการใช้วัสดุเดิมของบ้านอนุรักษ์ ที่เป็นเอกลักษณ์ในสมัยรัชกาลที่ 5 เปรียบเทียบกับวัสดุประหยัดพลังงานในปัจจุบัน

1.3.2 ศึกษารูปแบบและลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน

1.3.3 ศึกษาการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติและวิธีการลดการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา

1.3.4 วิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัดของเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark เพื่อการประยุกต์ใช้กับอาคารอนุรักษ์ในประเทศไทย

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ศึกษาเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบาย Ecovillage ของการเคหะแห่งชาติ และ เกณฑ์ Home quality mark ของประเทศอังกฤษ เฉพาะในหมวดด้านงานอาคาร และงานระบบ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนบ้านพักอาศัย

1.4.2 ใช้ข้อมูลภูมิอากาศ จากกรมอุตุนิยมวิทยา อันได้แก่ ความเร็วลมและอุณหภูมิ ในช่วงปี 2011-2015 เพื่อวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองผลในโปรแกรมทางพลศาสตร์ SolidWorks Flow Simulation เพื่อศึกษาการระบายอากาศในอาคาร และวิเคราะห์สภาวะน่าสบายภายในอาคารกรณีศึกษา

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องด้วยผู้รับเหมาได้รื้อถอนวัสดุเก่าประกอบอาคารไปแล้วบางส่วน ผู้วิจัยจึงต้องสอบถามข้อมูลจากเจ้าของอาคารและศึกษาจากแบบเพื่อการก่อสร้าง (construction drawing) ทำให้การศึกษาลักษณะทางกายภาพและวัสดุประกอบอาคารบางส่วนไม่สามารถพบข้อมูลแท้ดั้งเดิมได้1

1..6 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.6.1 ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัย หลักการที่เกี่ยวข้องเรื่องการอนุรักษ์อาคารเก่า ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ และเกณฑ์การออกแบบบ้านยั่งยืน (HQM,

(Ecovillage) พร้อมจัดทำรายการตรวจสอบ (checklist)

1.6.2 สำรวจอาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง เก็บรวมรวมข้อมูลรูปแบบทางสถาปัตยกรรม โครงสร้างและรูปแบบการใช้พื้นที่อาคาร

1) รูปแบบทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ ผังโครงสร้างอาคาร ชนิดของวัสดุก่อสร้าง และสัดส่วนของช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร

2) ระบบประกอบอาคาร ได้แก่ จำนวนเครื่องปรับอากาศ จำนวนและกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าและดวงโคม

3) ลักษณะการใช้พื้นที่ในอาคาร ได้แก่ จำนวนผู้ใช้อาคาร ลักษณะพื้นที่ภายในอาคารและช่วงเวลาการใช้งานอาคาร

1.6.3 การจำลองการระบายอากาศในอาคารกรณีศึกษา (case-based) ด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ SolidWorks Flow Simulation โดยเน้นห้องใช้สอยหลัก ได้แก่ ห้องนอน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์สภาวะน่าสบายในอาคาร เปรียบเทียบและประเมินเกณฑ์ Ecovillage ในหัวข้อการระบายอากาศ

1.6.4 จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร เปรียบเทียบวัสดุประกอบอาคารเดิม (case-based) และวัสดุประหยัดพลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคาร

1.6.5 จำลองปริมาณแสง ประสิทธิภาพการกระจายแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาในอาคาร และปริมาณแสงประดิษฐ์จากหลอด LED เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแสงที่เหมาะสมตามเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark ด้วยโปรแกรม Dialux Evo

1.6.6 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากการสำรวจอาคารกรณีศึกษาทั้งทิศทาง โครงสร้างอาคาร ชนิดของวัสดุประกอบอาคาร เพื่อทำการประเมินผลตามเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark ในหัวข้อที่กำหนด

1.6.7 สรุปผลการวิจัย โอกาสและข้อจำกัดในการประเมินตามเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark สำหรับการปรับปรุงอาคารเก่าเพื่อประหยัดพลังงาน โดยยังคำนึงถึงคุณค่าอาคารและองค์ประกอบเดิมทางสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเจ้าของอาคารในการพิจารณาปรับปรุงตามความเหมาะสม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงประสิทธิภาพของวัสดุประกอบอาคารเดิม เทียบกับวัสดุประหยัดพลังงาน และ การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในอาคารอนุรักษ์ เพื่อลดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ เป็นแนวทางปรับปรุงอาคารอนุรักษ์ให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน Ecovillage และ Home Quality Mark

1.7.2 ทราบโอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark มาใช้เป็นแนวทางประเมิน การปรับปรุงอาคารอนุรักษ์กรณีศึกษาเพื่อประหยัดพลังงาน

1.8 คำศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา

ในรายละเอียดของแนวคิด และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาเรื่องขั้นตอนการบูรณะอาคารประวัติศาสตร์ การประหยัดพลังงานและเกณฑ์อาคารยั่งยืน มีคำนิยาม และคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในการวิจัย ดังนี้

“Load Bearing Wall” หมายถึง ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนาแบบรับน้ำหนัก

“Life Cycle Assessment (LCA)” หมายถึง การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเทคนิคในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เริ่มจัดหาวัตถุดิบจนถึงการใช้ผลิตภัณฑ์จนเสื่อมสภาพ (Cradle to Grave)

“Thermal comfort” หมายถึง สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ ที่มนุษย์อยู่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิไม่หนาว ไม่ร้อนจนเกินไป

“Indoor air quality (IAQ)” หมายถึง คุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบไปด้วย คุณภาพทางอากาศ เสียง กลิ่น และความสะอาดที่มีผลต่อสุขภาพของผู้คนที่ใช้อาคาร

“Time-Lag” คือ ช่วงเวลาการหน่วงความร้อนให้ไหลผ่านจากพื้นผิววัสดุด้านนอกสู่ด้านใน

“U-value” คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

“Thermal Mass” หรือ มวลอุณหภาพผนัง ยิ่งวัสดุที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นสูง จะสามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก

“Seasonal Energy Efficientcy Ratio (SEER)” คือ การกำหนดระดับประสิทธิ-ภาพพลังงานตามฤดูกาล สำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Fixed Speed หน่วยเป็นบีทียู / ชั่วโมง / วัตต์

“Energy Efficicency Ratio (EER)” คือ การคิดอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Fixed Speed หน่วยเป็นบีทียู / ชั่วโมง / วัตต์

“Historic Building” คือ อาคารที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ที่ควรเชิดชูไว้ให้เป็นสถานที่ทรงคุณค่าและสมควรได้รับการฟื้นฟูบูรณะ เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานอาคารตามแผนที่วางไว้ (Antiquities and Monuments Office Leisure and Cultural Services Department, 2016)

“Conservation Building” คือ อาคารที่มีความสำคัญทางศิลปะและวัฒนธรรม โดยได้รับการอนุรักษ์อาคารด้วยวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสมตามหลักเกณฑ์การอนุรักษ์ ทั้งการบำรุงรักษา การฟื้นฟูอาคาร และการดูแลรักษาอาคารให้อยู่ในสภาพดี (International council on monuments and sites (ICOMOS), 2000)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสืบค้นข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยเกี่ยวกับอาคารเก่า แนวทางและวิธีการอนุรักษ์อาคารตามหลักสากล และศึกษาในเรื่องอาคารอนุรักษ์และการประหยัดพลังงาน และเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว อาคารยั่งยืนสำหรับพักอาศัย เพื่อนำความรู้จากการทบทวนวรรณกรรม มาวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการศึกษาต่อไป โดยแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.1 ความสำคัญและวิธีการอนุรักษ์อาคาร

2.2 แนวโน้มและนโยบายประหยัดพลังงาน

2.3 อาคารอนุรักษ์กับการประหยัดพลังงาน

2.4 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติและสภาวะน่าสบาย

2.5 คุณสมบัติของวัสดุและการถ่ายเทความร้อน

2.6 เกณฑ์การประเมินอาคารยั่งยืน

2.7 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

2.1 ความสำคัญและวิธีการอนุรักษ์อาคาร

การคงอยู่ของโบราณสถานหรือโบราณวัตถุล้วนมีคุณค่าและความหมาย ทั้งในเชิงการศึกษาประวัติศาสตร์ วิถีชีวิต สังคม ความเป็นอยู่ของคนในอดีต ตลอดจนแสดงถึงความรู้ในด้านศาสตร์และศิลป์ที่บรรพบุรุษได้ถ่ายทอดมารุ่นต่อรุ่น อาคารเป็นหนึ่งในหลักฐานที่สามารถสื่อถึงความเจริญผ่านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมก่อสร้างในแต่ละยุค เพราะความรู้ไม่ได้อยู่แต่ในตำราหนังสือที่เขียนถ่ายทอด หากแต่การศึกษาหลักฐานผ่านสิ่งปลูกสร้างทั้งการออกแบบ วัสดุประกอบอาคารและเทคนิคการก่อสร้างในอดีต ก็เป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาเรียนรู้และนำมาประยุกต์สำหรับสถาปัตยกรรมในยุคปัจจุบันได้เช่นกัน ความหมายของอาคารอนุรักษ์ โดยสมาคมสถาปนิกสยาม หมายถึง อาคารที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปี ขึ้นไป เป็นอาคารที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมและศิลปกรรมที่มีการบำรุงรักษาและอนุรักษ์ไว้เป็นอย่างดี โดยมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดกฎหมายและขนบประเพณี

วิธีการอนุรักษ์อาคารสามารถแบ่งได้เป็น 5 วิธี ดังนี้ (Feilden, 1994)

2.1.1 การป้องกันการเสื่อมสภาพ (Prevention of deterioration) โดยควบคุม ดูแล

รักษาอาคารและสภาพแวดล้อม เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆทั้งจากธรรมชาติ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสงสว่าง รวมถึงความเสียหายอันเกิดจากมนุษย์ เช่น การโจรกรรม

2.1.2 การเสริมความมั่นคง (Consolidation) เป็นการเพิ่มวัสดุหรือโครงสร้างอาคารให้มั่นคง โดยพิจารณาใช้วัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม

2.1.3 การบูรณะ (Restoration) การซ่อมแซมอาคารโดยใช้พื้นฐานลักษณะเดิม สร้างเสริมส่วนที่หายไปให้กลมกลืนกับของเดิม โดยให้เห็นความแตกต่างระหว่างของเดิมกับของใหม่ เพื่อไม่ให้เกิดการบิดเบือนหลักฐานเดิมที่มีอยู่

2.1.4 การทำขึ้นใหม่ (Reproduction) การลอกเลียนชิ้นส่วนของอาคารบางส่วนขึ้นใหม่ เพื่อทดแทนส่วนที่ผุผังหรือเสื่อมสลายไป จากมลภาวะหรือสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และยังคงประโยชน์ใช้สอยแบบเดิม

2.1.5 การสร้างขึ้นใหม่ (Reconstruction) โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเดิมทางประวัติศาสตร์ อาจมีการสร้างในพื้นที่เดิม หรือย้ายตำแหน่งพื้นที่ใหม่ ซึ่งวิธีการนี้อาจทำให้คุณค่าสำคัญของอาคารเสียหายหรือไม่สมบูรณ์ได้

จากแนวคิดการปรับประโยชน์ใช้สอยอาคารอนุรักษ์ (adaptive resue) โดย Carles Brot (2005) กล่าวถึงแนวทางการนำเอาอาคารเดิมที่มีคุณค่ากลับมาใช้ใหม่เพื่อประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสม โดยมีแนวคิดการปรับใช้ประโยชน์ดังนี้

1) กระบวนการ แนวทาง หรือวิธีการในการอนุรักษ์อาคารอนุรักษ์

2) ขอบเขตและระดับของการดำเนินงานการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์

3) ประเภทของวัสดุ และเทคโนโลยีที่ควรนำมาใช้กับอาคาร มีความเหมาะสมกับอาคารเดิมทั้งโครงสร้าง สถาปัตยกรรม และการตกแต่งภายใน

จากงานวิจัยเรื่องแนวทางการบริหารโครงการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์ของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ (รงรอง พุทธาวงศ์, 2555) พบว่าในการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่เดิม โดยเฉพาะอาคารอนุรักษ์ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และยังมีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ควรคำนึงถึงผู้อยู่อาศัยเดิม เพื่อกำหนดกิจกรรมและพื้นที่ใช้สอยที่เหมาะสมเป็นที่พอใจต่อผู้ใช้อาคาร และคำนึงถึงสภาพอาคารในปัจจุบัน ในการกำหนดรูปแบบหรือวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม พิจารณาปรับปรุงซ่อมแซมส่วนที่มีความสำคัญ และปรับปรุงรื้อถอนส่วนต่อเติม ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้พักอาศัย

อาคารเก่าในกรุงเทพและต่างจังหวัดที่ยังคงอยู่และพบเห็นในปัจจุบัน มักเป็นอาคารก่ออิฐถือปูนที่ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมตะวันตก ซึ่งมีความเฟื่องฟูในยุครัชกาลที่ 5 ตลอดรัชสมัย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2411 ถึง 2453 มีการสร้างอาคารสถานจำนวนมาก ทั้งโรงงาน บริษัท ห้างร้าน รวมถึงพระที่นั่งและพระตำหนัก แม้ว่าช่วงเวลานั้นจะมีการออกแบบก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ของช่างตะวันตก แต่ก็

มีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับภูมิอากาศของไทย โดยใช้หน้าต่างบานเกล็ด เพิ่มช่องแสง แผงบังแดดและช่องระบายอากาศ (ปิยนุช เตาลานนท์, 2543) จุดเด่นของสถาปัตยกรรมอาคารในสมัยดังกล่าว คือ เป็นอาคาร 2 ชั้นขนาดใหญ่ ก่ออิฐถือปูน หรือชั้นล่างก่ออิฐถือปูน รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนาแบบรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) มีมุขตรงกลางอาคารหรือมีโถงกลางทรงห้าเหลี่ยมหรือหกเหลี่ยมด้านหน้าอาคาร บางแห่งเป็นหอสูงขึ้นไปเหนือตัวอาคาร นอกจากนี้บางอาคารมีการก่อสร้างแบบยกพื้นสูงจากพื้นดินเพื่อป้องกันความชื้นจากดิน บางแห่งก่ออิฐปิดทับและเจาะเป็นช่องลม ปิดด้วยตะแกรงหรือเหล็กดัดมีลวดลายเพื่อระบายอากาศใต้อาคาร ดังภาพที่ 1-2

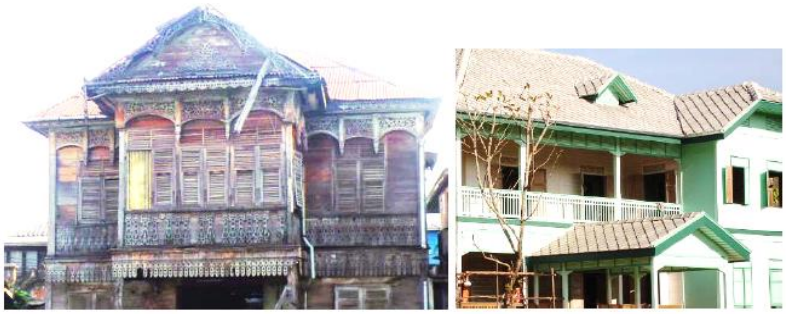
ภาพที่ 1 เรือนพระยาศรีธรรมาธิราช อาคารผนังหนาแบบรับน้ำหนักรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ภาพที่ 2 (ซ้าย) วังบ้านดอกไม้ (ขวา) บ้านหลวงสาทรราชายุกต์ อาคารแบบมีหอสูงและโถงหน้าทรงหกเหลี่ยม

ที่มา: https://scontent.net (2016)

รูปแบบหลังคาที่นิยม คือ ทรงจั่ว หรือทรงมนิลา (Gable Roof), ทรงมนิลามุมเฉียงลงมาทางหน้าจั่ว (Half Hipped Roof), ทรงปั้นหยา (Hipped Roof) และอาจมีการเจาะช่องหน้าต่างเล็ก (Dormer Window) บนหลังคาเพื่อช่วยระบายอากาศใต้หลังคา กระเบื้องที่นิยมคือกระเบื้องหางว่าว

ซึ่งด้วยลักษณะเป็นแผ่นเรียบปิดซ้อนกัน ความลาดเอียงของหลังคาจึงเป็นเรื่องที่ควรคำนึงถึงให้เหมาะสม ควรอยู่ระหว่าง 30-45 องศา เพื่อป้องกันการเกิดน้ำฝนไหลย้อนทำให้หลังคารั่วซึมได้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 (ซ้าย) บ้านวินด์เซอร์ (ขวา) เรือนประเสนชิต หลังคาทรงจั่วหรือทรงมนิลาและหลังคาแบบเจาะช่องหน้าต่างเล็ก

ที่มา: http://talontody.blogspot.com (2015), http://www.villamusee.com (2016)

ช่องแสง ช่องลมมักอยู่เหนือประตูหน้าต่าง เป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือช่องโค้ง มีทั้งแบบฉลุลวดลาย เป็นบานเกล็ดหรือกระจก บางที่ใช้ไม้ตีเป็นตาตารางปิดตรงช่องลมเหนือหน้าต่างประตูมีทั้งชนิดบานลูกฟัก ชนิดบานเกล็ดและผสม มีทั้งบานเปิดคู่และบานเฟี้ยมซึ่งยังพบลักษณะประตูคล้ายคลึงกันในบ้านยุคปัจจุบัน ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 (ซ้าย) ช่องแสง ช่องลมเหนือประตูหน้าต่าง (ขวา) บานเปิดคู่แบบลูกฟัก

อาคารที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และศิลปวัฒนธรรม หลายแห่งเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา ในขณะเดียวกันก็มีจำนวนผู้ใช้อาคารและความต้องการพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการรื้อถอนและ

สร้างขึ้นใหม่โดยไม่ได้คำนึงถึงคุณค่าทางสถาปัตยกรรม ดังนั้นการกำหนดแนวทางการบูรณะอาคาร โดยใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่ที่เหมาะสม และใช้วัสดุก่อสร้างที่แข็งแรงทนทาน ทดแทนวัสดุก่อสร้างดั้งเดิมจะช่วยคงคุณค่าทางสถาปัตยกรรมให้อยู่คงทนต่อไปได้ โดยขั้นตอนการบูรณะอาคาร สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้ (สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถี, 2559)

1) การสืบค้นหาข้อมูลดั้งเดิมของโบราณสถาน ได้แก่ ประวัติของอาคาร รูปพรรณสัณฐานเดิม ระบบโครงสร้างเดิม วัสดุผิวเดิม สีและผิวพื้น การจัดทำแบบก่อสร้างโดย การจัดทำแบบก่อสร้างมี 2 ส่วน คือ แบบตามรูปแบบกายภาพดั้งเดิม (existing drawings) และแบบที่ใช้ในการบูรณะ (construction drawings) รวมถึงรายละเอียดและขั้นตอนบูรณะ เพื่อสามารถอ้างอิงขนาดและสัดส่วนเดิมของอาคารได้ถูกต้อง

2) การพิจารณาเลือกใช้วัสดุ ทั้งวัสดุดั้งเดิมและรูปแบบเดิม และบูรณะโดยใช้วัสดุทดแทนหรือเลียนแบบของเดิมและใช้โครงสร้างสมัยใหม่ รวมถึงการคำนึงถึงสีวัสดุที่มีผลกับการสะท้อนแสงและอายุการใช้งาน การใช้วัสดุเสริมความแข็งแรง เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นส่วนที่ช่วยเสริมความมั่นคงแข็งแรงและช่วยให้โครงสร้างยังมีสภาพดีคงอยู่ได้ ซึ่งอาคารก่ออิฐถือปูนในสมัยรัชกาลที่ 5 หลายแห่ง ใช้คอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณพื้นอาคารและกรุด้วยพื้นกระเบื้องทำให้มีความคงทนจนถึงปัจจุบัน

3) การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ทั้งแสงสว่างทั่วไปทั้งในและนอกอาคาร ควรคำนึงถึงอุณหภูมิสีของแสง (Color Temperature) อีกทั้งรูปทรง ตำแหน่งโคมไฟจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมและกลมกลืนกับอาคาร เพื่อส่งเสริมให้เกิดคุณค่าและความสวยงามของอาคารอนุรักษ์ การใช้หลอด LED เป็นอีกทางเลือกที่ช่วยลดพลังงานการใช้ไฟฟ้า ซึ่งไม่ส่งผลกระทบกับความสว่างและโทนสีที่ออกแบบไว้ สามารถลดความร้อนจากหลอดไฟทำให้รักษาอุณหภูมิความเย็นภายในอาคารดีขึ้น และช่วยลดการใช้พลังงานในส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ธวัชชัย ประดู่, 2015)

4) ความชื้นของอาคาร เป็นปัญหาที่สำคัญของอาคารเก่าส่วนมากในประเทศไทย ที่ใช้วัสดุก่ออิฐฉาบปูนหมัก เป็นสาเหตุให้ผนังอาคารเปื่อยยุ่ย แตกร้าว ผิวปูนหลุดร่อน บางแห่งมีผลทำให้ภาพเขียนบนผนังเสียหาย ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนาแบบรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) เป็นผนังที่ระบายความชื้นออกได้ช้า ทำให้เกิดความชื้นสะสมจึงจำเป็นต้องหาวิธีแก้ไข และป้องกันเพื่อตัดความชื้น เช่น

เทคนิคการใช้ท่อระบายความชื้น คือ การฝังท่อดินเผาหรือท่อพีวีซีเจาะรูระบายความชื้นเพื่อดึงความชื้นจากผนังเข้าไปในท่อ

การใส่ชั้นกันความชื้น คือ การใส่แผ่นกันน้ำจากวัสดุต่างๆ เช่น ทองแดง สเตนเลส เพื่อกันน้ำและความชื้นเข้าไปในชั้นกำแพง

การฉีดสารเคมีสร้างชั้นไล่น้ำ เพื่อให้สารเคมีทำหน้าที่เป็นวัสดุชั้นผิวที่ให้น้ำเกาะไม่ให้ซึมไป

ยังกำแพง

การทำบริเวณฐานให้แห้ง (Drying System) เพื่อแยกอาคารออกจากส่วนเปียกชื้นโดยการขุดรางระบายอากาศตามแนวฐานอาคาร ให้ความชื้นใต้ดินระเหยขึ้นมาและไม่กระทบเข้าสู่โครงสร้างอาคารด้านบน (ธวัชชัย ประดู่, 2015)

นอกจากนี้การติดตั้งเครื่องดูดความชื้น (Dehumidification System) ร่วมกับระบบปรับอากาศในอาคาร เป็นอีกวิธีสำหรับการควบคุมความชื้นในอาคารซึ่งเป็นปัจจัยในการสร้างสภาวะน่าสบายต่อผู้ใช้อาคาร (พิรัลยา ลีรุ่งเรืองพันธุ์, 2558)

5) งบประมาณในการบูรณะ สำหรับอาคารเก่ามักประสบปัญหางบบานปลาย จึงควรมีการคำนวณเผื่อค่าใช้จ่ายไว้ โดยแบ่งเป็น งบประมาณในการสำรวจอาคารและสภาพโดยรอบ งบประมาณในการบูรณะ และงบประมาณหลังการบูรณะ เพื่อบำรุงรักษาไม่ให้อาคารทรุดโทรมเร็ว สำหรับการพิจารณาใช้วัสดุประหยัดพลังงาน ควรมีการปรึกษาและวางแผนตั้งแต่เริ่มโครงการ เพื่อดำเนินงานให้บูรณาการไปกับขั้นตอนการบูรณะหรือปรับปรุงอาคาร ตัวอย่างเช่น การศึกษาแนวทางออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียว ให้สอดคล้องกับเกณฑ์ LEED พบว่าอาคารที่ก่อสร้างแล้วโดยไม่คำนึงถึงการออกแบบประหยัดพลังงาน จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารเพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์ LEED แม้ว่าจะช่วยลดพลังงานได้ 12.7% ต่อปี (153,888 บาท ต่อปี) แต่จะมีค่าก่อสร้างปรับปรุงเพิ่มขึ้น 1,498,011.75 บาท ซึ่งจะคืนทุนได้ภายใน 10.45 ปี (อุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล, 2553)

6) ผลกระทบกับชุมชนและผู้ใช้อาคาร การกำหนดรูปแบบและจัดระเบียบที่ถูกต้อง การให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญของอาคารสถานที่ต่อชุมชนโดยรอบและผู้ใช้อาคาร จะช่วยลดข้อขัดแย้งและคดีฟ้องร้องที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการบูรณะอาคารได้

2.2 แนวโน้มและนโยบายประหยัดพลังงาน

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานของโลกในปี ค.ศ. 2009 สัดส่วนที่สูงที่สุดมาจากภาคอาคารถึงร้อยละ 25-40 ของพลังงานทั้งหมด (McDonagh and Brent, 2010) ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศของโลก โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 33 ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมดในปี ค.ศ. 2004 จึงเห็นได้ว่าอาคารจัดเป็นสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นซึ่งบริโภคทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะพลังงานอย่างมหาศาล หากเป็นอาคารที่ออกแบบโดยขาดความเข้าใจด้านเทคโนโลยีสภาพแวดล้อม การใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองจะส่งผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก อันเป็นเหตุสำคัญของการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศของโลก เช่น ระดับน้ำทะเล ระดับรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ จากการทำลายสิ่งแวดล้อมจะทำให้อาคารที่ใช้งานในปัจจุบันต้องบริโภคพลังงานเพิ่ม

มากยิ่งขึ้นไป ความสัมพันธ์ของอาคาร สิ่งแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศ จึงมีรูปแบบเชื่อมโยงกันเป็นลูกโซ่ (ตรึงใจ บูรณะสมภพ, 2539)

ตารางที่ 1 สัดส่วนเป้าหมายการประหยัดพลังงานรายภาคเศรษฐกิจในปี 2573

ภาคเศรษฐกิจ	ศักยภาพเชิงเทคนิค			เป้าหมายที่ตั้ง (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
อาคารธุรกิจและบ้านอยู่อาศัย					
- อาคารธุรกิจขนาดใหญ่	410	27,420	2,740	2,300	7.6
- อาคารธุรกิจขนาดเล็กและบ้านอยู่อาศัย	1,690	23,220	3,670	3,000	10.0
รวม	**29,300**	**84,140**	**36,450**	**30,000**	**100.0**

ที่มา: แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573, (กระทรวงพลังงาน, 2552)

กระทรวงพลังงานได้ประกาศแผนอนุรักษ์พลังงานระยะยาว 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ดังตารางที่ 1 เพื่อกระตุ้นให้แต่ละภาคส่วนเห็นความสำคัญของการประหยัดหรือลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งหมายถึงการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ ไม่ว่าเป็นเรื่องการส่องสว่าง การทำความเย็น การขนส่ง หรือการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิต การอนุรักษ์พลังงานมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายครัวเรือน การลดต้นทุนการผลิตและบริการ การลดการเสียดุลการค้าและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ตลอดจนลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สำหรับกลุ่มอาคารธุรกิจขนาดเล็กและบ้านอยู่อาศัย เนื่องจากรัฐยังไม่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานของอาคารธุรกิจขนาดเล็กและบ้านอยู่อาศัยในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี จึงอาศัยการคาดการณ์การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นหลัก ซึ่งแบ่งการใช้พลังงานออกเป็น 5 หมวด ได้แก่

2.2.1 หมวดแสงสว่าง ประกอบด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไส้ หลอด LED

2.2.2 หมวดข่าวสาระบันเทิง ประกอบด้วย โทรทัศน์สี เครื่องเล่นสเตอริโอ วิทยุ และคอมพิวเตอร์

2.2.3 หมวดประกอบอาหาร ประกอบด้วย หม้อหุงข้าว เตาไฟฟ้า กระทะไฟฟ้า เตาไมโครเวฟ เตาอบไฟฟ้า กาต้มน้ำไฟฟ้า เครื่องปั่นน้ำผลไม้ และเครื่องปิ้งขนมปัง ในหมวดนี้มีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้ม ถ่าน ฟืน และการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.2.4 หมวดสะดวกสบาย ประกอบด้วย พัดลม เครื่องปรับอากาศ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องซักผ้า เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องสูบน้ำ เตารีดไฟฟ้า และตู้เย็น

2.2.5 หมวดอื่นๆ

ข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบการกระจายตัวของประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ที่มีอยู่ในตลาดและที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในปัจจุบัน ผลต่างระหว่างประสิทธิภาพสูงสุดของอุปกรณ์ดังกล่าวที่มีความเป็นไปได้ทั้งโดยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันและในอนาคตกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ผนวกกับการคาดการณ์จำนวนอุปกรณ์ที่จะมีการใช้จนถึงปี พ.ศ. 2573 จะทำให้ทราบถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับเกณฑ์อนุรักษ์พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยที่ดำเนินการวิจัยในหัวข้องานระบบปรับอากาศ และไฟฟ้าแสงสว่าง แม้ว่าอาคารเก่าหรืออาคารอนุรักษ์ที่มีอายุอาคารมากกว่า 50 ปีขึ้นไปอาจมีสัดส่วนไม่มากเท่าจำนวนอาคารสร้างใหม่ จากการสำรวจอาคารเก่าในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมตะวันตกที่คล้ายคลึงอาคารกรณีศึกษาและสร้างในช่วงปลายรัชกาลที่ 5 เช่น วังมะลิวัลย์ วังบ้านดอกไม้ และบ้านเลขที่ 1 ตรอกกัปตันบุช พบว่าอาคารส่วนใหญ่ถูกดัดแปลงเป็นอาคารสำนักงานมีการแก้ไขปรับปรุง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ บานหน้าต่างเปลี่ยนเป็นกระจกใส แม้จะเพิ่มสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร แต่ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น

เกณฑ์ระดับประประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ กฟผ. กำหนดระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งเกณฑ์ตามชนิดเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

1) เครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed กำหนดระดับประสิทธิภาพ โดยใช้เกณฑ์อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficicency Ratio : EER) มีหน่วยเป็น บีทียู / ชั่วโมง / วัตต์

2) เครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed / Inverter กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficientcy Ratio: SEER) มีหน่วยเป็น บีทียู / ชั่วโมง / วัตต์ การทำงานของระบบนี้ คือ คอมเพรสเซอร์จะปรับรอบการทำงานลง ปรับอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่ตลอดเวลาโดยขึ้นอยู่กับความผันแปรของอุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงและใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศชนิด Fixed Speed

การคำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) และประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed และ Variable Speed / Inverter ตามลำดับคำนวณดังนี้

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน Energy Efficiency Ratio (EER)

$$\text{EER} = \frac{\text{ขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ } (\text{Btu/hr})}{\text{จำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ } (W)}$$

ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)

$$\text{SEER} = \frac{\text{ขีดความสามารถทำความเย็นรวมทั้งหมด } CSTL\ (\text{kBtu/hr})}{\text{พลังงานที่ใช้ทั้งหมด}: CSEC\ (kW)}$$

การคำนวณค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุดในอาคาร (กระทรวงพลังงาน, 2552) มีวิธีการกำหนดดังนี้ ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในพื้นที่ i คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{LPD}_i = \frac{(LWi + BWi - NWi)}{Ai}$$

เมื่อ LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ i หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

LW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมด ที่ติดตั้งในพื้นที่ i มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

BW_i คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ i มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

NW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ i ที่ถูกทดแทนด้วยแสงธรรมชาติภายใต้เงื่อนไข การใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

A_i คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m2) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ ให้คำนวณจากสมการต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$LPD = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(A_i\left(LPD_i\right)\right)}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

เมื่อ LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

2.3 อาคารอนุรักษ์กับการประหยัดพลังงาน

การเปลี่ยนแปลงทางสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทั้งสภาวะโลกร้อน (global warming) ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (urban heat islands - UHIs) ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นในเมืองใหญ่ ล้วนมีผลกระทบกับความเป็นอยู่อาศัยในปัจจุบัน การตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานเริ่มมีความตื่นตัวทั่วโลก รัฐบาลแต่ละประเทศต่างออกมาตรการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยประกาศเป็นนโยบายอนุรักษ์พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนภาคอสังหาริมทรัพย์ มีการพัฒนาเกณฑ์อาคารเขียวเพื่อความยั่งยืนโดยรับการสนับสนุนในหลายประเทศ โดยเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวมีเนื้อหาในด้านการความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันเกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียว เช่น BREEAM, LEED ได้ครอบคลุมถึงการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment - LCA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือกิจกรรมต่างๆในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยครอบคลุมตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน-การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ (Reuse) รวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการกำจัดผลิตภัณฑ์หลังหมดอายุการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนเสื่อมสภาพ (Cradle to Grave) (เครือข่ายการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจไทย, 2016)

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment Quality - IEQ) มีผลต่อการต่อประสิทธิภาพการทำงานและการอยู่อาศัยในอาคาร สภาวะน่าสบายของมนุษย์ ซึ่งประกอบไปด้วย สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ (Thermal comfort) แสงสว่าง (Visual / lighting comfort) เสียง (Acoustical comfort) และคุณภาพอากาศภายใน (Indoor air quality: IAQ) ในทางทฤษฎี ASHRAE / BSR (2003) กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายประกอบไปด้วย 6 ส่วนหลัก คือ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ความเร็วลม (Air Speed) และความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity) ยังมีปัจจัยอื่น ได้แก่ อุณหภูมิการแผ่รังสี (Radiant Temperature) อัตราการเผาผลาญในร่างกาย (Metabolic Rate) และระดับฉนวนของเสื้อผ้า (Clothing Insulation) นอกจากนี้การใช้

แสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) จะช่วยประหยัดการใช้พลังงานในอาคาร มีผลทางอ้อมในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย (New Zealand Green Building Council, 2009)

แสงสว่างในอาคารเป็นอีกปัจจัยสำคัญสำหรับการใช้ชีวิตในอาคาร โดยมีผลถึงสุขภาวะของผู้ใช้อาคาร แสงที่สลัวเกินไปหรือสว่างเกินไปอาจทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายและ อาจมีผลกับความเครียด ดังนั้นเจ้าของอาคารและนักออกแบบแสงสว่าง ควรคำนึงถึงการเลือกใช้ดวงโคมที่มีความสว่างได้มาตรฐานในแต่ละพื้นที่ห้องในอาคาร การติดตั้งอุปกรณ์ปรับแสงสว่าง (dimmer) และการแยกสวิทช์ไฟ จะช่วยให้ ผู้ใช้อาคารสามารถปรับเปลี่ยนระบบแสงสว่างตามความต้องการปรับความเข้มของแสงในพื้นที่ต่างๆเพื่อให้ได้ระดับแสงที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะสำหรับกิจกรรมต่างๆและลดการใช้พลังงานในอาคารได้ (New Green Green Building Council , 2009)

นอกจากนี้การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในอาคาร ทั้งการนำน้ำที่ใช้แล้ว (grey water) กลับมาใช้ใหม่ (recycle) และการนำน้ำฝนมาใช้ประโยชน์ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายภายในอาคาร หากรวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการประหยัดน้ำในกลุ่มผู้ใช้อาคารด้วยแล้ว จะยิ่งสามารถลดการอุปโภคน้ำได้ถึงร้อยละ 30 ซึ่งจะเกิดผลดีทั้งต่ออาคารและการจัดการด้านสาธารณะ (McDonagh et al., 2010)

ทางด้านองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ประเมินว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้าง มีขยะจากการก่อสร้างเกือบร้อยละ 40 ซึ่งขยะส่วนใหญ่อาจเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีก จากการศึกษาที่โอ๊คแลนด์ ประเทศออสเตรเลียในปี ค.ศ. 1997 พบว่าการแยกขยะก่อสร้างของเสียจากการก่อสร้างเพียงอย่างเดียว อาจช่วยลดปริมาณการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบได้ถึงร้อยละ 50-55 ซึ่งเป็นอีกวิธีช่วยลดปริมาณของเสียได้ไม่ให้เป็นภาระต่อสิ่งแวดล้อม (New Green Green Building Council, 2009)

นอกจากการใช้ประโยชน์จากการอาคารเก่าจะช่วยลดอัตราการรื้อถอนอาคาร ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มก๊าซเรือนกระจกแล้ว การใช้อาคารเดิมที่มีอยู่จะช่วยลดอัตราการสูญเสียพื้นที่เพาะปลูกและที่อยู่อาศัยของสัตว์ตามธรรมชาติ จากการแผ้วถางพื้นที่เพื่อสร้างหมู่บ้านหรือชุมชนใหม่ ตัวอย่างเช่น โครงการอนุรักษ์ที่ใช้อาคารประวัติศาสตร์เพื่อใช้ประโยชน์ ช่วยประหยัดงบประมาณได้ถึงร้อยละ 50-80 เมื่อเทียบกับการพัฒนาพื้นที่สีเขียวแถบชานเมืองเพื่อการอยู่อาศัย (Evans, 2009) อีกทั้งยังช่วยลดผลกระทบด้านมลพิษจากการคมนาคม อันเป็นผลจากการเดินทางจากระหว่างบ้านพักและที่ทำงาน (Vihicle miles travelled -VMT)

2.4 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติและสภาวะน่าสบาย

สมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) ให้ความหมายของสภาวะน่าสบายว่าจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิร่างกายคงที่ และกลไกการปรับสมดุลความร้อนภายในร่างกายทำงานน้อยลง ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายและพึงพอใจทั้งร่างกายและจิตใจต่อสภาพแวดล้อมขณะนั้น โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มทุกๆ 1 กิโลเมตร/ชม. มนุษย์จะมีความรู้สึกเย็นลง 0.4°c ดังนั้นหากอุณหภูมิอากาศที่ 30°c มีความเร็วลม 2.3 เมตรต่อวินาที อาจทำให้มีความรู้สึกสบายเท่ากับอุณหภูมิที่ 25°c (ความชื้นสัมพันธ์ 60%) ได้เช่นกัน (สุนทร บุญญาธิการ, 2551) อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศแตกต่างกับประเทศไทยที่มีทำเลใกล้เส้นศูนย์สูตร มีลมประจำพัด 2 ทิศทาง คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ส่งผลให้ประเทศไทยมีอากาศร้อนชื้น และฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพของ Khedari et al. (2000) ดังตารางที่ 1 ได้ทำการศึกษาอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22-36.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 20-80 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมประเทศไทยมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 55-1992 ที่กำหนดสภาวะน่าสบายอยู่ที่ อุณหภูมิ 23-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30-60% (ASHRAE / BSR, 2003)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลภาวะน่าสบายในประเทศไทยด้วยลมธรรมชาติ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
22.0 – 29.5	20 – 80	0.00 – 0.25
29.5 – 30.7	20 – 80	0.25 – 0.50
30.7 – 34.0	20 – 80	0.50 – 1.00
32.5 – 34.0	20 – 80	1.00 – 1.50
34.0 – 36.0	20 – 80	1.50 – 2.00
36.0 – 36.5	20 – 80	2.00 – 3.00

ที่มา: (Khedari, Yamtraipat, Pratintong et al., 2000)

2.5 คุณสมบัติของวัสดุและการถ่ายเทความร้อน

เมื่อกล่าวถึงการออกแบบอาคารในอดีตในประเทศไทยซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุก ส่วนใหญ่อากาศจะร้อนอบอ้าว มีแสงแดดจัด อาคารบ้านเรือนไทยโบราณจึงออกแบบให้มีลักษณะเปิดโล่ง มีผนังบางเบา มีช่องเปิดหลายบานเพื่อระบายอากาศและถ่ายเทลมธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคารได้ดี หลังคาทรงสูง ชายคายื่นยาว มีกันสาดรอบอาคารช่วยให้กันแสงอาทิตย์และฝนที่อาจสาดเข้าสู่ตัวอาคาร วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น เช่น ไม้ ไม้ไผ่ หรือหลังคามุงจาก ซึ่งสะท้อน

ให้เห็นภูมิปัญญาไทยที่มีความเข้าใจและสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมท้องถิ่น เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายด้วยวิธีง่ายๆไม่ต้องพึ่งพาระบบเครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องกล (Active cooling) (สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา และกรธิชา อุ่นไพร, 2553) เมื่อเทคโนโลยีการก่อสร้างและวัฒนธรรมจากตะวันตกเข้ามา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ความพยายามเอาชนะธรรมชาติด้วยการพัฒนาใช้เครื่องปรับอากาศ วัสดุสมัยใหม่ที่มีราคาสูงขึ้นจากภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง ทำให้อาคารมีการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาคารที่ก่อสร้างในสมัยรัชกาลที่ 5 ถึงแม้จะนำลักษณะทางสถาปัตยกรรมตะวันตก โดยการสร้างแบบก่ออิฐถือปูน แต่อาจกล่าวได้ว่ามีการดัดแปลงลักษณะอาคารให้สอดคล้องกับภูมิอากาศของประเทศไทย โดยอาศัยคุณสมบัติวัสดุประกอบอาคาร เช่น การใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนา (Load Baring Wall) ช่วยหน่วงความร้อนจากนอกอาคารในช่วงกลางวัน การเพิ่มจำนวนหน้าต่างเพื่อถ่ายเทอากาศจากลมธรรมชาติ ออกแบบบานเปิดเป็นลักษณะบานเกล็ดไม้แบบบานผลัก และบานพับเพื่อควบคุมแสงแดดไม่ให้เข้าสู่ตัวอาคารมากเกินไป ซึ่งวัสดุที่ใช้ประกอบอาคารต่างมีค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน และหน่วงความร้อนแตกต่างกันไป

การถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร เกิดจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วนหลักคือจากภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งความร้อนจากดวงอาทิตย์อยู่ภายนอกอาคารจะส่งผ่านความร้อนผ่านตัวกลางเข้าสู่อาคาร ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารแบ่งได้ดังนี้

2.5.1. ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร (Internal Heat Gain) เช่น ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ตู้เย็น คอมพิวเตอร์ หลอดไฟ รวมถึงความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์

2.5.2 ความร้อนที่เกิดภายนอกอาคาร (External Heat Gain) ได้แก่

1) การนำความร้อน (Conduction) คือ การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านตัวกลางหรือมวลวัตถุ ปริมาณการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ วัสดุที่นำความร้อนได้ดี เช่น เหล็ก อลูมิเนียม คอนกรีต ความร้อนภายในบ้านจะเกิดขึ้นเมื่อผนังหรือหลังคามีค่าการป้องกันความร้อนต่ำ วิธีป้องกันความร้อนด้วยการติดฉนวนกันความร้อนเป็นวิธีที่ช่วยประหยัดพลังงานได้ แต่ควรคำนึงถึงการออกแบบบ้านให้สอดคล้องทิศทางแดด ลม และปัจจัยอื่น

2) การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้อากาศเป็น

สื่อกลางพาความร้อนจากที่ตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่ง โดยเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วลม เช่น อากาศที่ร้อนจะมีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบาจะลอยตัวสูง หากมีอากาศที่เย็นกว่าจะหมุนเวียนเข้ามาแทนที่เกิดการถ่ายเทแบบการพาความร้อนเกิดขึ้น (ตรึงใจ บูรณะสมภพ, 2539)

3) การแผ่รังสี (Radiation) คือการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์ หรือ Solar Rediation ซึ่งมีผลอย่างยิ่งสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น แบ่งได้เป็น การแผ่รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผนังและหลังคา และการแผ่รังสีผ่านกระจก การใช้สีอ่อนเคลือบทาพื้นผิวอาคารจะช่วยเรื่องการดูดกลืน

รังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่าสีเข้ม อีกทั้งยังสะท้อนรังสีออกจากอาคารได้สูงกว่าสีเข้มอีกด้วย (อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2557)

4) การเปลี่ยนสถานะ หรือ การระเหย (Evaporation) เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยสร้างความเย็น เมื่อน้ำระเหยจะมีการนำความร้อนในอากาศออกไป ทำให้อากาศเย็นลงและเกิดสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะเหมาะกับอากาศเขตร้อนแห้งมากกว่าเขตร้อนชื้น (อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2557)

วัสดุประกอบอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนต่ำ ซึ่งใช้เป็นฉนวนกันความร้อน มักจะมีน้ำหนักเบา แต่วัสดุที่มีการหน่วงความร้อนให้ไหลผ่านจากพื้นผิววัสดุด้านนอกสู่ด้านใน (Time-Lag) มักจะเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นมาก การหน่วงความร้อนในผนังอาคารที่มีความหนา จะสะสมความร้อนในผนังช่วงกลางวัน และจะแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืนเมื่ออากาศเย็นลง ดังนั้นควรมีการระบายอากาศให้เพียงพอเพื่อลดความร้อนภายในอาคาร (ตรึงใจ บูรณะสมภพ, 2539) จากตารางที่ 2 ด้านล่าง อิฐและคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีมวลความหนาแน่นมากยิ่งมีความหนามากขึ้น จะยิ่งช่วยหน่วงความร้อนภายในวัสดุได้ยาวนาน ความหนา 12 นิ้วสามารถหน่วงความร้อนได้นานถึง 12 ชม. ซึ่งไม้หนา 2 นิ้วจะหน่วงความร้อนได้เพียง 1 ชม.

ตารางที่ 2 ตัวอย่างความหนาของวัสดุและช่วงเวลาหน่วงความร้อน

วัสดุ	U-value ($W/m^2.K$)	Time-Lag
อิฐ ความหนา 4 นิ้ว	0.61	2.5 ชม.
อิฐ ความหนา 8 นิ้ว	0.41	5.5 ชม.
อิฐ ความหนา 12 นิ้ว	0.31	8.5 ชม.
คอนกรีต ความหนา 4 นิ้ว	0.85	2.5 ชม.
คอนกรีต ความหนา 8 นิ้ว	0.67	5 ชม.
คอนกรีต ความหนา 12 นิ้ว	0.55	8 ชม.
ไม้ ความหนา ½ นิ้ว	0.68	10 นาที
ไม้ ความหนา 1 นิ้ว	0.47	25 นาที
ไม้ ความหนา 2 นิ้ว	0.30	1 ชม.
ฉนวนกันความร้อน ความหนา 2 นิ้ว	0.16	40 นาที
ฉนวนกันความร้อน ความหนา 4 นิ้ว	0.09	3 ชม.

ที่มา: (ตรึงใจ บูรณะสมภพ, 2539)

2.5.3 ไม้ คือ วัสดุธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนต่ำ ถ่ายเทความร้อนได้ดี และมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าวัสดุประเภทคอนกรีต หิน และโลหะ ในอดีตประเทศไทยนิยมใช้ไม้ก่อสร้าง

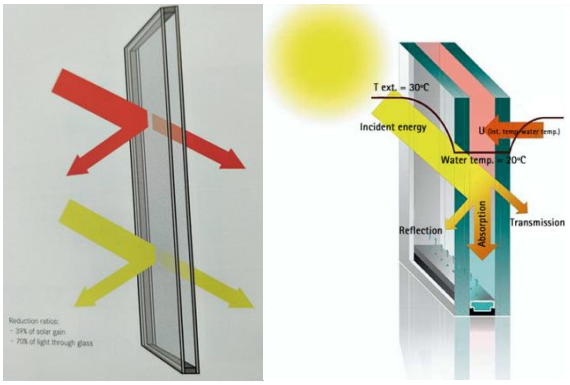
อาคารบ้านเรือน เนื่องจากป่าไม้ยังอุดมสมบูรณ์ อีกทั้งคุณสมบัติที่ไม่เป็นตัวนำความร้อนสูงและไม่เก็บสะสมความร้อน อย่างไรก็ตามไม้มีข้อจำกัดเรื่องเชื้อราและความชื้น ซึ่งทำให้วัสดุเสื่อมสภาพได้จึงต้องมีการเคลือบน้ำยากันเนื้อไม้ เพื่อให้มีอายุใช้งานยืนยาว

ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่า U - value ของผนังทึบ

วัสดุ	U-value ($W/m^2.K$)	Rรวม ($m^2.K/W$)
ผนังไม้จริง	4.10	0.24
ผนังไม้บุภายในด้วยไม้อัด	2.31	0.43
ผนังไม้บุโครงคร่าวยิบซั่มบอร์ด	1.10	0.91
ผนังไม้ + ฉนวนใยแก้ว 2”+ ยิบซั่มบอร์ด	0.57	1.77
ผนังไม้ + ฉนวนใยแก้ว 3”+ ยิบซั่มบอร์ด	0.41	2.43

ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน Ecovillage (การเคหะแห่งชาติ, 2556)

2.5.4 กระจก เป็น วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อเป็นเปลือกอาคาร เปิดมุมมองสู่ภายนอก และเป็นช่องแสงสว่างเข้าสู่ตัวอาคาร กระจกในปัจจุบันแบ่งเป็นหลายประเภท ดังตารางที่ 4 โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่างกันตามวัสดุ ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-value) ของกระจกแต่ละประเภทจะบอกถึงปริมาณความร้อนถ่ายเทจากกระจกเข้าสู่อาคาร ซึ่งค่า U ยิ่งสูง ความร้อนจากกระจกเข้าสู่อาคารจะมีมากขึ้น ทำให้เกิดความร้อนในตัวอาคาร ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานมากขึ้นเช่นกัน กระจกใส (Clear Glass) คือ กระจกที่มีความโปร่งใสสามารถมองผ่านได้ชัดเจน และให้ภาพสะท้อนที่ไม่บิดเบี้ยว ยอมให้แสงผ่านได้ร้อยละ 75-92 ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก ยิ่งหนามากแสงจะผ่านได้น้อยลง มีค่าการสะท้อนแสงต่ำเพียง 7% ผิวกระจกไม่ร้อนเพราะดูดกลืนความร้อนน้อยมาก ทำให้ความร้อนจากกระจกส่องเข้าสู่ตัวอาคารได้เต็มที่ (สุนทร บุญญาธิการ, 2551) ปัจจุบันมีการพัฒนากระจกที่มีการถ่ายเทความร้อนต่ำเรียกว่า กระจกอินซูเลท โลว์อี (Insulating Low-E) เป็นกระจกสองแผ่นประกบกันภายในเคลือบด้วยสารเงิน มีช่องอากาศคั่นกลาง ทำหน้าที่เสมือนฉนวนกั้นอุณหภูมิระหว่างด้านนอกและด้านในอาคาร แต่ยังยอมให้แสงผ่านได้เหมือนกระจกทั่วไป (ความร้อนเหลือเข้าสู่ตัวอาคาร 39% แสงอาทิตย์สามารถเข้าได้ 70%) โดยกระจก Low-E จะถ่ายเทความร้อนต่ำกว่ากระจกประเภทอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีกระจกอีกประเภทเรียกว่า RadiaGlass พัฒนาโดย IntelliGlass มีลักษณะเป็นแผ่นกระจกประกบติดกันซึ่งมีความหนากว่ากระจก Low-E มีช่องอากาศตรงกลาง และปล่อยน้ำออกมาหมุนเวียนตรงช่องว่างระหว่างกระจก เพื่อลดความร้อนจากดวงอาทิตย์ภายนอกอาคาร โดยน้ำจะช่วยดูดซับความร้อนก่อนส่งผ่านเข้าด้านในอาคาร ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 (ซ้าย) การส่งผ่านรังสีและแสงดวงอาทิตย์ของกระจก Low-E
(ขวา) การถ่ายเทความร้อนของแสงแดดผ่านกระจก RadiaGlass
ที่มา: (Alonso, 2012)

ตารางที่ 4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกประเภทต่างๆ

วัสดุ	ความหนา (มิลลิเมตร)	U-value ($W/m^2.K$)
กระจกใส	6	5.83
กระจกสีเทา	6	6.27
กระจกสีฟ้า	6	6.21
กระจกสีเขียว	6	6.23
กระจกตัดแสง สีเทา	6	5.90
กระจกตัดแสง สีฟ้า	6	5.94
กระจกตัดแสง สีเขียว	6	5.96
กระจกสะท้อนแสงสีเหลือง	6	4.74
กระจกสะท้อนแสง สีฟ้า	6	5.08
กระจกสะท้อนแสง สีเขียว	6	5.03
กระจกอินซูเลท (ใส)	6-12-6	3.18
กระจกอินซูเลท (Low-E)	6-12-6	1.93
กระจกอินซูเลท (สะท้อนแสง)	6-12-6	2.68

ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน Ecovillage (การเคหะแห่งชาติ, 2556)

2.5.5 ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ช่วยป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร ใช้ได้ทั้งการต้านความร้อนจากผนังและหลังคา ซึ่งหลังคาเป็นพื้นผิวที่ได้รับความร้อนเข้ามากที่สุดทั้งจากการแผ่รังสี และการนำความร้อน วัสดุหลังคาตามท้องตลาดส่วนใหญ่ไม่สามารถป้องกันความร้อนได้อย่างเหมาะสม จึงต้องอาศัยฉนวนกันความร้อนช่วยกันความร้อนจากบริเวณหลังคาให้ผ่านเข้าตัวอาคารน้อยลง ซึ่งการติดตั้งฉนวนควรเลือกชนิดที่มีค่า R (ค่าความต้านทานความร้อน) สูง

และมีความหนาเพื่อหน่วงความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังตารางที่ 5 ฉนวนในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1) ฉนวนใยแก้วและใยหิน ในรูปแบบม้วน แบบแผ่นและท่อสำเร็จ ราคาขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและความหนาของแผ่นฉนวน

2) ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน โพลีเอทีลีน และโพรียูริเทน มีทั้งแบบพ่นบนพื้นผิวอาคาร และแบบแผ่นสำหรับติดตั้ง เนื่องจากมีความหนาแน่นมาก มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนสูง จึงมีราคาสูงกว่าฉนวนวัสดุประเภทใยแก้วและใยหิน (วัศพล ธีรวนพันธุ์, 2558)

ตารางที่ 5 แสดงชนิดและคุณสมบัติของฉนวน

ชนิดของฉนวน	ค่า K (W/m.°C)	ค่า R (m^2.K/W)
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 4 นิ้ว	0.038	2.63
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 5 นิ้ว	0.038	3.29
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 kg/m^3 หนา 6 นิ้ว	0.038	3.95
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 kg/m^3 หนา 4 นิ้ว	0.035	2.86
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 kg/m^3 หนา 5 นิ้ว	0.035	3.57
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 kg/m^3 หนา 6 นิ้ว	0.035	4.29
ฉนวนโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว	0.023	3.26
ฉนวนโพลียูรีเทน หนา 4 นิ้ว	0.023	4.35
ฉนวนโพลียูรีเทน หนา 5 นิ้ว	0.023	5.43

ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน Ecovillage (การเคหะแห่งชาติ, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.6 คอนกรีต เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักและมวลสารมาก คอนกรีตที่ผสมเสร็จยิ่งมีความหนามาก จะมีค่าหน่วงความร้อนให้ไหลผ่านวัสดุยาวนานขึ้น (Time-Lag) ด้วยคุณสมบัติหน่วงความร้อนได้ดี สามารถใช้หน่วงความร้อนด้านนอกของผนังได้ในเวลากลางวัน ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิความร้อนในอาคาร ปัจจุบันมีคอนกรีตมวลเบาซึ่งมีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำ มีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา น้ำหนักเบา มีรูพรุนในเนื้อวัสดุจึงเป็นฉนวนดูดซับเสียงได้ดี

2.5.7 อิฐ คือ วัสดุที่ทำมาจากการเผาดินเหนียวขึ้นรูป มีความแข็งแรง คงรูป มีค่านำความร้อนสูง มีความหนาแน่นสูง จึงหน่วงนำความร้อนได้ยาวนาน สามารถใช้อิฐมอญเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนภายนอกอาคารได้ ด้วยการก่อผนัง 2 ชั้นโดยเว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง หรือก่ออิฐแบบสองชั้น เพื่อใช้เป็นมวลอุณหภาพผนัง (Thermal Mass) ซึ่งจะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารในเวลากลางวัน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างค่า U - value ของผนังทึบ

วัสดุ	U-value ($W/m^2.K$)	Rรวม ($m^2.K/W$)
ผนังอิฐบล็อกหนา 10 ซม.	2.90	0.35
ผนังอิฐบล็อกหนา 20 ซม.	2.11	0.47
ผนังอิฐบล็อกหนา 20 ซม. + Air gap	1.71	0.59
ผนังคอนกรีตหนา 10 ซม. + ฉนวนใยแก้ว 2” + ยิปซั่มบอร์ด	0.60	1.70
ผนังคอนกรีตหนา 10 ซม. + ฉนวนใยแก้ว 3” + ยิปซั่มบอร์ด	0.43	2.34

ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน Ecovillage (การเคหะแห่งชาติ, 2556)

2.6 เกณฑ์การประเมินอาคารยั่งยืน

เนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบโดยตรงกับมนุษย์ที่ทวีความรุนแรงในปัจจุบัน สาเหตุหนึ่งเป็นผลมาจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม ดังนั้นนักวิจัยในหลายประเทศจึงพัฒนาเกณฑ์เกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการออกแบบ ก่อสร้าง และการใช้งานอาคารจนถึงการรื้อถอน ซึ่งเป็นวงจรชีวิตของอาคาร (Building Life Cycle) จากการศึกษาแบบประเมินอาคารยั่งยืนทั้งในประเทศไทย (TREES) และอีก 6 ประเทศที่เป็นสมาชิกของ World Green Building Council (World GBC) เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างและคล้ายคลึง สำหรับอาคารที่สร้างใหม่ พบว่าเกณฑ์ของทั้ง 7 ประเทศ (BREEAM, LEED, CASBEE, GIB, GREENSHIP, GREEN MARK, TREES) ให้ความสำคัญเรื่องการอนุรักษ์พลังงานมากที่สุด ถัดมาเป็นการให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร เช่น การระบายอากาศในอาคาร สภาวะน่าสบาย การใช้แสงธรรมชาติ เป็นต้น (จักรกฤษณ์ เหลืองเจริญรัตน์ และสิงห์ อินทรชูโต, 2013) โดยแต่ละประเทศมีความตื่นตัวในการพัฒนาหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว เพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารและใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการพัฒนาใช้เกณฑ์ในประเทศอื่นๆ ตัวอย่างเช่น

เกณฑ์ Green Star - ประเทศนิวซีแลนด์

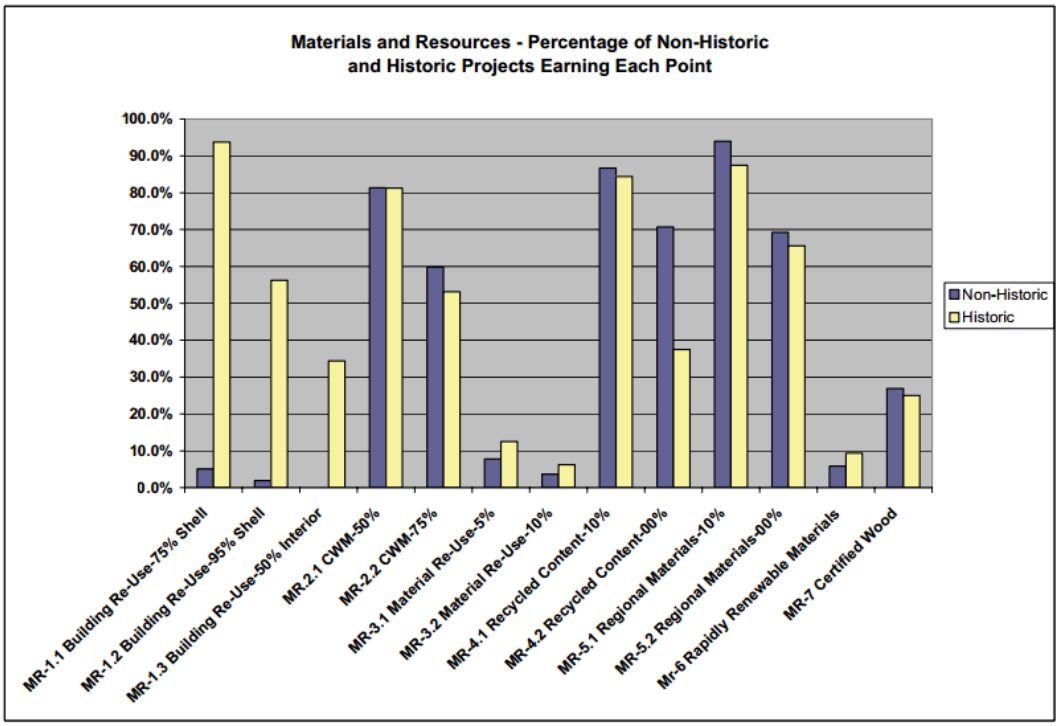
เกณฑ์ Nabers และ Green Star – ประเทศออสเตรเลีย

เกณฑ์ LEED Canada - ประเทศแคนาดา

เกณฑ์ BREEAM Netherlands – ประเทศเนเธอร์แลนด์ นอกจากนี้ยังมีเกณฑ์ประยุกต์ให้เหมาะสมในแต่ละประเทศอื่นๆ เช่น ประเทศเยอรมัน สวีเดน นอร์เวย์ สเปน (ที่มา: https://www.breeam.nl/content/breeam-nl-english)

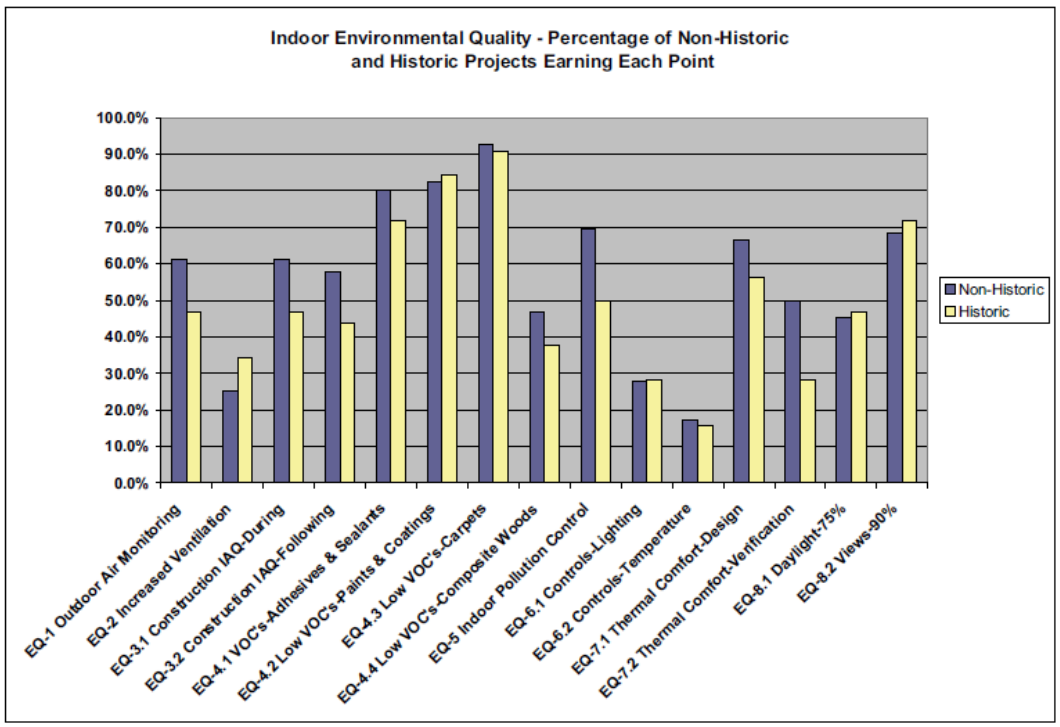
เกณฑ์ GBAS – สาธารณรัฐประชาชนจีน

ในงานวิจัยเรื่องการประเมินอาคารประวัติศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ LEED-NC ในสหรัฐอเมริกา โดยเปรียบเทียบอาคารประวัติศาสตร์ที่ได้รับรองการประเมินผ่านเกณฑ์ LEED-NC ประกอบด้วย อาคาร The Cobb Building และ อาคาร Lincoln Cottage Visitor Education Center เปรียบเทียบกับอาคารปัจจุบันเพื่อศึกษาวิเคราะห์คะแนนในแต่ละหัวข้อที่แตกต่างกัน พบว่าเกณฑ์หัวข้อการใช้วัสดุประกอบอาคาร การนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ (reuse) สัมพันธ์กับการบูรณะอาคารเก่า ที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาคารเดิม โดยการซ่อมแซมและปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารที่ยังสามารถใช้งานต่อได้ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องความทนทานของวัสดุและวิเคราะห์วัฏจักรการใช้งานวัสดุ (Life Cycle Analysis) นอกจากนี้ในหัวข้อการประหยัดพลังงานในอาคาร อาคารประวัติศาสตร์ยังมีคะแนน (4.8 คะแนน) สูงกว่าอาคารที่ก่อสร้างในปัจจุบัน (4.3 คะแนน) เนื่องมาจากการออกแบบที่สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ ยังส่งผลดีถึงการควบคุมคุณภาพทั้งด้านการระบายอากาศ และแสงสว่างที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานอาคาร ทำให้อาคารประวัติศาสตร์ได้คะแนนในหัวข้อดังกล่าวสูงกว่าอาคารปัจจุบัน (Frey, 2007) ดังแผนภูมิที่ 2



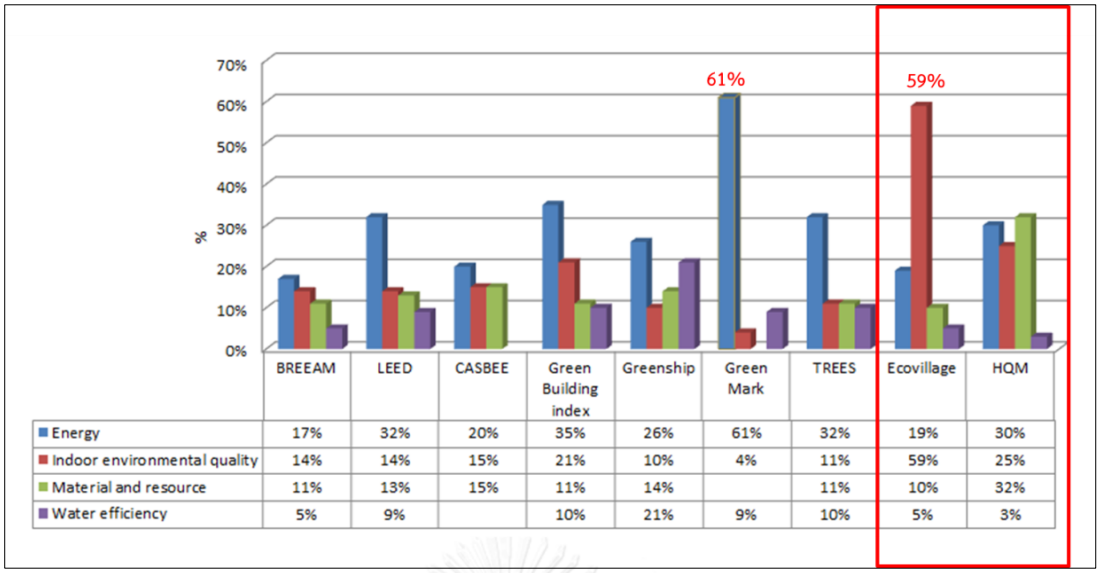
แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบการประเมินจากเกณฑ์ LEED-NC ในหัวข้อวัสดุก่อสร้างอาคารระหว่างอาคารประวัติศาสตร์และอาคารปัจจุบัน

ที่มา: (Frey, 2007)



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบการประเมินจากเกณฑ์ LEED-NC ในหัวข้อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร
ที่มา: (Frey, 2007)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทางด้านเกณฑ์อาคารเขียวของแต่ละประเทศซึ่งเป็นสมาชิก World GBC ซึ่งสรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานอาคารและงานระบบ ประกอบด้วย 4 หัวข้อใหญ่ คือ ด้านการใช้พลังงาน ด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร ด้านอนุรักษ์น้ำ และด้านวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยแต่ละเกณฑ์ให้ความสำคัญแต่ละหัวข้อต่างกันไป นอกจากเกณฑ์อาคารเขียวจะสนับสนุนแนวทางในการรับผิดต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะก่อประโยชน์ทางธุรกิจด้านการค้า การตลาดและด้านความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR) นอกจากนี้ยังมีเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นสำหรับประเมินอาคารเขียวประเภทที่พักอาศัยและชุมชน โดยเพิ่มความสำคัญเรื่องสุขภาวะผู้พักอาศัยในอาคาร และสิ่งแวดล้อมในชุมชน เนื่องจากที่ผ่านมาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวจะให้ความสำคัญในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และอาคารสาธารณะขนาดใหญ่ ดังนั้นเกณฑ์ชุมชนยั่งยืนที่พัฒนาต่อยอดได้คำนึงถึงความสำคัญเรื่องสุขภาวะมาเป็นอันดับต้นๆ จะเห็นได้จากสัดส่วนการประเมินเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์อาคารเขียวและชุมชนยั่งยืน (Ecovillage ของการเคหะแห่งชาติของไทย และ Home Quality Mark ของอังกฤษ) ดังแผนภูมิที่ 4 ได้เน้นในเรื่องคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร (การระบายอากาศและสภาวะน่าสบาย) อีกทั้งเรื่องวัสดุที่มีสารพิษต่ำโดยเกณฑ์ให้คะแนนความสำคัญมาเป็นอันดับแรก



	BREEAM	LEED	CASBEE	Green Building index	Greenship	Green Mark	TREES	Ecovillage	HQM
Energy	17%	32%	20%	35%	26%	61%	32%	19%	30%
Indoor environmental quality	14%	14%	15%	21%	10%	4%	11%	59%	25%
Material and resource	11%	13%	15%	11%	14%		11%	10%	32%
Water efficiency	5%	9%		10%	21%	9%	10%	5%	3%

แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบสัดส่วนการให้ความสำคัญของหัวข้อในเกณฑ์อาคารเขียวและชุมชนยั่งยืน

ที่มา: (จักรกฤษณ์ เหลืองเจริญรัตน์ และสิงห์ อินทรชูโต, 2013)

เมื่อพิจารณาถึงหัวข้อหลักของเกณฑ์อาคารเขียวและชุมชนยั่งยืน พบว่าการใช้พลังงานในอาคารมีปัจจัยมาจากทิศทางการออกแบบอาคาร รวมถึงวัสดุประกอบอาคาร โดยประสิทธิภาพของเปลือกอาคารมีผลกระทบอย่างมาก ในการถ่ายเทความร้อนและความเย็น รวมถึงการออกแบบความส่องสว่างสำหรับตัวอาคาร จะมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารซึ่งเกณฑ์

2.6.1 เกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน (Ecovillage)

การเคหะแห่งชาติ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ เป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาที่อยู่อาศัยและพัฒนาเมือง เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มีคุณภาพอย่างยั่งยืน ได้มีแนวคิดในการจัดทำโครงการพัฒนาที่อยู่อาศัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยยึดหลักการพึ่งพาตนเองเพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนในระยะยาว โดยพัฒนาจัดตั้งโครงการชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน (Ecovillage) และทำการศึกษาตั้งแต่การออกแบบวางผัง การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ เพื่อเป็นการลดใช้พลังงานในอาคาร ลดการปล่อยของเสียออกสู่ธรรมชาติ เพื่อเป็นชุมชนสีเขียว (Green Community) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ศึกษาตัวอย่างเกณฑ์ชุมชนยั่งยืนสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ศึกษาเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเขียว ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทบทวนเกณฑ์การประเมิน Ecovillage เดิมของการเคหะแห่งชาติ ตลอดจนจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้ เป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเกณฑ์ให้น่าเชื่อถือ และมีรูปแบบที่เข้าใจง่ายในการเผยแพร่และฝึกอบรมแก่หน่วยงาน และบุคลากรที่เกี่ยวข้องต่อไป (อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2556)

เกณฑ์ Ecovillage แบ่งการประเมินอาคารพักอาศัยออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ประเภทอาคารแนวราบ ได้แก่อาคารที่มีความสูงน้อยกว่า 4 ชั้น เช่น บ้านเดี่ยว บ้านแฝดและบ้านแถว 2) ประเภทอาคารแนวดิ่ง ได้แก่อาคารที่พักอาศัยที่มีความสูงตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป เช่น อาคารชุด และอาคารพักอาศัยรวม โดยเกณฑ์กำหนดให้มีคะแนนเต็มทั้งหมด 100 คะแนน แบ่งคะแนนตามหมวดการประเมิน 5 หมวดดังตารางที่ 7

ในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาหมวดงานอาคารและงานระบบเพื่อใช้ประกอบการวิจัยสำหรับอาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง เนื่องจากเป็นอาคารบ้านเดี่ยวที่ก่อสร้างแล้ว และไม่อยู่ในเขตหมู่บ้านที่มีพื้นที่โครงการและภูมิทัศน์ โดยแบ่งหัวข้อการประเมินเป็นหมวดงานอาคารและงานระบบดังรายละเอียดในตารางที่ 8-10

ตารางที่ 7 แสดงหมวดและคะแนนการประเมินเกณฑ์ Ecovillage

หมวดการประเมิน	อาคารแนวราบ	อาคารแนวดิ่ง
หมวดผังโครงการและภูมิทัศน์	27	28
หมวดงานอาคาร	44	42
หมวดงานระบบ	14	15
หมวดการบริหารจัดการ	10	10
หมวดนวัตกรรม	5	5
รวม	**100**	**100**

ตารางที่ 8 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานอาคาร

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม
1	**รูปทรงอาคาร**	**3**
	สัดส่วนอาคาร (ตอ.-ตต. : เหนือ-ใต้ = 1.07-2.3)	1
	ทิศทางอาคารและการรับรังสีดวงอาทิตย์	1
	ทิศทางอาคารและการรับลม	1
2	**เปลือกอาคาร**	**34**
	การป้องกันความร้อนจากหลังคา (เลือก A หรือ B)	5
	A.0 ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนหลังคามากกว่า 1.3 m^2 °C/W	บังคับ
	A.1 หลังคาสองชั้น	1
	A.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนหลังคา (R-2.14-4.28 m^2 °C/W)	3
	A.3 หลังคาสีโทนอ่อนลดการดูดกลืนรังสีอาทิตย์	1
	B.0 RTTV < 15 W/m^2	
	B. RTTV (5-10 W/m^2)	5

ตารางที่ 9 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานอาคาร (ต่อ)

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม
2	**เปลือกอาคาร**	**34**
	การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก (เลือก A หรือ B)	18
	A.0 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) ไม่เกิน 50% และ SHGC รวมไม่เกิน 0.6	บังคับ
	A.1 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) 30-40%	4
	A.2 การบังแดดพื้นที่หน้าต่าง SHGC รวม = 0.3-0.6	6
	A.3 กระจกที่มีการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-1.5-3.0 W/m² ℃)	3
	A.4 สีผิวภายนอกเป็นสีโทนอ่อน (50-75% ของพื้นที่ผนัง)	2
	A.5 Buffer zone (20-30% ของพื้นที่อาคาร)	1
	A.6 ห้องใช้งานกลางวันมีมวลอุณหภาพ (Thermal Mass) (50-75% ของด้านผนัง)	2
	B.0 OTTVh < 35 W/m² และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ไม่เกิน 0.5	บังคับ
	B. OTTVh (5-30 W/m²)	18
	ช่องแสงและช่องเปิดระบายอากาศ	11
	ช่องระบายอากาศ 2 ด้าน (90% ของพื้นที่ใช้งานหลัก)	4
	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลัก (25-45% ของพื้นที่ใช้งานหลัก DF ≥ 2)	3
	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลัก (50% ของพื้นที่มีช่องเปิดไม่น้อยกว่า 15%)	1
	หน้าต่างเปิดปิดได้ (50-75% ของหน้าต่างทั้งหมด)	2
	หลีกเลี่ยงหน้าต่างบานเกล็ดในห้องปรับอากาศ	1
	วัสดุก่อสร้างอาคาร	**6**
	วัสดุก่อสร้างอาคารภายในประเทศ (10-20% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	1
	วัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน (5-10% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	2
	การใช้ไม้จากป่าปลูก	1
	ค่าสะท้อนแสงของกระจกภายนอกไม่เกิน 0.15	1
	สีและสารเคลือบผิวที่เป็นพิษต่ำ	1
รวมคะแนนหมวดงานอาคาร		**43**

ตารางที่ 10 หัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ Ecovillage หมวดงานระบบ

	งานระบบ	คะแนนเต็ม
1	**ระบบปรับอากาศ**	**6**
	ระบบปรับอากาศ (เลือก A หรือ B)	6
	ใช้การระบายอากาศธรรมชาติทั้งหมด	6
	เครื่องปรับอากาศ EER ≥ 11 และสารทำความเย็นไม่มี CFC	บังคับ
	มีพื้นที่ไม่ปรับอากาศเกิน 60%	2
	ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (EER 13-17)	3
	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (25 ตร.ม./ตันความเย็น)	1
2	**ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**	**5**
	ค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ (≥ 300 lux ห้องรับแขก/นั่งเล่น ห้องรับประทานอาหาร)	บังคับ
	เกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (<12 W/m²)	4
	ระบบควบคุมการส่องสว่าง	1
3	**ระบบสุขาภิบาล**	**3**
	ระบบบำบัดน้ำเสีย บ่อดักขยะ และบ่อดักไขมัน	บังคับ
	โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ (≤ 6 ลิตรต่อครั้ง)	1
	ฝักบัวและก๊อกน้ำประหยัดน้ำ	1
	ระบบกักเก็บน้ำฝน	1
	รวมคะแนนหมวดงานระบบ	**14**
รวมคะแนนทั้งหมด		**57.00**

Chulalongkorn University

2.6.2 เกณฑ์การประเมิน Home Quality Mark (HQM)

Home Quality Mark คือ โครงการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานด้านที่พักอาศัยของประเทศอังกฤษ สำหรับเจ้าของบ้าน ผู้เช่าหรือต้องการซื้อบ้านใหม่ เพิ่มทางเลือกในการพิจารณาบ้านที่มีคุณภาพและคุ้มค่าการลงทุน ตั้งแต่การคัดเลือกวัสดุคุณภาพในการก่อสร้าง ตรวจสอบข้อมูลเรื่องปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการออกแบบและใช้วัสดุ และทราบถึงหลักเกณฑ์ประเมินคุณภาพของบ้านที่เน้นความสำคัญ เรื่องสุขภาวะและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้อาศัย โดยทีมงานจาก Building Research Establishment, BRE ได้ทำการวิจัยและพัฒนาแบบประเมินโดยใช้มาตรฐานเดียวกับเกณฑ์อาคารเขียว BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ซึ่ง HQM ยังถือเป็นส่วนหนึ่งของ BREEAM ที่มีมาตรฐานระดับ 5 ดาวและดำเนินการมากว่า 25 ปี อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการประเมินเพื่อวิเคราะห์คะแนนแต่ละหัวข้อ เพื่อขอ

ใบรับรอง (Certificated) ในระดับต่างๆยังต้องดำเนินตามขั้นตอนและเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเช่นเดียวกับ การประเมินเกณฑ์อาคารเขียว BREEAM และเกณฑ์อาคารเขียวของประเทศอื่นๆ (BRE Global Ltd., 2015)

ตารางที่ 11 แสดงหมวดและคะแนนการประเมินเกณฑ์ Home Quality Mark (HQM)

หมวดการประเมิน	คะแนนเต็ม
หมวดสภาพแวดล้อม (Our Surroundings)	144
หมวดที่พักอาศัย (My Home)	276
หมวดปันความรู้ (Knowledge Sharing)	80
รวม	**500**

ในแต่ละหมวดหมู่ของเกณฑ์ประเมิน HQM ตามตารางที่ 12 แบ่งความสำคัญได้ดังนี้

1) หมวดสภาพแวดล้อม เกี่ยวกับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัย การเข้าถึงระบบขนส่งสาธารณะ มีสาธารณูปโภคที่เหมาะสม ไม่เกิดความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วม และมีพื้นที่สันทนาการสำหรับสมาชิกในชุมชน

2) หมวดที่พักอาศัย ให้ความสำคัญเรื่องสุขภาวะและผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยเน้นเกี่ยวกับการประเมินเรื่องการระบายอากาศ สภาวะน่าสบายด้านอุณหภูมิ ด้านแสงสว่าง และด้าน เสียง ที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อผู้อยู่อาศัย ไปจนถึงการใช้พลังงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่อาจสิ้นเปลืองได้ ซึ่งในงานวิจัยจะทำการศึกษาและประเมินหัวข้อนี้ดังรายละเอียดในตารางที่ 13

3) หมวดปันความรู้ เป็นหมวดที่เกี่ยวกับการบริหารโครงการ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทั้งผู้ออกแบบ เจ้าของโครงการ และผู้รับเหมา ได้แลกเปลี่ยนทัศนะและรับทราบขั้นตอน สถานะโครงการ เข้าใจข้อมูลและรายละเอียดโครงการที่ตรงกัน สามารถติดตามผลดำเนินงานและควบคุมเงินลงทุนได้อย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 12 แสดงหัวข้อการประเมินและข้อกำหนดเกณฑ์ HQM เฉพาะหมวดที่พักอาศัย

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม
1.0	มลภาวะในอาคาร (Indoor pollutants)	10
1.1	การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight)	16
1.2	เสียงภายในและนอกอาคาร (Internal and External Noise)	4
1.3	การป้องกันเสียง (Sound Insulation)	8

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม
1.4	อุณหภูมิ (Temperature)	20
1.5	การระบายอากาศ (Ventilation)	12
	รวมคะแนนหมวดความสบายในอาคาร	**70**
หัวข้อ	**การใช้พลังงาน**	**คะแนนเต็ม**
2.0	มูลค่าการใช้พลังงาน (Energy and Cost)	62
2.1	การแบ่งกระจายพลังงาน (Decentralised Energy)	10
2.2	ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ (Impact on Local Air Quality)	11
	รวมคะแนนหมวดการใช้พลังงาน	**83**
หัวข้อ	**วัสดุก่อสร้าง**	**คะแนนเต็ม**
3.0	ความรับผิดชอบในการจัดหาผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่มีคุณภาพ (Responsible sourcing of construction products)	31
3.1	การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact from Construction Products)	31
3.2	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Costing of Constructuion Products)	18
3.3	ความคงทนของผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง (Durability of Construction Products)	10
	รวมคะแนนหมวดวัสดุก่อสร้าง	**90**
หัวข้อ	**พื้นที่ใช้สอย**	**คะแนนเต็ม**
4.0	พื้นที่ตากเสื้อผ้า (Drying Space)	**3**
4.1	การจัดสรรพื้นที่ใช้สอย (Access and Space)	10
4.2	การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Recyclable Waste)	10
	รวมคะแนนหมวดพื้นที่ใช้สอย	**23**
หัวข้อ	**น้ำ**	**คะแนนเต็ม**
5.0	Water Efficiency ประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ	**10**
	รวมคะแนนหมวดน้ำ	**10**

2.7 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์อาคาร การประหยัดพลังงานในอาคาร และการเปรียบเทียบเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวสามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.7.1 การอนุรักษ์อาคาร

นอกจากนี้การศึกษาแนวทางการปรับปรุงด้านการประหยัดพลังงานและการควบคุมความชื้นสำหรับอาคารเก่าในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (พิรัลยา ลีรุ่งเรืองพันธุ์, 2558) โดยคัดเลือกอาคารที่สร้างขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นกรณีศึกษา พบว่าอาคารเก่าก่อสร้างเป็นผนังหนาแบบรับน้ำหนักและติดตั้งเครื่องปรับอากาศ พบว่ามีปัญหาเรื่องความชื้นซึ่งมีผลกับการใช้พลังงานในอาคาร แม้ว่าบางอาคารจะบูรณะไปแล้ว แต่ก็ยังขาดการบูรณาการองค์ความรู้ และเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ากับกระบวนการและทฤษฎีการอนุรักษ์ และปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของอาคารแต่ละประเภท จากแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การเปลี่ยนระบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ แทนระบบแยกส่วนและแพ็คเกจยูนิตกับอาคารจะช่วยลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าได้สูงสุด 24.34% มากกว่าการเปลี่ยนเป็นหลอด LED ฮาโลเจนและหลอดฟลูออเรสเซนต์ และเพิ่มฉนวนกันความร้อนหนา 2-3 นิ้วบริเวณฝ้าเพดานหลังคา

2.7.2 สถาปัตยกรรมเขียวและความยั่งยืน

ทางด้านการออกแบบบ้านพักอาศัยถือเป็นการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ 1 ในปัจจัย 4 ซึ่งควรสอดคล้องกับพฤติกรรมอยู่อาศัย รวมถึงคำนึงทั้งการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นเรื่องคุณภาพชีวิตที่ดี ประหยัดพลังงานในเรื่องการใช้น้ำ การสุขาภิบาลและเลือกวัสดุที่ปลอดภัยจากสารเคมี ไม่สร้างมลภาวะ (ศิริพร ใจชื่น, 2551)

จากบทความเรื่องแนวคิดเรื่องสถาปัตยกรรมเขียวในบริบทไทย (รุ่งรัตน์ เต็งเก้าประเสริฐ, 2558) จากการสำรวจความคิดเห็นจากนักวิชาการและสถาปนิก รวมถึงศึกษาองค์ความรู้จากเอกสารวิชาการพบว่ามีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

1) การออกแบบให้สอดคล้องสภาพภูมิอากาศ เช่น วางผังกำหนดตามทิศทางลม
2) แนวทางการออกแบบที่ใช้พลังงานธรรมชาติ โดยใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงแดด ลมและน้ำเป็นหลัก
3) การสร้างภาวะน่าสบาย พบว่าพื้นที่อาคารที่มีห้อมล้อมด้วยธรรมชาติมีส่วนทำให้เกิดสภาวะน่าสบายได้

2.7.3 การเปรียบเทียบเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว

การศึกษาเพื่อทำการประเมินอาคารสำนักงานโดยใช้เกณฑ์ TREE-NC ประเมินตามหัวข้อทั้ง

ก่อนและหลังปรับปรุงอาคาร ให้สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลการใช้พลังงานหลังปรับปรุงอาคารลดลง 67,520 บาทต่อปีและมีระยะเวลาคุ้มทุน 7.4 ปี (ประภัสสร วงศ์ยืน และวิทยา ยงเจริญ, 2558)

ในขณะที่การศึกษาโอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์ Eco village มาใช้กับการพัฒนาโครงการบ้านการเคหะแห่งชาติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ พบว่าหากมีการปรับปรุงวัสดุประกอบอาคารให้เป็นแบบประหยัดพลังงานเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ประเมิน ต้นทุนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1-6% ซึ่งยังอยู่ในราคาขายที่ไม่กระทบกับการตัดสินใจของผู้ซื้อมากนัก (ณัฐพล คุณดิลกกาญจน์, 2557)

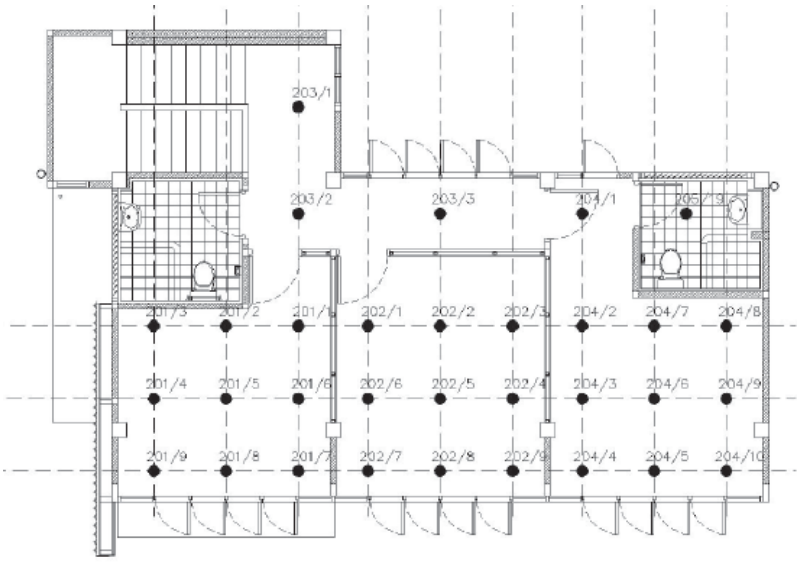
นอกจากนี้ ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์ Ecovillage และเกณฑ์ LEED เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาความสอดคล้องในหลักการประเมิน พบว่าหัวข้อในการเลือกที่ตั้งโครงการและการเชื่อมโยงพื้นที่ภายนอก ทั้ง 2 เกณฑ์ให้ความสำคัญคล้ายคลึงกัน ส่วนข้อแตกต่างคือการวางแผนการใช้พลังงานและการหาแหล่งพลังงานทดแทนในการนำมาใช้ ซึ่งเกณฑ์ LEED มีหัวข้อชัดเจน ในขณะที่เกณฑ์ Ecovillage มีเกณฑ์คะแนนเรื่องนวัตกรรมใหม่ในการพัฒนาชุมชน จึงเสนอแนะให้มีการเพิ่มเติมการประเมินด้านหาแหล่งพลังงานทดแทน (ชาคร สุทธิวงศ์พันธ์ และคณะ, 2559)

2.7.4 การระบายอากาศในที่พักอาศัย

จากการศึกษาเรื่องเขตน่าสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย การกำหนดความสูงช่องเปิดยังเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงตัวอย่างเช่น ช่องเปิดไม่ควรอยู่สูงกว่าความสูงเตียงนอนเกินไป ถ้าช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกอยู่สูง จะทำให้พื้นที่ส่วนล่างของห้องเช่นบริเวณเตียงนอนเป็นพื้นที่อับลม (ตรึงใจ บูรณะสมภพ, 2539) โดยปรกติช่องเปิดที่ผนังอาคารทั้งช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกจะสร้างความต้านทานต่อการไหลเวียนของกระแสลม ทำให้ความเร็วลมภายในอาคารต่ำกว่าภายนอก เมื่อกระแสลมผ่านมาในอาคารที่มีผนังกั้นระหว่างช่องลมเข้า-ออก จะเป็นการเพิ่มความต้านทานทำให้ความเร็วลมในอาคารต่ำลงไปอีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งช่องเปิดผนังของอาคารซึ่งเป็นที่ลมพัดผ่าน

การวิจัยและประเมินผลของบ้านประหยัดพลังงาน (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2550) ในเรื่องการระบายอากาศ ทำการศึกษา 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ศึกษาข้อมูลอากาศและกระแสลมของสถานที่ตั้งบ้านประหยัดพลังงาน 3 หลัง และศึกษากระแสลมด้วยการสร้างหุ่นจำลองการไหลของไหล โดยใช้น้ำด่างทับทิมแทนการไหลของกระแสลม จากนั้นเปรียบเทียบกับค่ากระแสลมที่วัดได้โดยเครื่อง Hot-wired Anemometer โดยกำหนดตำแหน่งจุดวัดลมดังภาพที่ 6 พบว่าความสูงและตำแหน่งช่องเปิดจะมีผลกับกระแสลม กำหนดเกณฑ์การให้น้ำหนักค่าความเร็วลมเป็น 5 ระดับตั้งแต่ 0.10 – 1.0 เมตร/วินาที ระดับที่ความเร็วลมดีมาก คือ ค่าความเร็วลม 0.51-1.0 เมตร/วินาที เพราะอากาศเคลื่อนไหวผ่านร่างกายรับรู้ได้ถึงความรู้สึกบาย โดยผลประเมินบ้านที่มีการออกแบบหน้าต่างตลอดถึง

ผนัง และมีหน้าต่าง 2 ด้านตรงข้ามกัน จะทำให้กระแสลมพัดผ่านได้ดีและกระจายทั่วห้อง การมีลมพัดผ่านเข้ามาในอาคารมีส่วนช่วยทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดสภาวะน่าสบาย ซึ่งการเกิดสภาวะน่าสบายนั้นมีปัจจัยสำคัญ 4 ส่วนคือ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และอุณหภูมิร่างกาย



ภาพที่ 6 การกำหนดตำแหน่งจุดวัดลมภายในบ้านกรณีศึกษา

จากการวิจัยของโจเซฟ เคดารี่และคณะ ได้สรุปขอบเขตความน่าสบายในประเทศไทย อยู่ระหว่างอุณหภูมิ 22-36.5 องศาเซลเซียส สัมพันธ์กับช่วงกระแสลมและความชื้นสัมพันธ์ในระดับต่างๆตามตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องสภาวะน่าสบายในอาคารพักอาศัยของกรุงเทพมหานคร จากการทดลองและสำรวจความคิดเห็นของผู้อยู่อาศัยในกรุงเทพฯ จำนวน 1,377 คน พบว่าผู้อยู่อาศัยในอาคารที่พักรู้สึกสบายที่อุณหภูมิในช่วง 22.5 –30 องศาเซลเซียส โดยพื้นที่ๆใช้ลมธรรมชาติ อุณหภูมิที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส ส่วนพื้นที่ห้องปรับอากาศผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Rangsiraksa, 2006) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Busch J. (1990) เกี่ยวกับภาวะน่าสบายของอาคารสำนักงานในกรุงเทพฯส่วนพื้นที่ไม่ปรับอากาศอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส และพื้นที่ปรับอากาศในอาคารผู้ใช้อาคารจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 24.5 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายในอาคารแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

Reference	Location	Type of buildings	Type of Study	No. of subjects	RH%	Neutrality value T_n (°C)=Temp. of comfort
[43]	Bandung					26
[44]	Singapore		Filed study	16		26.2 ET1
[45]	Singapore-HK		Filed study	5211		26.1 ET(30.0 T_a2)
[46]	Singapore		Filed study	118		22–25.5 ET
[47]	Surabaya	Residential				27.4
[48]	Malaysia	N/a				26.1
[31]	Bankok,Thailand		Filed study	1100		28.5 ET(NV2)
[49]	Singapore1		Thermal Chamber	32		25.4
[50]	Singapore2		Thermal Chamber		35	27.6
				98	70	27.9
[51]	Singapore3	MSRB	Filed study		583	28.5 T_o2
[52]	Bankok	Offices			50	27.4 ET*
[53]	Penang	N/a			50	28.2
[54]	Shah Alam	Classrooms			54–76	27.4
[55]	Malaysia	Classrooms			73	26.27
[56]	Bankok	Classrooms			70–80	27.2 at 0.2 m/s 28.3 at 0.5 m/s 30.3 at 1.0 m/s 31.2 at 1.5 m/s
[57]	Kuala Lumpur	MSRB			Up to 90	N/a
[58]	Malaysia	A/C office			40–80	24.6
[59]	Singapore	MSRB				28.9
[60]	Singapore	Classrooms				28.8
[61]	Singapore	Residential				28.6
[62]	Shah Alam	Classrooms				27.6
[14]	klang valley	Residential				26.1
[63]	Bangkok	Residential				28

ที่มา: (Daghigh, 2015)

2.7.5 การใช้พลังงานในอาคาร

งานวิจัยเรื่องการออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน (อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล, 2547) ได้ทำการประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม DOE 2.0 จำลองเปรียบเทียบการใช้พลังงานบ้านพักอาศัยที่ใช้แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนและบ้านพักอาศัยทั่วไป โดยกำหนดตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ทิศทางวางตัวอาคาร โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ ระดับอุณหภูมิห้องเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างคือการใช้วัสดุและคุณสมบัติวัสดุ เทียบเกณฑ์ BREEAM ของอังกฤษ แสดงผลจำลองการใช้พลังงานระหว่างบ้านทั้ง 2 ประเภท พบว่าบ้านแนวคิดยั่งยืนสามารถลดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศได้ดีกว่าบ้านที่มีการออกแบบทั่วไป 92% ดังแผนภูมิที่ 5

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้น อันเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ทั้งด้านการใช้พลังงาน การทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการคมนาคม และภาคอุตสาหกรรม การก่อสร้างอาคารจนถึงการใช้งานอาคารเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสามารถนำมาคำนวณเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฝผ.) ในปี พ.ศ.2552 กฝผ.ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไฟฟ้ารวม 37.80 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในภาพรวม 0.57 กิโลกรัมต่อ 1 หน่วยพลังงานไฟฟ้า (kg CO_2e /kWh) ของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า ฉะนั้นเมื่อนำค่านี้คูณกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสู่ชั้นบรรยากาศโลก (เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์, 2554)

แผนภูมิที่ 5 จำลองผลการเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอน 8 ชม. ต่อวัน โดยเทียบค่า OTTV , RTTV จากค่านำความร้อนของวัสดุก่อสร้างบ้านทั้ง 2 แบบ (หน่วยเป็น MBTU) (อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล, 2547)

2.8 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมในด้านอาคารอนุรักษ์และการประหยัดพลังงาน การออกแบบอาคารในสมัยก่อน สถาปนิกหรือผู้ออกแบบจะคำนึงถึงการใช้วัสดุในท้องถิ่น และความเหมาะสมในการอยู่อาศัยเพื่อเข้ากับสภาพแวดล้อม สภาพอากาศของที่ตั้งอาคารเป็นสำคัญ จากผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทำให้ตระหนักถึงความสำคัญของวัสดุประกอบอาคารมีผลด้านการถ่ายเทความร้อน ภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่ดัดแปลงเทคนิคในการนำวัสดุก่อสร้างแบบผนังหนารับน้ำหนักเพื่อหน่วงความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร การใช้หน้าต่างไม้บานเกล็ดซึ่งนอกจากจะสามารถทำเป็นบานผลัก และบานกระทุ้งได้ในชิ้นเดียวกันแล้ว ยังช่วยเป็นแผงบังแดดที่สามารถควบคุมแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้อีกด้วย เมื่อมีการวิจัยโดยนำอาคารอนุรักษ์เปรียบเทียบกับอาคารที่สร้างใหม่ในปัจจุบันโดยใช้เกณฑ์อาคารเขียว อาคารอนุรักษ์ได้คะแนนในเรื่องการใช้วัสดุประกอบอาคารสูงกว่าอาคารก่อสร้างในปัจจุบัน สืบเนื่องมาจากการบูรณะอาคารเก่าสามารถนำวัสดุเดิมมาซ่อมแซมและใช้งานได้อีก ซึ่งจะช่วยลดเรื่องค่าใช้จ่ายสั่งซื้อวัสดุใหม่ ยังเป็นการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการรื้อถอนและสร้างอาคารใหม่อีกด้วย อย่างไรก็ตามจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยศึกษาด้านเกณฑ์อาคารเขียวเพื่อ

ความยั่งยืน สำหรับอาคารอนุรักษ์ประเภทบ้านพักอาศัยยังไม่มีผลศึกษาวิจัยเท่าใดนักทั้งในไทย และต่างประเทศ สำหรับเกณฑ์ Ecovillage เป็นเกณฑ์ประเมินภายในโครงการของการเคหะแห่งชาติและภาครัฐ ซึ่งยังไม่เผยแพร่สู่ชุมชนหมู่บ้านในภาคเอกชน ทั้งส่วนงานวิจัยด้านการใช้พลังงานที่พบ จะศึกษาเกี่ยวกับที่พักอาศัยประเภทอาคารสูงและโครงการหมู่บ้าน รวมถึงอาคารขนาดใหญ่และภาคธุรกิจ ดังนั้นการศึกษาวิจัยโดยให้ความสำคัญกับอาคารอนุรักษ์เพื่อพักอาศัยจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยนำเกณฑ์อาคารยั่งยืนมาเป็นแบบอย่างในการประเมิน และปรับปรุงอาคารให้ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม โดยยังคงดำเนินการให้สอดคล้องแนวทางการอนุรักษ์อาคารทางประวัติศาสตร์เพื่อประโยชน์ได้สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์เพื่อการประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง เป็นงานวิจัยเชิงจำลอง (Simulation Research) โดยแบ่งเป็นขั้นตอนตามระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

3.1 ทบทวนวรรณกรรม ศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การอนุรักษ์อาคารเก่า วิธีการอนุรักษ์ ลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรมอาคารในสมัยรัชกาลที่ 5 และงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์และการประหยัดพลังงาน

3.1.2 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องการอนุรักษ์พลังงาน และเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในเรื่องความสอดคล้องกับเกณฑ์ชุมชนยั่งยืน Ecovillage ของประเทศไทยและ Home Quality Mark ของประเทศอังกฤษ

3.1.3 ทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการอนุรักษ์อาคาร, เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวและที่พักอาศัยอย่างยั่งยืน การระบายอากาศและการประหยัดพลังงานในอาคาร

3.2 สำรวจรูปแบบทางสถาปัตยกรรม

เก็บข้อมูลทางกายภาพและรูปแบบการใช้พื้นที่อาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง ดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษารูปแบบทางสถาปัตยกรรม ขนาดรูปแบบช่องเปิดบานประตู หน้าต่าง ชนิดของวัสดุ ก่อสร้างผนังและหลังคา ผังพื้นอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานในอาคาร และวิเคราะห์เรื่องการระบายอากาศ ในบทที่ 3 จะเสนอรายละเอียดโดยเปรียบเทียบระหว่าง วัสดุดั้งเดิมของอาคารกรณีศึกษาที่ได้จากการสำรวจและเอกสารแบบก่อสร้าง (case-based) และวัสดุที่สถาปนิกออกแบบสำหรับการบูรณะอาคารกรณีศึกษา ซึ่งบางหัวข้อทางสถาปนิกจะใช้หลักการบูรณะซ่อมแซมและคงวัสดุเดิมไว้ หากยังสามารถใช้งานได้ ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอแนวทางปรับปรุงโดยเปรียบเทียบ วัสดุที่สถาปนิกโครงการออกแบบไว้ และวัสดุตามแนวทางประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากเกณฑ์อาคารยั่งยืน Ecovillage และ Home Quality Mark (HQM) ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป

จากการสำรวจรูปแบบสามารถแบ่งลักษณะของอาคารและวัสดุที่ใช้ประกอบอาคารโดยเปรียบเทียบแบบดั้งเดิมและแบบที่สถาปนิกโครงการออกแบบไว้แบ่งเป็น 8 หัวข้อหลัก ได้ดังนี้

ตารางที่ 14 ข้อมูลวัสดุของอาคารกรณีศึกษาแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบแบบบูรณะจากสถาปนิก

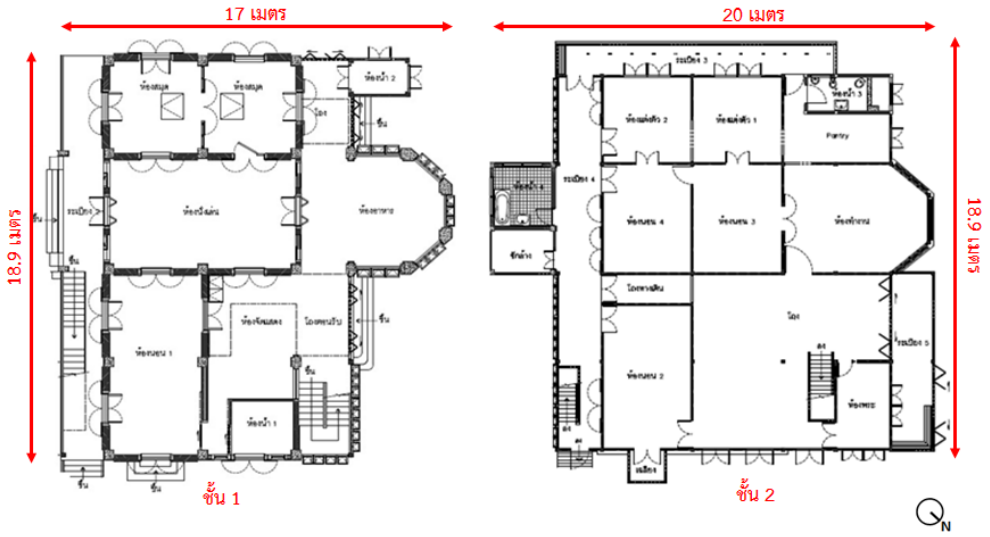
รายการ	แบบอาคารดั้งเดิม (case-based)	แบบบูรณะจากสถาปนิก
งานโครงสร้างหลังคา		
- โครงสร้าง	- ไม้เนื้อแข็ง	- ไม้ตะเคียนทอง
- กระเบื้อง	- กระเบื้องว่าวคอนกรีต ความหนา 2.5 เซนติเมตร	- กระเบื้องว่าวไฟเบอร์ซีเมนต์ไอยร่า ความหนา 6 มม.
- ระแนง	- ระแนงไม้	- ระแนงเหล็กกัลป์วาไนซ์ หนา 0.06 มม.
งานฝ้า เพดาน		
- ตง	- ตงไม้	- ตงไม้
- ฝ้า	- ฝ้าไม้ร่องวี	- ฝ้าเพดานใหม่ไม้อบร่องวี
- โครงเคร่า	- โครงเคร่าไม้	- โครงเคร่าไม้เนื้อแข็งใหม่
		- ฝ้าชายคากรุมุ้งลวดกันแมลง
งานผนังและเสา		
- ผนัง	- ก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนใช้ปูนหมัก ปูนตำ ความหนาผนัง 24 เซนติเมตร	- ผนังห้องน้ำปูกระเบื้องลายโบราณ
		- ฉาบปูนหมัก ขัดปูนตำใหม่
- เสา		- ผนังใต้พื้นไม้ ทำระบบตัดความชื้นด้วยคอนกรีตที่เสาและผนัง
งานประตู-หน้าต่าง		
- ประตู	- ประตูลูกฟักไม้ วงกบไม้	- ซ่อมแซมประตูหน้าต่างเดิม ส่วนปรับปรุงใหม่ใช้ไม้เนื้อแข็งเปลี่ยนทดแทน
- หน้าต่าง	- มีทั้งลูกฟักไม้ ตีเกล็ด และแบบลูกฟักกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร	
งานสี-น้ำยาย้อมไม้ ภายนอก-ภายในอาคาร		
- สีภายนอก	- รองพื้นและทาด้วยสีเขียวอ่อนทั้งหลัง ไม่ทราบชนิดของสีทาดั้งเดิม	- ใช้สีอะคริลิค แบบหายใจได้
- สีภายใน		- พื้นฝ้าเพดานใช้สีรองพื้นและสีน้ำอะคริลิคแบบหายใจได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการ	แบบอาคารดั้งเดิม (case-based)	แบบบูรณะโดยสถาปนิก
งานสี-น้ำยาย้อมไม้		
ภายนอก-ภายในอาคาร		
- น้ำยารักษาเนื้อไม้	-	- ทาน้ำยารักษาเนื้อไม้
- สีย้อมไม้	-	- ทาสีย้อมไม้พื้น
งานพื้น		
- พื้นห้องโถง	- ชั้น 1 โถงพื้นกระเบื้องหินอ่อน	- ทำความสะอาดกระเบื้องหิน อ่อนเดิม และปูหินอ่อนเข้าที่เดิมและเทเรซิ่นใสคลุม
- พื้นห้องชั้น 1 และชั้น 2	- พื้นไม้เนื้อแข็งแบบเข้าลิ้น	- พื้นไม้ถอดทำความสะอาดและ ปูเข้าลิ้นที่เดิม - พื้นไม้ถอดทำความสะอาดและปูเข้าลิ้นที่เดิม
งานระบบไฟฟ้า		
- หลอดไฟ	- ไม่ปรากฏชนิดหลอดไฟ	- หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์
งานสุขาภิบาล		
- ก๊อกน้ำ	- ก๊อกเดี่ยวอ่างล้างน้ำแบบมือหมุน	- ก๊อกเดี่ยวใหม่แบบธรรมดา
- สุขภัณฑ์ชักโครก	- ชักโครกแบบถังน้ำติดด้านบนผนัง มีสายโซ่คันชัก	- ชักโครกใหม่แบบธรรมดา น้ำ 6 ลิตร

หมายเหตุ : วัสดุในรายการไม่รวมแป สุขภัณฑ์อ่างอาบน้ำ สายไฟและท่อน้ำ

3.2.2 รูปแบบการใช้พื้นที่ภายในอาคาร จำนวนผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งานอาคารช่วงเวลาการใช้พื้นที่ในอาคารและพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร สำหรับการใช้งานในอนาคต เพื่อนำมาจำลองผลในโปรแกรม Visual DOE 4.1 โดยแบ่งพื้นที่จำลองการใช้พลังงานตามแบบสถาปนิกและเจ้าของอาคารที่ได้วางโครงการหลังการบูรณะ ได้แก่ พื้นที่ปรับอากาศ ในห้องนอนหลักจำนวน 3 ห้อง (ห้องนอน 1 บริเวณชั้น 1 และห้องนอน 3, 4 บริเวณชั้น 2)



ภาพที่ 7 สัดส่วนอาคารและการแบ่งพื้นที่ใช้สอยในบ้านหัวลำโพง

พื้นที่ภายในอาคารแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้น 1 ประกอบด้วยห้องจำนวน 7 ห้องและโถงจัดแสดงโบราณวัตถุและพื้นผิวอาคารดั้งเดิมก่อนบูรณะ ส่วนชั้น 2 มีวางผังห้องคล้ายกับชั้นที่ 1 แต่มีพื้นที่เพิ่มในส่วนห้องพระ ส่วนเฉลียงด้านหน้าและด้านข้างอาคาร และส่วนเตรียมอาหาร พื้นที่อาคารรวม 583.3 ตารางเมตร ดังภาพที่ 7

จำนวนผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งานอาคาร วัตถุประสงค์ในการบูรณะบ้านหัวลำโพงเพื่อใช้เป็นที่พักอาศัยเช่นเดียวกับการใช้งานอาคารในอดีต เมื่อโครงการบูรณะแล้วเสร็จมีจะจำนวนผู้ใช้อาคารเป็นที่พักอาศัยขนาดรอบครัวขนาดกลางรวม 5 คน การวางแผนติดตั้งเครื่องปรับอากาศและเปิดใช้ในช่วงกลางคืนของทุกวัน ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 แสดงตารางการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน

พื้นที่การใช้เครื่องปรับอากาศ	17.00 - 18.00	18.00 - 19.00	19.00 - 20.00	20.00 - 21.00	21.00 - 22.00	22.00 - 23.00	23.00 - 24.00	00.00 - 1.00	1.00 - 2.00	2.00 - 3.00	3.00 - 4.00	4.00 - 5.00	5.00 - 6.00
ห้องนอน 1	←											→	
ห้องนอน 2	←											→	
ห้องนอน 3			←										→

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของบ้านหัวลำโพง

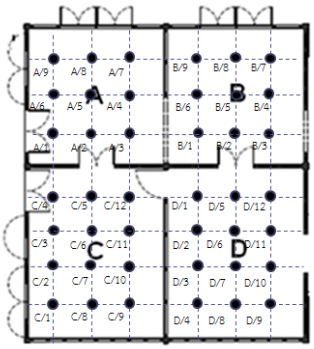
ชั้นที่	1	2	% ของพื้นที่อาคาร
พื้นที่ปรับอากาศ (ตรม.)	33.62	41.82	12.93

ชั้นที่	1	2	% ของพื้นที่อาคาร
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)	232.92	274.94	87.07
รวม	266.54	316.76	100

3.2.3 การตรวจวัดความเร็วลมบริเวณห้องนอนหลัก ด้วยเครื่องวัดกระแสลม Tenmars Hot-Wire Air Velocity Meter TM-4001 (ภาพที่ 8) เครื่องมือวัดปริมาณการไหลของกระแสลมและอุณหภูมิโดยใช้ความร้อนจากแท่งวัดบริเวณปลายไม้ (probe) ในการวัดตรวจจับกระแสลมในอากาศ มีจอ LCD แสดงผลความเร็วลมได้ทั้งหน่วยแบบ เมตร/วินาที, ฟุต/นาที, กิโลเมตร/ชมและไมล์/ชม ในงานใช้งานควรกำหนดจุดในการวัดที่แน่นอนและบันทึกค่า ในการกำหนดจุดเพื่อทำการวัดจะวัดระยะห่างทุก 1 เมตร และวัดที่ระดับสูงจากพื้นห้องประมาณ 75 เซนติเมตร (working plane) เป็นวิธีกำหนดตำแหน่งวัดลมเช่นเดียวกับงานวิจัยเรื่องการระบายอากาศตามธรรมชาติของบ้านประหยัดพลังงานสามหลัง (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2550) ที่มีการกำหนดจุดแต่ละห้องห่างกันประมาณ 1 เมตร โดยเริ่มวัดจากจุดที่ 1 และวัดตามแต่ละจุดถึงจุดสุดท้ายในแต่ละห้อง ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 8 เครื่องวัดความเร็วลม Tenmars Hot-Wire Air Velocity Meter

ที่มา: http://tenmars.com (2016)

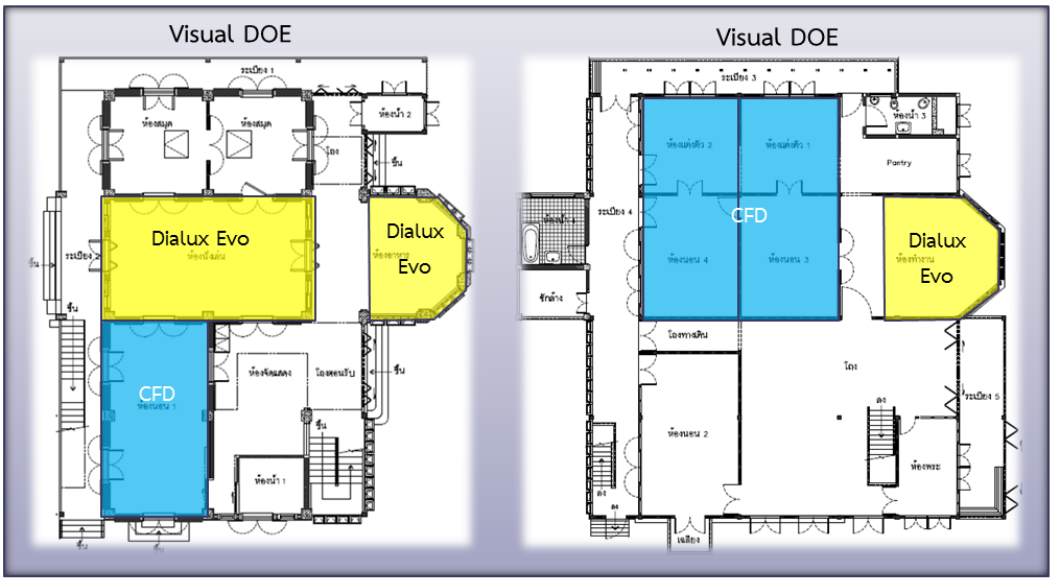


ภาพที่ 9 แสดงการกำหนดจุดในการวัดกระแสลมในอาคารกรณีศึกษา

จากนั้นนำข้อมูลจากการวัดกระแสลม ณ อาคารกรณีศึกษาและข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ SolidWorks Flow Simulation เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

3.3 กำหนดพื้นที่ในอาคารที่จะทำการศึกษา

ในเรื่องการระบายอากาศ แสงสว่างในอาคาร และการใช้พลังงาน มีการกำหนดตัวแปรเพื่อทำการทดสอบในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดการกำหนดค่าในการทดสอบดังภาพที่ 8



ภาพที่ 10 การกำหนดพื้นที่เพื่อทำการจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.1 ตัวแปรการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาทั้งแบบวัสดุเดิม เทียบกับวัสดุประหยัดพลังงาน ด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1

ตัวแปรต้น	คือ	วัสดุกรอบอาคาร (ผนัง หลังคา) ดังตารางที่ 18
ตัวแปรตาม	คือ	ปริมาณการใช้พลังงาน
ตัวแปรควบคุม	คือ	ขนาดอาคาร ขนาดห้อง และทิศทางอาคาร

การจำลองสภาพอาคารในโปรแกรม Visual DOE 4.1 เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคาร ระหว่างอาคาร Baseline ที่ใช้วัสดุประกอบอาคารเดิม เปรียบเทียบวัสดุประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ประเมินของ Ecovillage และ Home Quality Mark โดยจำลองภาพอาคารในโปรแกรมดังนี้

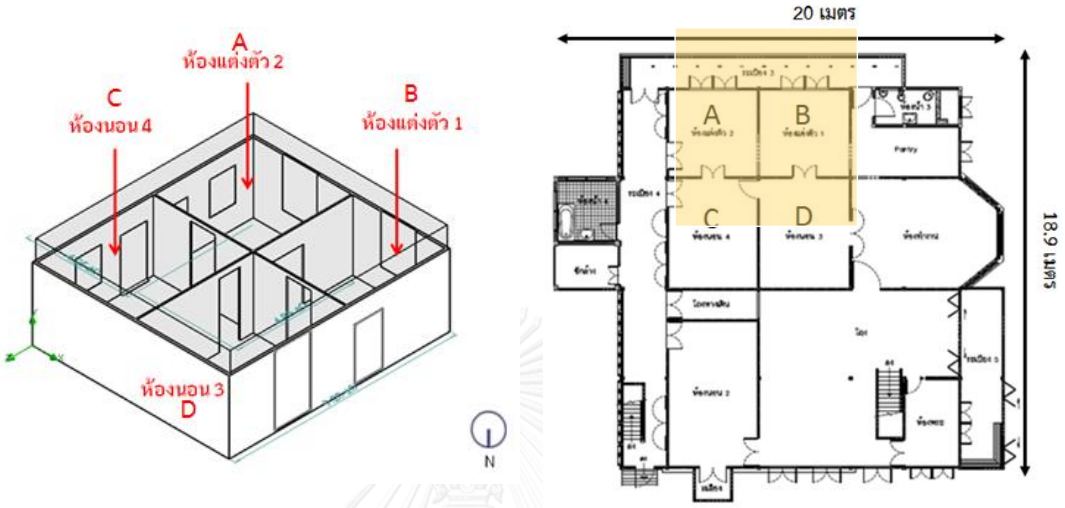
- Weather file - THA_BANGKOK_HadCM3-A2-2020.BIN ซึ่งเป็นการพยากรณ์สภาพอากาศในกรุงเทพฯ ปี ค.ศ.2020 ซึ่งใกล้เคียงปัจจุบันมากที่สุด
- Infiltration กำหนดให้อาคารชั้น 1 ก่ออิฐฉาบปูนแบบผนังหนารับน้ำหนักมีค่าการรั่วซึม 0.5 airchange/hr และอาคารชั้น 2 มีเป็นผนังไม้หนา 2 เซนติเมตร มีโครงคร่าวมีค่าการรั่วซึม 1.15 airchange/hr ค่าการรั่วซึมอ้างอิงการวิจัยเรื่องผลกระทบการรั่วซึมของอากาศ ต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย (คำรณ สุทธิ, 2554) ที่ทำการทดสอบด้วยวิธี Fan ressurization Method โดยใช้อุปกรณ์ Blower Door ตามมาตรฐาน ASTM E779-03 Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization

ตารางที่ 17 ชนิดของวัสดุที่ทำการทดสอบในโปรแกรม Visual DOE 4.1

ชนิดของวัสดุ	ค่า K (W/m.°C)	ค่า R (m^2.°C/W)
กระเบื้องคอนกรีต	0.993	0.02
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ 6 มิลลิเมตร	0.16	0.15
ผนังไม้ 2 เซนติเมตร	0.82	0.15
ผนังคอนกรีต	0.72	0.07
ฉนวนใยแก้ว 16 kg./m3 หนา 4 นิ้ว	0.038	2.63
ฉนวนใยแก้ว 16 kg./m3 หนา 5 นิ้ว	0.038	3.69
ฉนวนใยแก้ว 16 kg./m3 หนา 6 นิ้ว	0.038	3.95
ฉนวนใยแก้ว 24 kg./m3 หนา 4 นิ้ว	0.035	4.29

3.3.2 ตัวแปรด้านการระบายอากาศด้วยกระแสลมธรรมชาติ โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ Solidworks Flow Simulation จากผลการศึกษาวิจัยนำร่อง ที่ทดสอบการระบายอากาศเฉพาะห้องใช้สอยหลัก ได้แก่ ห้องบริเวณชั้น 2 ประกอบด้วย ห้องนอน 2 ห้อง และห้องแต่งตัว 2 ห้องที่เชื่อมติดกัน (ภาพที่ 11) โดยกำหนดทิศทางลมประจำถิ่น ได้แก่ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 45 องศา ทิศใต้ 180 องศา และทิศตะวันตกเฉียงใต้ 225 องศา ผลการวัดกระแสลมและอุณหภูมิในสถานที่จริงช่วงวันที่ 21 และ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 พบว่าอุณหภูมิภายในอาคารเฉลี่ย 32.28 องศา ความเร็วลมโดยเฉลี่ย 0.3 เมตรต่อวินาที โดยห้อง B ได้รับกระแสลมนอกอาคารมากที่สุดเฉลี่ย 0.37 เมตรต่อวินาที และห้องอื่นพบว่ามีค่าเฉลี่ยกระแสลมใกล้เคียงกัน ประมาณ 0.27-0.30 เมตรต่อวินาที ซึ่งยังเป็นค่าลมที่ต่ำเกินไป และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วง

เดือน พ.ย. ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 ที่ค่าเฉลี่ย 1.3 เมตรต่อวินาที นำมาทดสอบในโปรแกรมทางพลศาสตร์พบว่าความเร็วลมภายในห้อง B ได้รับกระแสลมนอกอาคารเพิ่มขึ้น ความเร็วลมเฉลี่ย 0.74 เมตรต่อวินาที แต่ยังไม่เพียงพอในการสร้างสภาวะน่าสบายในช่วงอุณหภูมิที่สูงตั้งแต่ 32 องศาขึ้นไป



ภาพที่ 11 ผังห้อง A, B, C และ D ในการทดลองงานวิจัยนำร่องเรื่องการระบายอากาศ

ดังนั้นในส่วนวิทยานิพนธ์จึงทำการวิจัยการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ สำหรับบริเวณพื้นที่อื่นในภายบ้านหัวลำโพงเพื่อวิเคราะห์ความเร็วลม และแนะแนวทางปรับปรุงซึ่งมีผลกับสภาวะน่าสบายโดยกำหนดตัวแปรดังนี้

ตัวแปรต้น	คือ	ขนาดช่องเปิด จำนวนช่องเปิดในห้อง
ตัวแปรตาม	คือ	ทิศทางและความเร็วลมในห้อง
ตัวแปรควบคุม	คือ	ขนาดห้องและทิศทางการวางตำแหน่งห้อง

ทิศทางลมที่พัดภายนอกอาคาร กำหนดทิศทางลมซึ่งเป็นทิศทางลมประจำถิ่น ได้แก่ ทิศ 45 องศา 180 องศา และ225 องศา

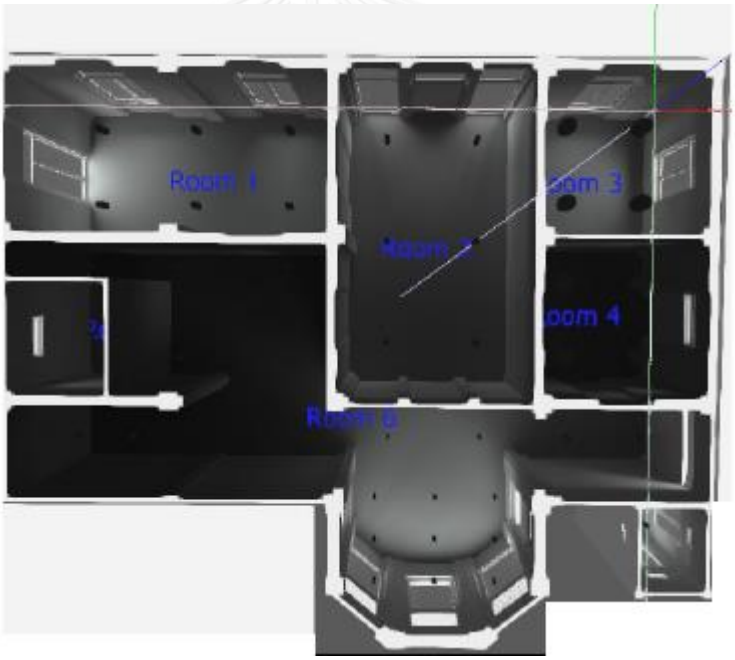
- Gravity component (outdoor wind speed) = Actual wind speed ที่ได้จากการวัดจริงบริเวณบ้านหัวลำโพง = 0.74 เมตรต่อวินาที (case-based) และข้อมูลกระแสลมในกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2011 -2015 = 1.5 เมตรต่อวินาที
- Computation domain = แกน X - (ขวา) 20.6662261 m., (ซ้าย) 10.2692068 m. แกน Y - (บน) 10.6 m., (ล่าง) -10.7 m. / แกน Z - (หน้า) 12.3056031 m., (หลัง) -20 m.
- Boundary condition = outlet velocity ทดสอบทั้งค่า 0.74 และ 1.5 เมตรต่อวินาที

pressure 101325 pa.

- Goal point = velocity , velocity x-y-z (max and average)

3.3.3 ตัวแปรการจำลองค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และแสงประดิษฐ์ ด้วยโปรแกรมจำลองแสงสว่าง Dialux Evo ดังภาพที่ 12

ตัวแปรต้น	คือ	สภาพท้องฟ้าแบบเมฆมาก (overcast) และขนาดดวงโคม 40 วัตต์
ตัวแปรตาม	คือ	ค่าความสว่างภายในอาคาร ได้แก่ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์
ตัวแปรควบคุม	คือ	ขนาดห้องและขนาดช่องเปิด Working plane 80 เซนติเมตรจากพื้น

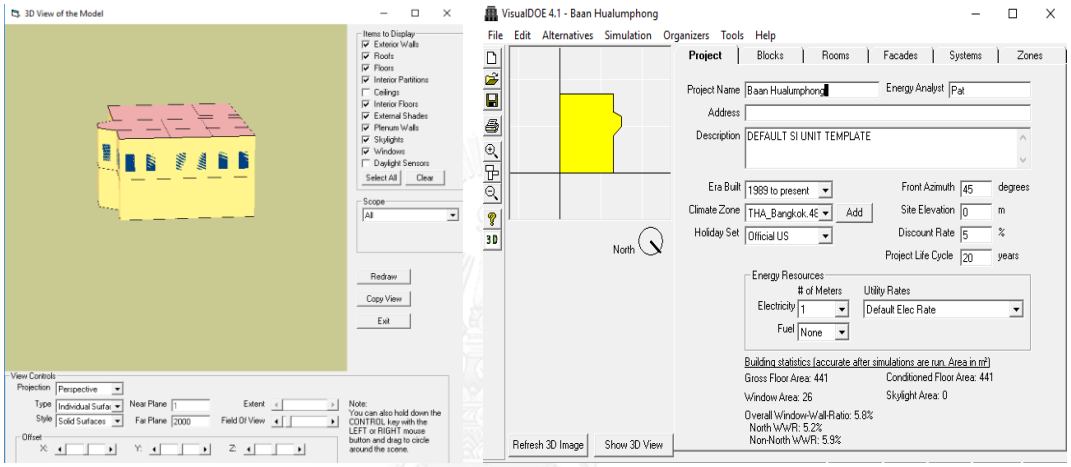


ภาพที่ 12 ภาพจำลองบ้านหัวลำโพงบริเวณชั้น 1 ด้วยโปรแกรม Dialux Evo

3.4 จำลองผลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

3.4.1 โปรแกรม Visual DOE 4.1 คือ โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร ดังภาพที่ 13 ซึ่งนิยมจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน สถานศึกษา และที่พักอาศัย เพื่อศึกษาปริมาณการใช้พลังงานรวมของอาคาร และเป็นทางเลือกในการออกแบบอาคาร เช่น ศึกษาอิทธิพลของแผงบังแดด, การติดตั้งฉนวน, การเลือกใช้กระจก และการออกแบบช่องเปิด (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2557)

ผลการจำลองสามารถแสดงผลเป็นข้อมูลตัวเลขโดยละเอียด และเป็นกราฟในแบบต่างๆ ซึ่งแสดงการใช้พลังงานเฉลี่ยทั้งรายเดือน และรายปี แบ่งออกเป็น ประเภทการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และพลังงานจากเครื่องปรับอากาศหรือภาระการทำความเย็น (Cooling Load) การใช้งานโปรแกรม จำเป็นต้องศึกษาวิธีการใช้งานและทราบข้อมูลของอาคารโดยละเอียด เพื่อทำการป้อนเข้าโปรแกรมในแต่ละส่วน ได้แก่ ขนาดพื้นที่อาคาร จำนวนและขนาดช่องเปิด วัสดุเปลือกอาคาร พื้น หลังคาและผนัง ข้อมูลด้านงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ตลอดจนสภาพภูมิอากาศและเขตที่ตั้งอาคาร รวมถึงข้อมูลผู้ใช้งานอาคารและช่วงเวลาใช้งาน



ภาพที่ 13 ซ้ายและขวา ตัวอย่างการจำลองอาคารกรณีศึกษาผ่านโปรแกรม Visual DOE 4.1

3.4.2 โปรแกรมทางพลศาสตร์ SolidWorks Flow Simulation เป็นโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของของไหลที่ไหลผ่านโมเดลที่กำหนดขึ้น เพื่อวิเคราะห์การไหลทั้งของเหลวและก๊าซ เช่น ความเร็ว ทิศทางการไหล ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ความชื้น ฯลฯ และสามารถจำลองการไหลทั้งภายใน (Internal) และภายนอกวัตถุ (External)

ในการใช้งานต้องมีการสร้างโมเดล ประกอบไปด้วยขนาดพื้นที่ห้อง ขนาดและจำนวนช่องเปิด ความหนาของพื้นและผนัง ซึ่งสามารถสร้างจากสกุลไฟล์โปรแกรมอื่นได้อีกด้วย เช่น โปรแกรม AutoCad, Ilustrater, Photoshop เป็นต้น หรือสร้างแบบโมเดลใหม่โดยใช้ Solidworks เมนู Sketch, Features, Assembly จากนั้นนำแบบโมเดลมาเตรียมทำการจำลองทางพลศาสตร์ โดยป้อนข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตในการจำลอง (Boundary Condition) สำหรับการจำลองการไหลของกระแสลมภายในวัตถุ มีการกำหนดค่าความเร็วลมช่องเปิดและค่าแรงดัน บริเวณช่องเปิดตามจุดต่างๆ และ Mesh เพื่อแบ่งโมเดลออกเป็นจุดๆคล้ายตารางเพื่อใช้คำนวณหาผลลัพธ์ของการไหล ในกรณีที่ทำการจำลองการไหลภายนอกวัตถุ จะต้องมีการกำหนดค่าแกน X, Y, Z เพื่อกำหนดขอบเขตปริมาณและทิศทางการไหล (Computational Domain) ผลการจำลองแสดงตามประเภทที่เลือกในเมนู

Goal ในตอนแรก เช่น ความเร็วลมต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย สามารถแสดงผลได้หลายรูปแบบทั้งกราฟ รูปเคลื่อนไหว 2 มิติ 3 มิติ หรือรายงานผลตัวเลขโดยละเอียด ซึ่งจะนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เรื่องการระบายอากาศในพื้นที่ห้องกรณีศึกษา เพื่อศึกษากระแสลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร และแนวทางปรับปรุงการระบายอากาศ

3.4.3 โปรแกรม Dialux Evo เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบงานระบบไฟฟ้าส่องสว่าง โดยสร้างแบบจำลองสามมิติเสมือนจริงได้โดยรองรับการออกแบบแสงสว่างทั้งใน และนอกอาคาร โปรแกรมสามารถจำลองแสงสว่างธรรมชาติ ดังภาพที่ 14 และแสงประดิษฐ์ซึ่งสามารถเชื่อมข้อมูลสินค้าดวงโคมยี่ห้อต่างๆได้ ดังภาพที่ 14 รวมถึงคำนวณและสร้างรายงานการออกแบบตรงตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้าส่องสว่างในการใช้งาน เบื้องต้นต้องมีการสร้างโมเดลอาคารที่ต้องการ สำหรับการจำลองผลเรื่องแสงสว่างธรรมชาติจะต้องมีการกำหนดสภาพท้องฟ้า เช่น แบบโปร่ง (Clear sky) หรือเมฆมาก (Overcast sky) จากนั้นกำหนดตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดค่าการส่องสว่างตามระนาบ เช่น ทุกๆ 1 เมตร และกำหนดระดับความสูงการใช้งาน หรือ working plane (ประมาณ 75 เซนติเมตร) จากนั้นกำหนดเวลาในการจำลอง สำหรับการจำลองแสงประดิษฐ์จะต้องมีการเลือกดวงโคมและหลอดไฟ พร้อมทั้งกำหนดตำแหน่งติดตั้งในพื้นที่ห้องซึ่งจะมีผลจำลองแสดงออกมาได้ทั้งแบบภาพ 3 มิติและรายงานค่าตัวเลขอย่างละเอียด จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ Ecovillage และ HQM เพื่อประเมินเกณฑ์เรื่องแสงธรรมชาติ และแสงประดิษฐ์ที่ส่องสว่างในอาคาร

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการจำลองอาคารกรณีศึกษาผ่านโปรแกรม Dialux Evo

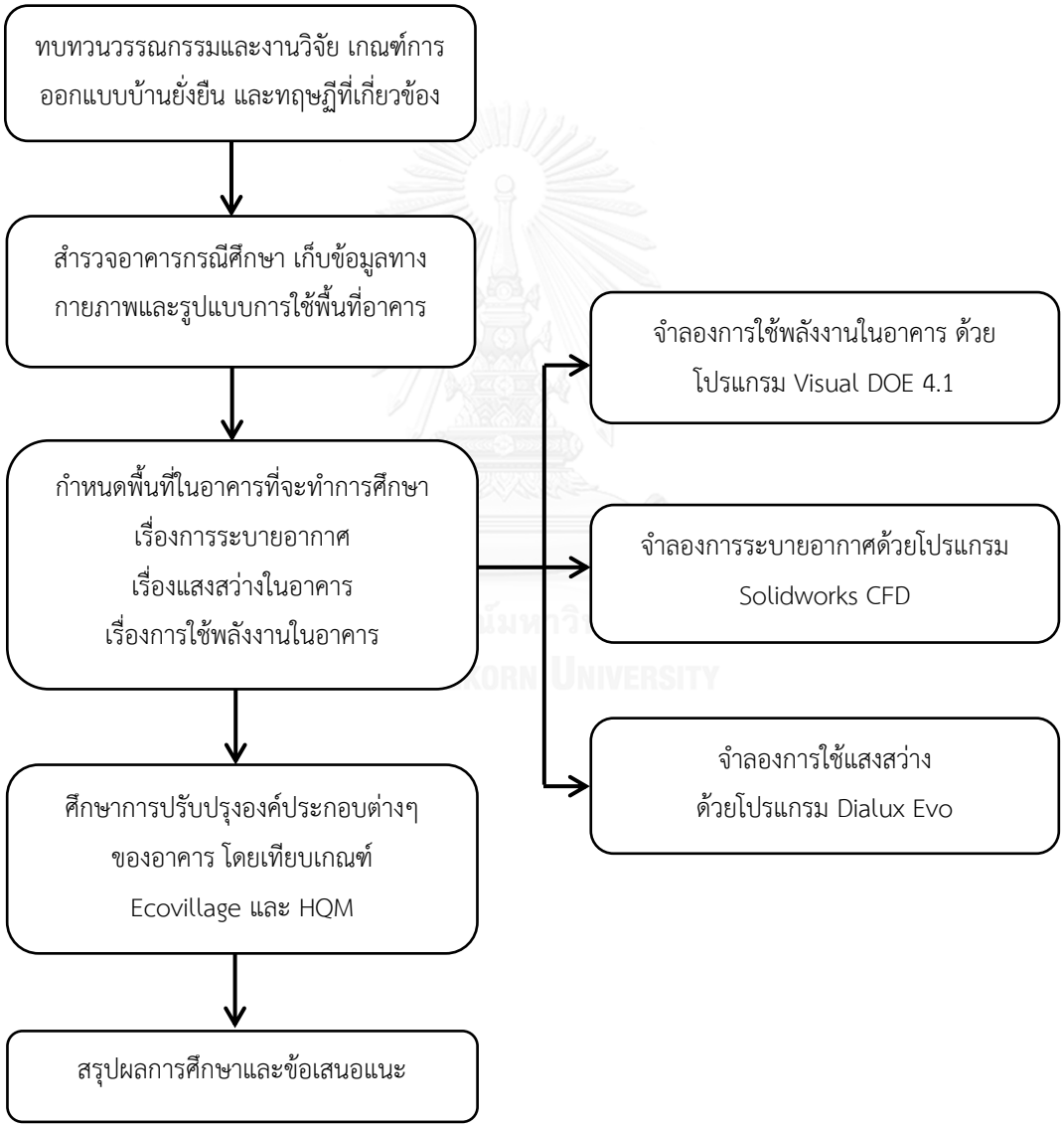
3.5 ศึกษาการปรับปรุงองค์ประกอบต่างๆ โดยเปรียบเทียบเกณฑ์ Ecovillage และ HQM

นำข้อมูลจากการสำรวจทางกายภาพ เช่น วัสดุประกอบอาการ สัดส่วนและทิศทางอาคาร และผลที่ได้จากการจำลองในโปรแกรม Visual DOE, CFD และ Dialux Evo ของอาคารกรณีศึกษา (case-based) ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Ecovillage และ HQM และวิเคราะห์แนวทาง

ปรับปรุง (Purposed solution) ตามเกณฑ์ Ecovillage และ HQM และสรุปผลการประเมินอาคารกรณีศึกษาก่อนและหลังปรับปรุงตามเกณฑ์ Ecovillage และ HQM

3.6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปโอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์มาประยุกต์ใช้กับอาคารอนุรักษ์ สิ่งที่พบในการวิจัย การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางหลักเศรษฐศาสตร์ในการดำเนินการตามเกณฑ์ Ecovillage และ HQM และข้อเสนอแนะ ดังแผนภูมิที่ 6



แผนภูมิที่ 6 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 รายละเอียดของบ้านหัวลำโพง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้นอายุ 113 ปีเป็นกรณีศึกษา เจ้าของเดิมคือพระยาสุนทรพิมล ซึ่งบริเวณที่ตั้งอาคารปัจจุบันอยู่ในซอยสุนทรพิมล ระหว่างแยกถนนพระราม4 และถนนจารุเมือง อาคารไม่มีผู้อยู่อาศัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 จนถึงปี พ.ศ. 2557 ได้มีโครงการบูรณะบ้านหัวลำโพงเพื่อเป็นบ้านพักอาศัย นอกจากนี้ยังมีการสำรวจขุดค้นทางโบราณคดีโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามหลักเกณฑ์บูรณะอาคารเก่า ดังภาพที่ 15

ภาพที่ 15 อาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง สภาพก่อนการปรับปรุง
ที่มา : ชุติมา วรมนตรี (2559)

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา

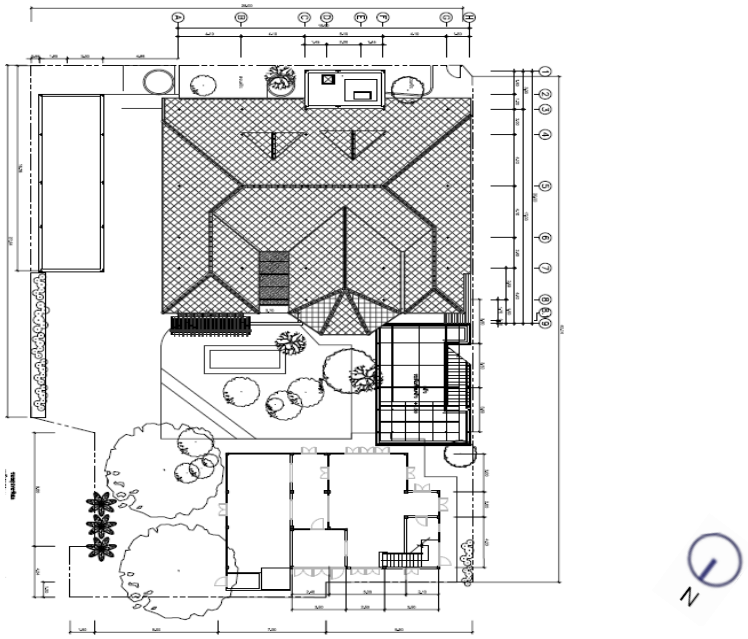
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ อาคารเป็นแบบสถาปัตยกรรมตะวันตกประยุกต์ รูปทรงสี่เหลี่ยม ครึ่งปูนครึ่งไม้ ด้านหน้าอาคารมีโถงหกเหลี่ยม ความสูง 2 ชั้น มีใต้ถุนสูง 80 เซนติเมตรก่ออิฐฉาบปูนและมีช่องลมเว้นระยะ พื้นที่ใช้สอยรวม 583.3 ตารางเมตร ขนาดพื้นที่อาคารโดยประมาณ 20 x 18.9 เมตร ผนังชั้นล่างก่ออิฐถือปูน มีหน้ามุกหกเหลี่ยมสูง 2 ชั้น พื้นอาคารส่วนใหญ่เป็นพื้นไม้ยกเว้นชั้นล่างบริเวณทางเดินและหน้ามุกหกเหลี่ยมปูหินอ่อน ส่วนชั้นบนเป็นพื้นไม้และผนังไม้แบบเข้าลิ้น หลังคาปูกระเบื้องว่าว ตงและคานเป็นไม้เนื้อแข็ง ชั้นที่ 2 มีการกั้นแบ่งเป็นห้องจำนวน 7 ห้อง มีพื้นที่ห้องที่เชื่อมติดกันจำนวน 4 ห้อง ประกอบด้วยห้องนอน 2 ห้องและห้องแต่งตัว 2 ห้องโดยมีเพดานที่ระดับความสูง 3.9 เมตร

4.1.2 สภาพแวดล้อมอาคาร

- ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ด้านหน้าของตัวอาคารติดกับซอยสุนทรพิมล ซึ่งเชื่อมต่อกับถนนจารุเมือง
- ทิศตะวันออกเฉียงใต้หันออกทางซอยเล็กที่เชื่อมต่อถนนพระราม 4
- ทิศตะวันตกหันออกทางสี่แยกถนนพระราม 4 และถนนจารุเมือง ดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16 ที่ตั้งอาคารในปัจจุบัน

ภาพที่ 17-19 แสดงผังบริเวณพื้นที่รอบอาคารกรณีศึกษา รูปด้านและผังพื้นตามแบบสถาปนิก



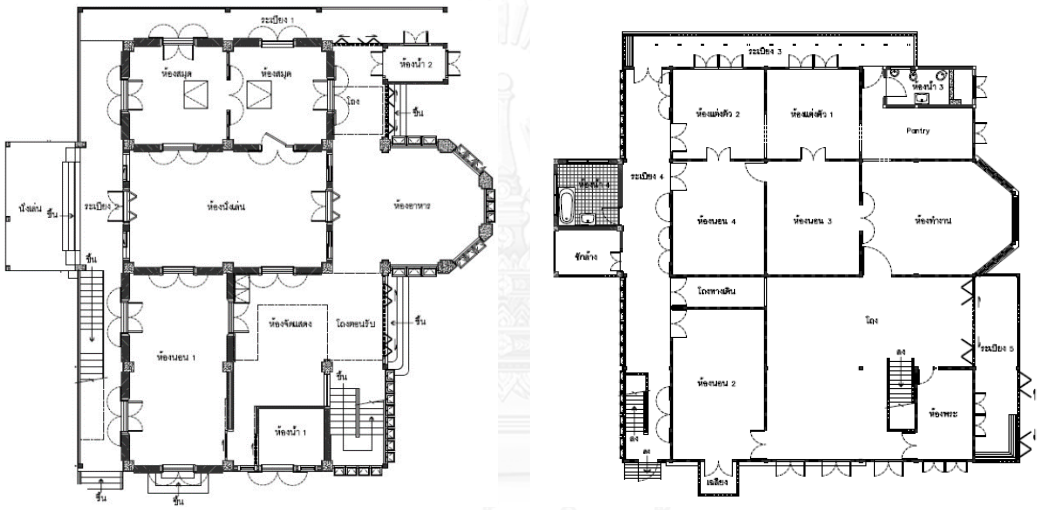
ภาพที่ 17 ผังบริเวณอาคารกรณีศึกษา

ที่มา : (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

ด้านหน้าอาคาร ด้านข้างอาคาร

ภาพที่ 18 รูปด้านหน้าและด้านข้างของบ้านหัวลำโพง

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)



ภาพที่ 19 ผังพื้นห้องบ้านหัวลำโพงชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.3 การจัดวางพื้นที่และทางเดินในอาคาร

อาคารกรณีศึกษามีการจัดวางห้องเป็นแนวยาว มีจำนวนห้องประมาณ 7 ห้องต่อชั้นโดยวางตำแหน่งห้องเป็นลักษณะเดียวกัน และหันหน้าออกทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีขนาดห้องตั้งแต่ 4.1 x 4.1 เมตร ถึง 5.1 x 6.8 เมตร ไม่รวมบริเวณโถงกลาง มีบันไดทางขึ้นฝั่งซ้ายของอาคารทั้งบริเวณด้านหน้าในอาคาร และด้านหลังบริเวณระเบียง มีทางเดินระเบียงด้านหน้าและด้านหลังอาคารชั้นบนมีห้องน้ำและส่วนซักล้างแยกออกจากตัวอาคาร

4.1.4 ระบบเปลือกอาคารและวัสดุก่อสร้าง

วัสดุประกอบอาคารแบ่งเป็นชั้นล่างผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบด้วยปูน ความหนาของผนัง 24

เซนติเมตร ส่วนปูนปั้นใช้ปูนหมักปูนตำซึ่งเป็นวิธีโบราณในการทำลวดลาย พื้นชั้นล่างบริเวณโถงปูด้วยหินอ่อน ส่วนบริเวณห้องอื่นๆปูด้วยพื้นไม้ ฝ้าเพดานและโครงคร่าวไม้เนื้อแข็งทั้งสองชั้น สำหรับชั้นบนเป็นผนังและพื้นโครงสร้างไม้แบบเข้าลิ้น ผนังไม้หนาประมาณ 2 เซนติเมตรมีโครงเคร่า ผนังชั้นบนและล่างติดหน้าต่างบานเปิดไม้ชนิดเกล็ดและลูกฟัก ทั้งแบบบานผลักและบานกระทุ้งอยู่ในกรอบบานหลักอีกชั้นหนึ่ง ส่วนกระจกเป็นบานเปิดแบบลูกฟัก กระจกใสความหนา 6 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องว่าวคอนกรีตความหนา 2.5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 20

ภาพที่ 20 โครงเคร่าและกระจกบริเวณชั้น 2 ภายในบ้านหัวลำโพง

4.1.5 พื้นที่อาคารและจำนวนผู้ใช้อาคาร

อาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพงเป็นอาคารที่ต้องการปรับปรุงเพื่อเป็นที่พักอาศัย ขนาดครอบครัวจำนวน 5 คน โดยหลังจากบูรณะเสร็จเรียบร้อย จะมีการจัดวางพื้นที่อาคารแบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ซึ่งพื้นที่ปรับอากาศมีเฉพาะพื้นที่จำนวน 3 ห้องนอน คิดเป็น 12.93% ของพื้นที่อาคารทั้งหมดโดยมีรูปแบบการใช้งานอาคารสรุปดังตารางที่ 20-21

การใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากผู้พักอาศัยใช้งานอาคารในช่วงเย็นถึงช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 17.00 น. ถึง 6.00 น. โดยประมาณ การใช้เครื่องปรับอากาศจะติดตั้งเฉพาะห้องนอนหลักจำนวน 3 ห้อง และมีการใช้งานช่วงเวลาเดียวกันทุกวันในแต่ละสัปดาห์รวมถึงวันหยุด ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ตารางการใช้งานเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา เมื่อแล้วเสร็จ

พื้นที่การใช้เครื่องปรับอากาศ	17.00 - 18.00	18.00 - 19.00	19.00 - 20.00	20.00 - 21.00	21.00 - 22.00	22.00 - 23.00	23.00 - 24.00	00.00 - 1.00	1.00 - 2.00	2.00 - 3.00	3.00 - 4.00	4.00 - 5.00	5.00 - 6.00
ห้องนอน 1	←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→	
ห้องนอน 2	←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→	
ห้องนอน 3			←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→

ตารางที่ 19 จำนวนพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา

ชั้นที่	1	2	% ของพื้นที่อาคาร
พื้นที่ปรับอากาศ (ตรม.)	33.62	41.82	12.93
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)	232.92	274.94	87.07
รวม	266.54	316.76	100

ตารางที่ 20 แสดงขนาดและการแบ่งพื้นที่ในอาคารแต่ละชั้นของอาคารกรณีศึกษา

การแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร	ชั้นที่	รวมพื้นที่ (ตรม.)	%
ห้องนอน 1	1	33.62	5.76
ห้องสมุด 1	1	33.62	5.76
ห้องนั่งเล่น 1	1	41.82	7.17
ห้องอาหาร	1	31.93	5.47
ห้องน้ำ 2	1	3.75	0.64
โถง บันได ห้องจัดแสดง ห้องน้ำ 1	1	51.66	8.86
โถงทางเดิน หน้าห้องน้ำ 2	1	9.84	1.69
ระเบียง 1	1	22.5	3.86
ระเบียง 2	1	37.8	6.48
ห้องนอน 2	2	29.11	4.99
ห้องนอน 3	2	20.91	3.58
ห้องนอน 4	2	20.91	3.52
ห้องแต่งตัว 1	2	16.81	2.88
ห้องแต่งตัว 2	2	16.81	2.88
ระเบียง 4	2	37.8	6.48
ห้องน้ำด้านนอก	2	9	1.54
ระเบียง 3	2	18.75	3.21
ซักล้างด้านนอก	2	6	1.03
ส่วนจัดเตรียมอาหาร	2	12.5	2.14
ห้องน้ำ 3	2	7.5	1.29
ห้องทำงาน	2	34.68	5.95
โถง ห้องพระ บันได	2	70.4	12.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร	ชั้นที่	รวมพื้นที่ (ตรม.)	%
ระเบียง 5	2	15.58	2.67
รวม	2	583.3	100

เนื่องจากผู้วิจัยเห็นคุณค่าทางสถาปัตยกรรมของอาคารเก่า และได้ศึกษาเรื่องเกณฑ์อาคารเขียวจึงมีความสนใจนำหัวข้อเรื่องการออกแบบที่พักอาศัยอย่างยั่งยืน มาผนวกเข้ากับการอนุรักษ์อาคารเพื่อพักอาศัย โดยนำเกณฑ์มาตรฐานเกี่ยวกับชุมชนพักอาศัยอย่างยั่งยืนทั้งของไทยและต่างประเทศ ได้แก่ เกณฑ์ Ecovillage และเกณฑ์ Home Quality Mark มาใช้ประเมินการบูรณะอาคารกรณีศึกษา เฉพาะในหัวข้อด้านอาคารและงานระบบในอาคารเนื่องจากเป็นอาคารเก่าที่ก่อสร้างแล้ว และมีการดำเนินโครงการบูรณะไปแล้วบางส่วน ดังนั้นจึงแบ่งการประเมินเปรียบเทียบระหว่างแบบปรับปรุงโดยสถาปนิกเจ้าของโครงการซึ่งยังไม่คำนึงเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ และผู้วิจัยนำเสนอแนวทางปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์อาคารยั่งยืนทั้ง Ecovillage และ HQM เพื่อหาข้อแตกต่าง และนำผลการประเมินมาวิจัยและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ทั้งโอกาสและข้อจำกัดในการบูรณะอาคารกรณีศึกษาให้สอดคล้องกับลักษณะที่พักอาศัยเพื่อความยั่งยืนต่อไป อย่างไรก็ตามจากการศึกษาและจัดกลุ่มเกณฑ์ประเมินของ Ecovillage และ HQM พบว่ามีหัวข้อที่สอดคล้องและแตกต่างกัน แบ่งได้ดังนี้

1) ด้านการออกแบบอาคารเกณฑ์ Ecovillage ให้ความสำคัญในส่วนของการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย โดยมีหัวข้อกำหนดสัดส่วนอาคาร การวางตำแหน่งอาคารในการรับแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสม และทิศทางที่สัมพันธ์กับการรับลมจากธรรมชาติจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศภายในอาคารได้ ในขณะที่เกณฑ์ HQM มีเกณฑ์การประเมินเกี่ยวกับการระบายอากาศที่แตกต่างออกไป เนื่องจากภูมิอากาศหนาวเย็นและมีฝนตกชุกของประเทศอังกฤษทำให้การระบายอากาศโดยใช้ลมธรรมชาติทำได้ยาก ดังนั้นเกณฑ์การระบายอากาศ จึงเน้นไปที่การใช้วิธีระบายอากาศโดยเครื่องปรับอากาศ มีการตรวจสอบอัตราการระบายอากาศเพื่อป้องกันมลภาวะอากาศภายในบ้าน ซึ่งเน้นเรื่องความปลอดภัยด้านคุณภาพอากาศมากกว่าเรื่องสภาวะน่าสบายทางร่างกายของมนุษย์

2) เกณฑ์ Ecovillage เน้นเรื่องสร้างสภาวะน่าสบายสำหรับผู้ใช้อาคารและลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอาคาร ในขณะที่เกณฑ์ HQM เน้นหนักเรื่องสุขอนามัยของผู้ใช้อาคารทั้งเรื่องมลภาวะทางอากาศ แสง และเสียง ซึ่งเกณฑ์ Ecovillage ยังไม่มีหัวข้อมลภาวะเรื่องเสียงเป็นตัวกำหนด

3) หัวข้อวัสดุก่อสร้างอาคาร ทั้งสองเกณฑ์ให้ความสำคัญเรื่องการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หลีกเลี่ยงการใช้สีและสารเคลือบผิววัสดุที่เป็นพิษต่อร่างกาย เกณฑ์ Ecovillage จะเพิ่มเติมในเรื่องการจัดหาวัสดุภายในประเทศ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่เริ่มการผลิตรวมถึงการขนส่งได้ ในขณะที่เกณฑ์ HQM มีหัวข้อย่อยเรื่องการเลือกใช้วัสดุที่มีความคงทนและมีคุณภาพเป็นประเด็นพิจารณา

4) การดำเนินเอกสารและตรวจสอบการประเมินตามขั้นตอนสำหรับ Ecovillage สามารถดำเนินการโดยบุคลากรผู้รับผิดชอบโครงการได้ทั้งภาครัฐและเอกชนโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ซึ่งการประเมินเกณฑ์ HQM นั้นต้องติดต่อขอดำเนินการ และประเมินจากผู้ที่ได้รับใบอนุญาตเท่านั้น ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเช่นเดียวกับเกณฑ์อาคารเขียวอื่นๆ เช่น TREES, BREEAM, LEED

5) หัวข้อการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ทั้ง 2 เกณฑ์ให้ความสำคัญและระบุในแบบประเมิน สำหรับเกณฑ์ HQM คือ เรื่องการจัดหาพื้นที่ในการแยกขยะ และการนำขยะมาทำเป็นปุ๋ย ในขณะที่เกณฑ์ Ecovillage มีข้อย่อยเรื่องการเตรียมพื้นที่แยกขยะ และการจัดการขยะแยกอยู่ในหัวข้อด้านการบริหารจัดการ ซึ่งเป็นหัวข้อนอกเหนือการวิจัยนี้

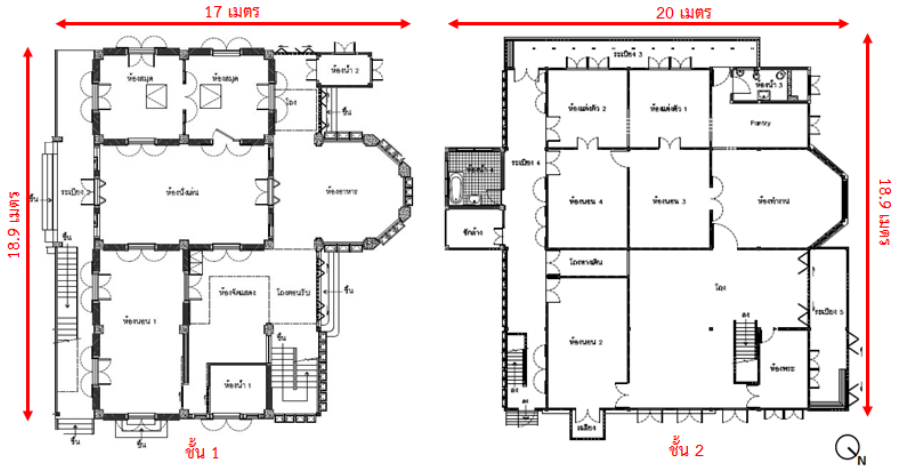
4.2 การวิเคราะห์กรณีอาคารศึกษาบ้านหัวลำโพงกับเกณฑ์ Ecovillage ในหมวดงานอาคารประกอบไปด้วย

1) รูปทรงอาคาร
2) เปลือกอาคาร
3) วัสดุก่อสร้างอาคาร

โดยแบ่งหัวข้อย่อยและผลการศึกษาได้ดังนี้

	รูปทรงอาคาร	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก**	**คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage**
1.1	สัดส่วนอาคาร (ตอ.-ตต. : เหนือ-ใต้ = 1.07-2.3) โครงการจะได้ 1 คะแนน หากอาคารในโครงการมีสัดส่วนด้าน ตต.-ตอ. : ด้านเหนือ-ใต้ อยู่ระหว่าง 1:1.5 ถึง 1:2.3 (1:1.5 ≤ สัดส่วนอาคาร ≤ 1:2.3)	1	-	-

การวางตำแหน่งอาคารกรณีศึกษา ซึ่งหันหน้าอาคารไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นทิศทางที่รับแสงอาทิตย์ช่วงบ่าย อีกทั้งสัดส่วนอาคารพื้นที่ทิศตะวันออก (ตอ.) – ตะวันตก (ตต.) : เหนือ-ใต้ มีสัดส่วนใกล้เคียงกันจึงรับแดดเท่ากันทุกด้าน ดังภาพที่ 21 จึงไม่ผ่านเกณฑ์ข้อดังกล่าว



ภาพที่ 21 ผังแสดงสัดส่วนอาคารกรณีศึกษา บริเวณชั้น 1 และชั้น 2

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

	รูปทรงอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1.2	ทิศทางอาคารและการรับรังสีดวงอาทิตย์ กำหนดสัดส่วนการให้คะแนนดังนี้ ● อาคารหันด้านยาวทำมุมองศากับแกน ตต.- ตอ. = 0 คะแนน ● อาคารทำมุม ≤ 60 องศา = 0.5 คะแนน ● อาคารทำมุม ≤ 15 องศา = 1 คะแนน ● กรณีอาคารรูปทรงสมมาตร ลักษณะอาคารกับการทำมุมกับแนวกับแกน ตต.-ตอ. ● 30 องศา ≤ อาคารทำมุม ≤ 60 องศา= 0.5 คะแน	1	0.5	0.5

	รูปทรงอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1.3	ทิศทางอาคารและการรับลม กำหนดสัดส่วนการให้คะแนน ด้วยการวางทิศทางอาคารให้รับลมประจำ ดังต่อไปนี้ • อาคารไม่ได้หันไปทางด้านทิศทางลมประจำ = 0 คะแนน • อาคารหันทำมุม 90 องศากับทิศทางลมประจำ = 0.5 คะแนน • อาคารหันทำมุม 40-50 องศากับทิศทางลมประจำ = 1 คะแนน	1	1	1

จากการตรวจสอบทิศทางอาคารกรณีศึกษาเข้าเกณฑ์สัดส่วนแบบสมมาตรและทำมุม 30 องศา ส่วนทิศทางรับลมทางทิศเหนือของตัวอาคารมีลักษณะทแยง และอยู่ระหว่าง 40-50 องศา ทิศทางลมประจำคือทิศเหนือและทิศใต้ ดังภาพที่ 22 จึงได้คะแนนทั้งสองหัวข้อนี้

ภาพที่ 22 แสดงทิศทางอาคารกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์การรับลมและทิศทางการรับรังสีดวงอาทิตย์

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

ตารางที่ 21 แสดงรายละเอียดหัวข้อ 2.1 การป้องกันความร้อนจากหลังคา

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.1	การป้องกันความร้อนจากหลังคา	5		
	A.0 ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนหลังคามากกว่า 1.3 m² °C/W	บังคับ	-	ผ่าน
	A.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนหลังคา (R-2.14-4.28 m² °C/W)	3	-	2.5
	● ไม่มีการติดตั้งฉนวน = 0 คะแนน			
	● ติดตั้งฉนวนที่มีค่า R ≥ 2.14 = 2.5 คะแนน			
	● ติดตั้งฉนวนที่มีค่า R ≥ 4.28 = 3 คะแนน			

A.0 ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนหลังคา ซึ่งเป็นข้อบังคับในการติดตั้งฉนวนหลังคาที่มีค่า R-Value สูงกว่า 1.3 m^2 ˚C/W เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาเดิมเป็นอาคารซึ่งใช้กระเบื้องว่าวชนิดคอนกรีตปูหลังคาความหนา 2.5 เซนติเมตร ไม่ติดฉนวนและมีเพียงฝ้าเพดานไม้ ซึ่งกระเบื้องคอนกรีตตามหลักการมีความหนาแน่นของมวลวัสดุมากกว่ากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ เมื่อทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 ในการทดสอบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ Ecovillage จึงคัดเลือกชนิดของฉนวนหลังคาที่มีค่า R ตั้งแต่ 2.14 ขึ้นไปทำการจำลองผลเพื่อทดสอบค่าการใช้พลังงานเพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงการประหยัดพลังงานในอาคาร

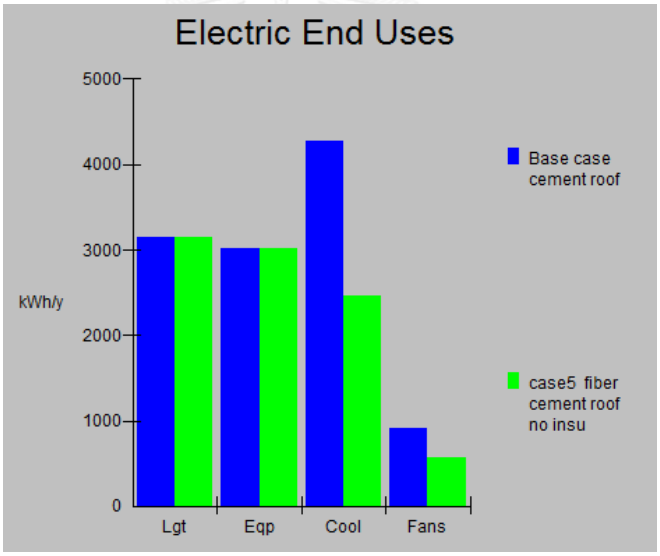
ตารางที่ 22 แสดงค่า R-value และ ค่า K ของวัสดุฉนวนหลังคา ในเกณฑ์ Ecovillage ที่นำมาจำลองผลใน Visual DOE 4.1

ชนิดของวัสดุ	ค่า K (W/m.˚C)	ค่า R (m^2.˚C/W)
ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 4 นิ้ว	0.038	2.63
ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 5 นิ้ว	0.038	3.29
ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 6 นิ้ว	0.038	3.95

ชนิดของวัสดุ	ค่า K (W/m.˚C)	ค่า R (m^2.˚C/W)
ฉนวนใยแก้ว 24 kg/m3 หนา 6 นิ้ว	0.035	4.29

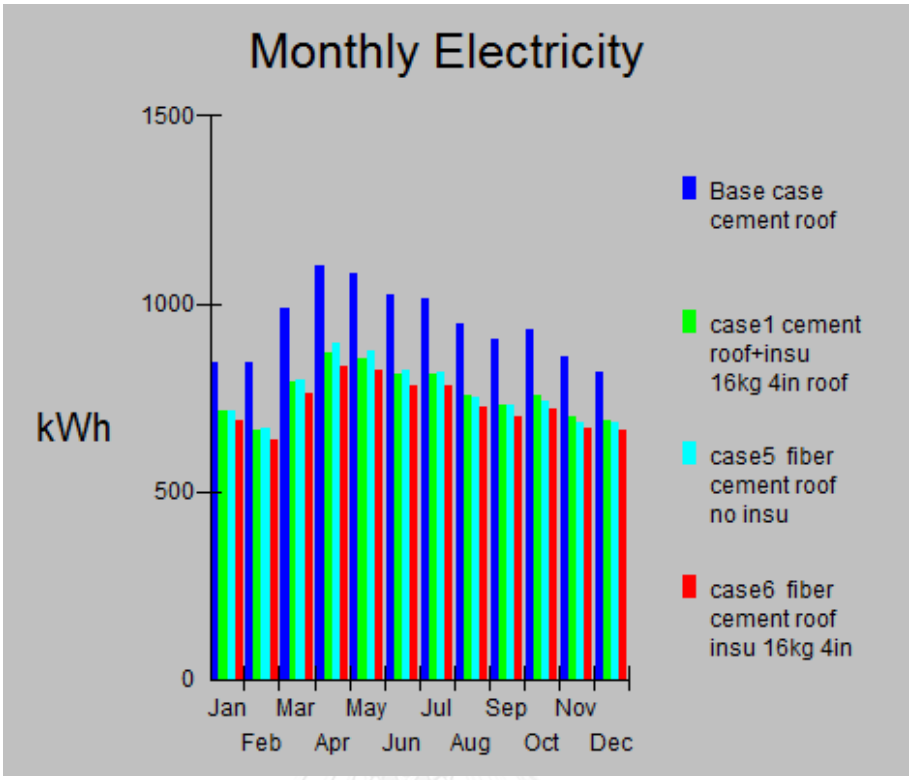
ที่มา : คู่มือการประเมินเกณฑ์ Ecovillage (การเคหะแห่งชาติ, 2556)

จากการจำลองผลการใช้พลังงานเปรียบเทียบวัสดุกระเบื้องหลังคาและฉนวนกันความร้อนหลังคา การทดสอบค่าการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 พบว่ากรณีไม่ติดฉนวนกันความร้อน การใช้กระเบื้องว่าวแบบไฟเบอร์ซีเมนต์รุ่นไอยราและช่วยลดค่าไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าใช้กระเบื้องว่าวคอนกรีตเดิม (หนา 2.5 เซนติเมตร) ประมาณ 6,819.72 ต่อปี แต่จะไม่มีผลกับค่าการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าและแสงสว่างตามแผนภูมิที่ 7 เนื่องจากปัจจัยการใช้พลังงานและช่วงเวลาการใช้มีความแตกต่างกัน

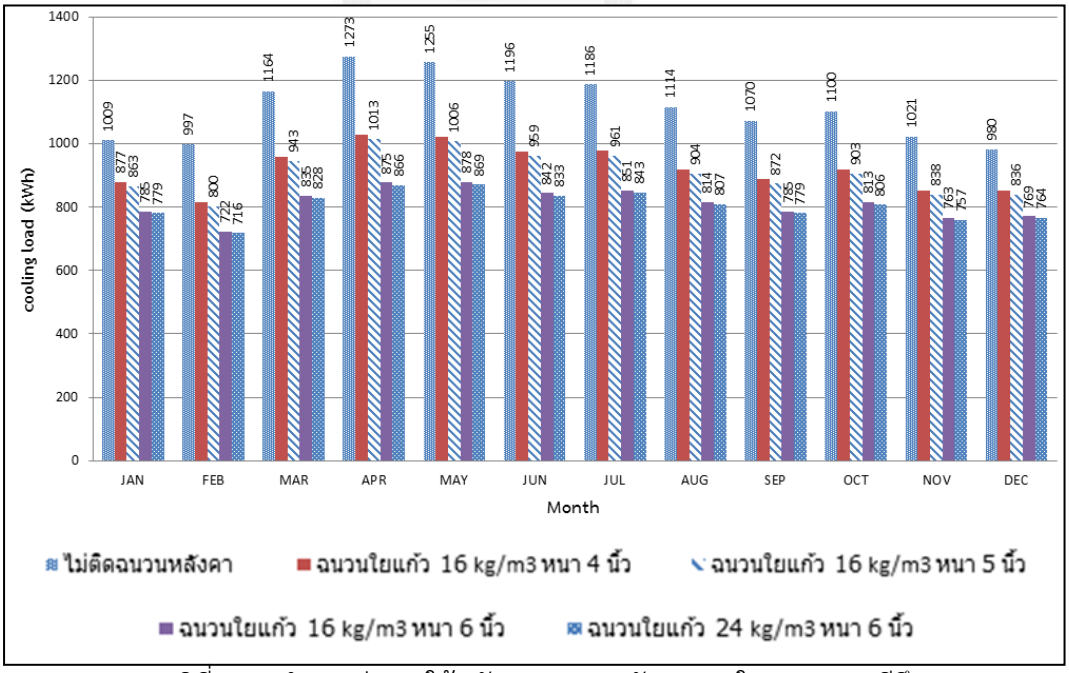


แผนภูมิที่7 ผลค่าการใช้พลังงานในบ้านหัวลำโพงเทียบการติดกระเบื้องคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์

แผนภูมิที่ 8 แสดงผลการทดสอบวัสดุกระเบื้องหลังคาทั้ง 2 ชนิด ได้แก่กระเบื้องว่าวคอนกรีตหนา 2.5 เซนติเมตร และกระเบื้องว่าวไฟเบอร์ซีเมนต์หนา 6 มิลลิเมตร ด้วยโปรแกรม Visual DOE พบว่า กระเบื้องคอนกรีตเดิมเมื่อทำการติดฉนวนใยแก้ว 16 kg/m^3 หนา 4 นิ้วสามารถลดค่าไฟของเครื่องปรับอากาศได้ถึง 9,462 บาทต่อปี เมื่อเทียบกับกระเบื้องคอนกรีตแบบไม่ติดฉนวน ส่วนกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์เมื่อติดฉนวนใยแก้ว 16 kg/m^3 หนา 4 นิ้ว สามารถลดค่าไฟของเครื่องปรับอากาศได้เพียง 1,768 บาทต่อปี ซึ่งคุณสมบัติต้านทานความร้อน (ค่า R) ของวัสดุกระเบื้องหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีค่าต้านทานความร้อนมากกว่ากระเบื้องคอนกรีตทำให้มีผลต่อภาระการทำงานเครื่องปรับอากาศในห้องบริเวณชั้น 2



แผนภูมิที่ 8 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าบ้านหัวลำโพงเปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตและไฟเบอร์ซีเมนต์ทั้งแบบไม่ติดฉนวนและติดฉนวนใยแก้วความหนา 4 นิ้ว



แผนภูมิที่ 9 ผลจำลองค่าการใช้พลังงานระบบปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา

หากใช้หลังคาคอนกรีตเดิมและทำการติดฉนวนใยแก้ว 16 kg/m^3 หนา 4 นิ้ว สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 9,462 บาทต่อปี เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้ากรณีไม่มีการติดฉนวนหลังคา และการติดฉนวนใยแก้ว 24 kg/m3 หนา 6 นิ้วซึ่งมีค่าต้านทานความร้อนได้สูงสุดในตาราง จะสามารถลดค่าไฟได้เพียงจำนวนไม่มากเมื่อเทียบกับฉนวนความหนาต่ำกว่า และจากการตรวจสอบราคากลางของผลิตภัณฑ์ฉนวนหลังคาพบว่า ฉนวนใยแก้ว หนา 6 นิ้ว ค่า Density 24 kg/m3 หาได้ยากและไม่มีขายตามท้องตลาด จึงเสนอแนะฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วที่มีค่าต้านทานต่ำกว่าซึ่งราคาถูกกว่าหาซื้อได้ง่ายและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ได้คะแนนเช่นกัน ดังแผนภูมิที่ 9

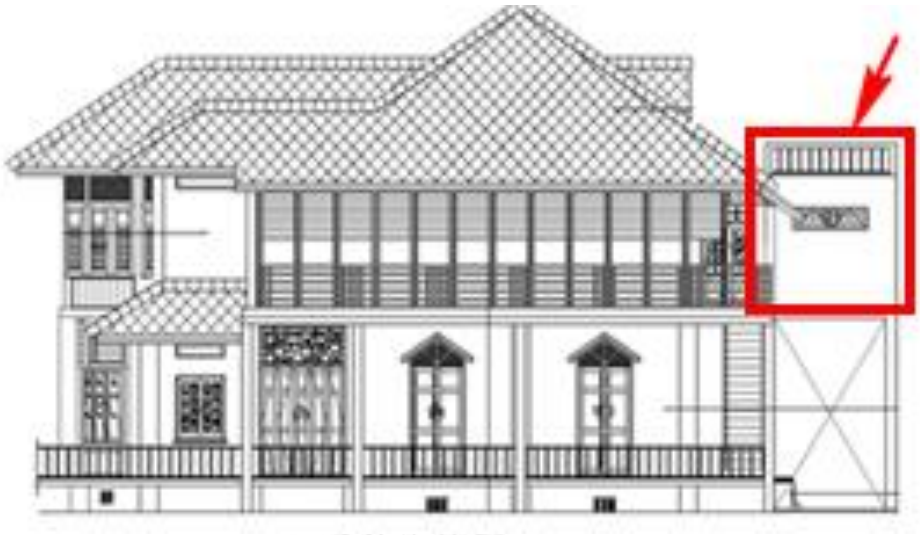
ตารางที่ 23 ค่าการใช้พลังงานระบบปรับอากาศในอาคารของอาคารกรณีศึกษา กรณีใช้กระเบื้องว่าวไฟเบอร์ซีเมนต์ไอยร่า

เดือน / วัสดุ	ไม่มีฉนวนหลังคา (case-based)	ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 4 นิ้ว	ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 5 นิ้ว	ฉนวนใยแก้ว 16 kg/m3 หนา 6 นิ้ว
ปริมาณภาระทำความเย็น (kWh/ปี)	9,179	8,779	8,960	8,833
เฉลี่ยค่าไฟต่อปี (เฉพาะเครื่องปรับอากาศ)	37,359	35,591.40	36,371.40	35,851.44
ประหยัดค่าไฟ (บาท/ปี)	-	1,947.60	987.60	1,507.56

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.1	**การป้องกันความร้อนจากหลังคา**			
	A.1 หลังคาสองชั้น	1	-	-

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารเดิมเป็นโครงสร้างหลังคาปั้นหยาปูด้วยกระเบื้องว่าวความลาดชันของหลังคาประมาณ 35-45 องศา ลักษณะฝ้าเพดานเป็นไม้เนื้อแข็งไม่มีพื้นที่ดาดฟ้าบริเวณอาคารใหญ่ แต่ มีการทำดาดฟ้าด้านบนบริเวณห้องน้ำที่แยกจากตัวอาคาร ไว้ติดตั้งแท้งค์น้ำเพื่อนำน้ำฝนมาใช้ในอดีต ซึ่งปัจจุบันได้ชำรุดทรุดโทรม ดังนั้นพื้นที่บริเวณดาดฟ้าเดิมที่ยังไม่ได้ใช้งานจึงยังไม่มีการ

ติดตั้งหลังคาสองชั้น ดังภาพที่ 23 การทำหลังคาสองชั้นสำหรับพื้นที่อาคารหลักจึงไม่อยู่ในหัวข้อการให้คะแนน



ภาพที่ 23 แสดงพื้นที่ดาดฟ้าที่ไม่มีการทำหลังคาสองชั้น บริเวณห้องน้ำนอกตัวอาคาร

เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.1 การป้องกันความร้อนจากหลังคา			
A.3 หลังคาสีโทนอ่อนลดการดูดกลืนรังสีอาทิตย์	1	0.5	1

จากการสำรวจและศึกษาอาคารกรณีศึกษา พบว่ามีโครงสร้างหลังคาเดิมมีการปูกระเบื้องว่าวคอนกรีตสีขาวทำจากคอนกรีต ซึ่งบางส่วนได้ชำรุดทรุดโทรม ทางเจ้าของอาคารจึงทำการบูรณะโดยใช้กระเบื้องว่าวไอยราสีขาว ดังภาพที่ 24 ซึ่งจะช่วยลดการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ เป็นการลดความร้อนในอาคารได้ตามเกณฑ์ Ecovillage

ภาพที่ 24 (บน) หลังคากระเบื้องว่าวของบ้านหัวลำโพงก่อนการบูรณะ
(ล่าง) หลังคากระเบื้องว่าวของบ้านหัวลำโพงหลังการบูรณะ
ที่มา: ชุติมา วรมนตรี (2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.2	**การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก**			
	A.0 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) ไม่เกิน 50% และ SHGC รวมไม่เกิน 0.6	บังคับ	ผ่าน	ผ่าน
	A.1 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) 30-40% ● 40% < WWR = 0 คะแนน ● 30% ≤ WWR ≤ 40% = 2 คะแนน ● WWR < 30% = 4 คะแนน	4	4	4

เนื่องจากพื้นที่หน้าต่างส่วนใหญ่เป็นเป็นหน้าต่างไม้เดิมซึ่งยังคงมีสภาพดี และสามารถบูรณะกลับมาใช้ได้ เมื่อทำการคำนวณจำนวนหน้าต่างกระจกและแผงบังแดดเดิมเพื่อหาค่าอัตราส่วนพื้นที่ต่อพื้นที่ทั้งหมดพบว่าพื้นที่ WWR มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังตารางที่ 26 (ดูภาพชนิดหน้าต่างอาคารกรณีศึกษาได้ที่ภาคผนวก)

ตารางที่ 24 แสดงรายละเอียดหน้าต่างกระจกเพื่อหาค่า (Window –to-wall ratio) WWR

หน้าต่างกระจก	พื้นที่หน้าต่างชั้น 1 (ตรม.)	พื้นที่หน้าต่างชั้น 2 (ตรม.)	จำนวน	พื้นที่รวม
น9	1.65	-	2	3.3
น7	2.61	-	3	7.83
น2	5.75	-	1	5.75
น25	0.59	-	1	0.59
น18	-	1.87	2	3.74
น17	-	4.08	2	8.16
น20	-	2.23	1	2.23
น23	-	3.55	1	3.55
น16	-	0.86	1	0.86
น15	-	2.03	2	4.06
น14	-	4.05	1	4.05
		จำนวนพื้นที่หน้าต่างกระจก		**44.12**

อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่าง(กระจก) ต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window –to-wall ratio) WWR ดังภาพที่ 25

$$WWR = \frac{\text{พื้นที่ส่วนหน้าต่างทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ผนังอาคารทั้งหมด}} = \frac{44.12}{434.5} = 0.10$$ หรือคิดเป็น 10% ของพื้นที่กรอบอาคารทั้งหมด

ภาพที่ 25 รูปด้านแสดงสัดส่วนหน้าต่างกระจกและแผงบังแดดของอาคารกรณีศึกษา

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.2	**การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก** A.2 การบังแดดพื้นที่หน้าต่าง SHGC รวม = 0.3-0.6 • $SHGC_{รวม} < 0.6$ = 2 คะแนน • $SHGC_{รวม} < 0.5$ = 4 คะแนน	6	6	6

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
	• $SHGC_{รวม} < 0.4$ = 5 คะแนน • $SHGC_{รวม} < 0.3$ = 6 คะแนน			

อาคารกรณีศึกษาเดิม มีแผงบังแดดบริเวณห้องแต่งตัวด้าน SW ซึ่งมีหน้าต่างกระจกใส 6 มม. มีค่า SHGC = 0.84 จำนวน 8 บาน จากการคำนวณ $SHGC_{รวม}$ มีผลการคำนวณดังนี้

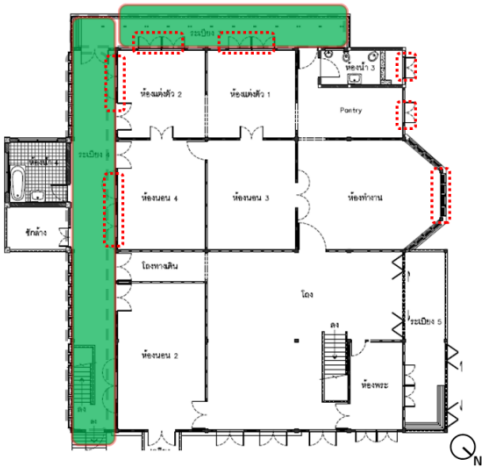
$$SHGC_{กระจก+แผงบังแดด} = SHGC_{กระจก} \times SHGC_{แผงบังแดด}$$

$$SHGC_{รวม} = \frac{\sum(SHGC_{กระจก+แผงบังแดด} \times พื้นที่กระจก)}{พื้นที่กระจกทั้งหมด}$$

ทิศทาง	SHGC	SC	SHGC กระจก+แผงบังแดด	พื้นที่กระจก	$SHGC_{กระจก+แผงบังแดด}$ x พื้นที่กระจก
SW	0.84	0.70	0.58	8.17	4.73
		พื้นที่กระจกรวม (จากข้อ 2.2 – A1.)		44.12	4.73/44.12 = 0.10 $SHGC_{รวม} < 0.3$

เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก (ต่อ)			
A.3 กระจกที่มีการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-1.5-3.0 W/m² °C)	3	-	-

เนื่องจากพื้นที่ช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาเป็นบานประตูหน้าต่างไม้ และมีพื้นที่กระจกไม่ถึง 10% กระจกหน้าต่างเดิมเป็นแบบกระจกใส 6 มม. (U-Value = 5.83 $W/m^2.°C$) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานความร้อนต่ำ แต่มีพื้นที่เชื่อมต่อกับระเบียงซึ่งช่วยยื่นบังแดด ส่วนด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือไม่ได้เป็นทิศที่รับแดดจากตะวันออก-ตะวันตกโดยตรง ดังภาพที่ 26 จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มค่าก่อสร้าง เพื่อปรับเปลี่ยนกระจกต้านทานความร้อนพิเศษสำหรับหัวข้อนี้



ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างสัดส่วนพื้นที่กระจก
และระเบียงชั้น 2 อาคารกรณีศึกษา
ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก (ต่อ)			
A.4 สีผิวภายนอกเป็นสีโทนอ่อน (50-75% ของพื้นที่ผนัง) สัดส่วนการใช้ผนังสีโทนอ่อนต่อผนังพื้นที่ภายนอกทั้งหมด ● < 50% = 0 คะแนน ● ≥ 50% = 1 คะแนน ● ≥ 75% = 2 คะแนน	2	1	1

ลักษณะอาคารกรณีศึกษาเป็นครึ่งไม้ครึ่งปูน มีการทาสีเคลือบทั้งผนังไม้และผนังปูนให้มีสีเดียวกัน ดังหลักฐานภาพถ่ายปัจจุบัน (ภาพที่ 27) ที่ยังคงเห็นพื้นสีเขียวอ่อนบนเปลือกอาคารทั้ง 2 ชั้น จึงสันนิษฐานได้ว่าสีทาอาคารดั้งเดิมที่ใช้เป็นสีอ่อนทั้งภายในและภายใน แต่เนื่องจากตัวอาคารและเปลือกผนังอาคารได้ทรุดโทรม ขาดการบูรณะเป็นเวลานานสีต่างๆจึงซีดจางลง ซึ่งในการบูรณะหากใช้สีผนังโทนเดิม (สีเขียวอ่อน ค่าสัมประสิทธิ์ 0.7) ก็จะช่วยให้สะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้เข้ามาตัวอาคารน้อยลงได้

ตารางที่ 25 ค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุผนังและสีภายนอกของผนังชนิดต่างๆ

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (α)	ตัวอย่างวัสดุ
0.3 ลักษณะพื้นผิว – วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีผิวขาว	**วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว** แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียม, หินอ่อนสีขาว, กรวดล้างสีขาว **สีทาภายนอก** สีขาว, สีเงิน, สีเงินหรือสีบรอนซ์สะท้อนแสง
0.5 ลักษณะพื้นผิว – วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีผิวสีอ่อน	**วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว** หินอ่อนสีครีมหรือสีอ่อน, หินแกรนิตสีครีมหรือสีอ่อน, กรดล้างสีครีมหรือสีอ่อน, วัสดุปิดผิวสีอ่อน **สีทาภายนอก** สีครีม, สีฟ้าอ่อน, สีเขียวอ่อน, สีเหลืองอ่อน, สีส้มอ่อน
0.7 ลักษณะพื้นผิว – วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม	**วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว** คอนกรีตไม่ทาสี, อิฐไม่ทำสี, แผ่นไฟเบอร์ไม่ทำสี, กรวดล้างสีเทา, แผ่นซีเมนต์แอสเบสทอสไม่ทำสี **สีทาภายนอก** สีแดง, สีฟ้าอ่อน, สีเขียวอ่อน, สีส้มอ่อน, สีสนิม
0.9 วัสดุที่มีผิวสีเข้ม	**วัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิว** อิฐสีแดง, แอสฟัลต์, คอนกรีตสีเทาเข้มและสีดำ, วัสดุมุงหลังคาสีเขียวเข้มและสีแดงเข้ม **สีทาภายนอก** สีน้ำเงินหรือสีเขียวเข้ม, สีเทาเข้ม, สีน้ำตาลเข้ม, สีดำ

ที่มา: ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พ.ศ.2522

ภาพที่ 27 ตัวอย่างสีเดิมของผนังไม้และปูนอาคารกรณีศึกษา

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.2	**การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก**			
	A.5 Buffer zone (20-30% ของพื้นที่อาคาร)	1	0.5	0.5

Buffer zone เป็นพื้นที่ช่วยกันความร้อนและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งสัดส่วนพื้นที่เดิมในการจัดวางห้องทั้ง 3 ทิศได้แก่ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ จากการวิเคราะห์พบว่ามีพื้นที่ช่วยเป็นผนังกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้ามาด้านในอาคาร คิดเป็น 26.9% ของพื้นที่อาคารทั้งหมด ซึ่งการออกแบบเดิมสามารถทำคะแนนได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด (20-30%) จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงโครงสร้างเดิมในหัวข้อนี้ ดังภาพที่ 28

ภาพที่ 28 แสดงพื้นที่ Buffer zone ในอาคาร (สีเขียว)

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

ตารางที่ 26 แสดงจำนวนและขนาดพื้นที่ Buffer Zone ของอาคารกรณีศึกษา

พื้นที่ Buffer Zone	ขนาด (ตร.ม.)
ห้องน้ำ 2	3.75
โถงทางเดิน หน้าห้องน้ำ 2	9.84
ระเบียง 1	22.5
ระเบียง 2	37.8
ระเบียง 4	37.8

พื้นที่ Buffer Zone	ขนาด (ตร.ม.)
ห้องน้ำด้านนอก	9
ระเบียง 3	18.75
ซักล้างด้านนอก	6
ส่วนจัดเตรียมอาหาร	12.5
รวม	157.94

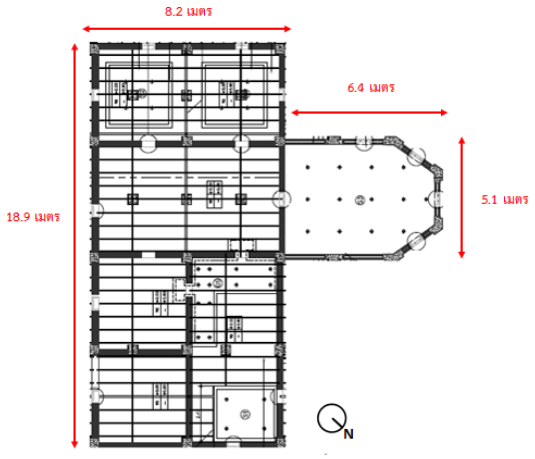
	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.2	**การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก**			
	A.6 ห้องใช้งานกลางวันมีมวลอุณหภาพ (Thermal Mass) (50-75% ของด้านผนัง)	2	-	-

พื้นที่ชั้น 1 ของอาคารกรณีศึกษาเป็นผนังรับน้ำหนักก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนหนา 24 เซนติเมตร โดยมีพื้นที่มวลอุณหภาพดังนี้

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	น้ำหนักต่อพื้นที่ผนัง (kg/m^2)	น้ำหนักวัสดุรวมปูนฉาบ 2 ด้าน (kg/m^2)	การประเมินความเป็นผนังที่มีมวลอุณหภาพ
อิฐมอญ	15	360	410	ผ่าน

พื้นที่อาคารชั้น 1 = 154.98 ตรม. พื้นที่ห้องโถง = 32.64 ตรม.

รวมพื้นที่ชั้น 1 = 187.62 หรือ 32.16% ของพื้นที่อาคารทั้งหมด (583.3 ตร.ม.) ดังภาพที่ 29 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจึงไม่ได้คะแนนในหัวข้อนี้



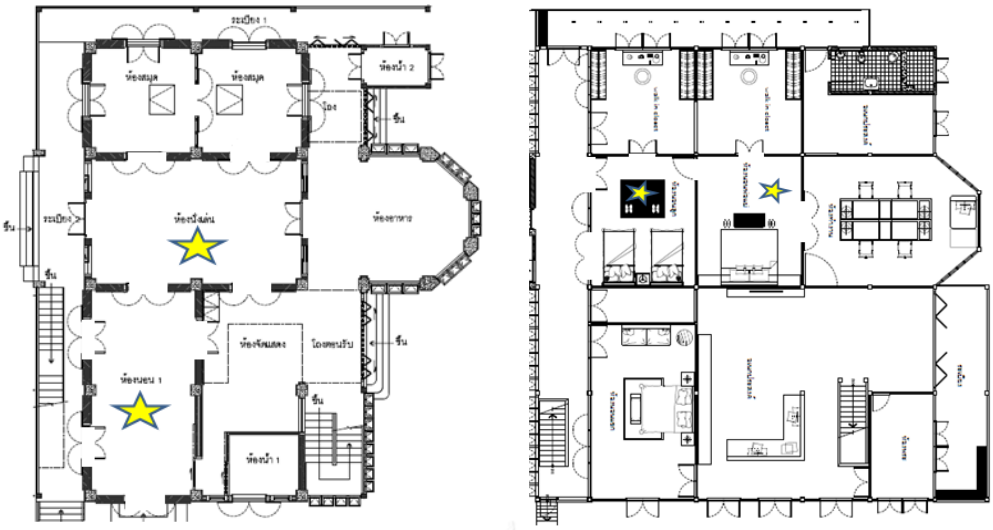
ภาพที่ 29 แสดงผังโครงสร้างพื้นชั้น 1

ที่มา: (บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด, 2559)

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3	**ช่องแสงและช่องเปิดระบายอากาศ**			
2.3.1	ช่องระบายอากาศ 2 ด้าน (90% ของพื้นที่ใช้งานหลัก)	4	-	-

จากการสำรวจช่องเปิดของพื้นที่ใช้งานหลัก ได้แก่ ห้องนอนหลักจำนวน 3 ห้อง และห้องนั่งเล่น จำนวน 1 ห้อง ดังภาพที่ 30 พบว่าจำนวนช่องเปิดเดิมในห้องนั่งเล่นมีเพียงประตูบานเปิดภายนอกและภายในตัวอาคาร ไม่มีหน้าต่างเปิดรับลมจากภายนอก มีเพียงประตูเป็นบานเปิดเดียวที่รับลมจากส่วนนอกอาคารได้ ส่วนห้องนอนชั้น 2 จำนวนสองห้องที่สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการทดลองการระบายอากาศด้วยอัตราความเร็วลมที่วัดได้จากสถานที่จริงด้านนอกอาคาร (0.74 เมตร/วินาที) อุณหภูมิที่วัดได้ 32.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมค่าเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครช่วงปี 2011-2015 (1.5 เมตร/วินาที) นำไปจำลองผลในโปรแกรม SolidWorks Flow Simulation เพื่อศึกษาความเร็วลมที่เข้าสู่ตัวอาคาร พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 โดยทิศใต้ เป็นทิศที่มีกระแสลมเข้าในตัวอาคารสูงที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับข้อมูลสภาวะน่าสบายจากงานวิจัยเรื่องสภาวะน่าสบาย (Khedari et al., 2000) ความเร็วลมดังกล่าวยังไม่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ ซึ่งที่เหมาะสมควรมีความเร็วลมธรรมชาติ 1.0 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป จึงยังไม่สามารถทำคะแนนได้ในข้อนี้ และควรมีการติดตั้งพัดลมเพดาน หรือเครื่องปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานจึงจะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายได้



ภาพที่ 30 ผังช่องเปิดบริเวณพื้นที่ใช้งานหลัก (ห้องนอนและห้องนั่งเล่น) ชั้น 1 และชั้น 2

ที่มา : บริษัท บานาน่า สตูดิโอ จำกัด (2559)

ตารางที่ 27 แสดงสัดส่วนช่องเปิดในห้องนอนและห้องนั่งเล่น

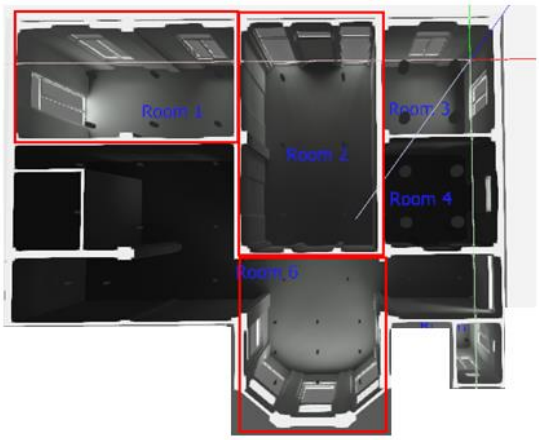
พื้นที่ใช้งาน	พื้นที่ช่องเปิด	พื้นที่ทั้งหมด	% ต่อพื้นที่ห้อง
ห้องนอน 1	12.312 ตรม.	33.62 ตรม.	36.62 %
ห้องนอน 2	4.03 ตรม.	20.9 ตรม.	19.28 %
ห้องนอน 3	2.7 ตรม.	20.9 ตรม.	12.91 %
ห้องนั่งเล่น	10.7 ตรม.	41.82 ตรม.	25.5 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3.2	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลัก (25-45% ของพื้นที่ใช้งานหลัก DF ≥ 2)	3	-	1.5

ลักษณะอาคารเดิมของบ้านหัวลำโพง หน้าต่างส่วนใหญ่เป็นหน้าต่างลูกฟักไม้บานเกล็ดรอบอาคาร มีเพียงบริเวณห้องนอนและห้องแต่งตัวบนชั้น 2 ที่มีบานเปิดแบบลูกฟักกระจก ซึ่งห้องรับประทานอาหารที่เป็นห้องโถงหกเหลี่ยมด้านหน้าอาคาร มีหน้าต่างบานเกล็ดซึ่งเป็นทั้งบานเปิดและบานกระทุ้งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหน้าต่างไทยสมัยก่อน ทำให้ควบคุมการรับแสงธรรมชาติได้ตามต้องการ

การลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์ ด้วยการนำแสงธรรมชาติในตอนกลางวันมาใช้ เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งเกณฑ์ Ecovillage ได้กำหนดให้ห้องใช้สอยหลัก ได้แก่ ห้องนั่งเล่น ห้องรับประทานอาหาร จากการจำลองผลสภาพท้องฟ้า แบบ Overcast ตามเกณฑ์ Ecovillage พบว่า แบบบูรณะโดยสถาปนิกได้ปรับปรุงช่องเปิดบริเวณห้องนั่งเล่นซึ่งเป็นส่วนกลางอาคาร จากเดิมมีเพียงประตูอยู่ระหว่างหน้าต่างบานเกล็ดขนาดเล็กจำนวน 2 บานเป็นช่องเปิดรับแสงนอกอาคาร โดยมีการปรับเปลี่ยนหน้าต่างบานเกล็ดเป็นบานกระจกขนาดใหญ่ เป็นการเพิ่มแสงสว่างและประหยัดพลังงานกว่าการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนห้องรับประทานอาหารที่เป็นห้องโถงหกเหลี่ยมด้านหน้าอาคาร มีหน้าต่างบานเกล็ดซึ่งเป็นทั้งบานเปิดและบานกระทุ้งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหน้าต่างไทยสมัยก่อน ทำให้ควบคุมการรับแสงธรรมชาติเพียงพอตามต้องการ ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 ตัวอย่างการจำลองผลแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ตัวอาคารชั้น 1 สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast

หมายเหตุ ภาพจำลองแสงธรรมชาติท้องฟ้าแบบ Overcast เฉพาะห้องหลักประกอบด้วยห้องบริเวณชั้น 1 - Room1 = ห้องนอน 1, Room2 = ห้องนั่งเล่น, Room6 = ห้องรับประทานอาหาร

ผลจำลองจาก Dialux Evo แสงสว่างธรรมชาติภายในห้องนั่งเล่นชั้น 1 Daylight factor ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 2% (Min 0.213%, Max 1.454%)

Daylight factor effective area 2

Value chart [%]

m	1.290	1.870	2.450	3.030	3.610
6.950	1.420	1.353	1.341	1.344	1.454
6.250	0.957	1.106	1.095	1.087	0.948
5.550	0.692	0.771	0.822	0.797	0.749
4.850	0.514	0.558	0.588	0.568	0.525
4.150	0.413	0.415	0.412	0.421	0.407
3.450	0.332	0.329	0.319	0.323	0.331
2.750	0.283	0.277	0.258	0.261	0.279
2.050	0.252	0.235	0.233	0.231	0.240
1.350	0.229	0.215	0.213	0.213	0.222

Daylight factor (Grid)
Min: 0.213 %, Max: 1.454 %
Rotation: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Height: 0.850 m, Wall zone: 1.000 m

ห้องรับประทานอาหาร Daylight factor ค่าเฉลี่ยสูงกว่า 2% จึงได้คะแนนข้อนี้ (กรอบสีแดงในภาพคือค่าแสงสว่างธรรมชาติบริเวณพื้นที่ห้องรับประทานอาหาร)

Daylight factor effective area 6

Value chart [%]

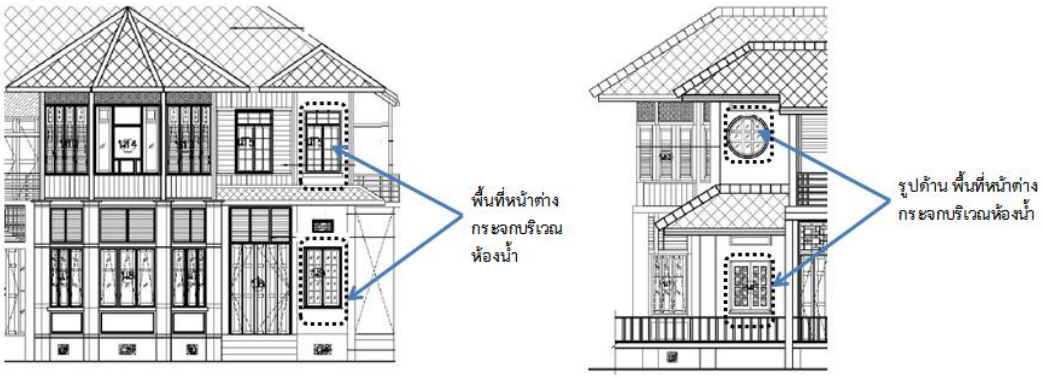
m	1.695	3.086	4.477	5.868	7.259	8.650	10.041	11.432	12.823	14.214	15.605
7.870	/	/	0.043	0.041	/	/	/	/	/	/	/
6.343	/	/	/	0.083	/	/	/	/	/	/	/
4.816	/	/	/	0.079	/	/	/	/	/	/	/
3.290	/	/	/	/	/	/	2.276	2.700	/	/	/
1.763	/	/	/	/	/	/	5.061	5.601	/	/	/

Daylight factor (Grid)
Min: 0.041 %, Max: 5.601 %
Rotation: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Height: 0.850 m, Wall zone: 1.000 m

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3.3	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานรอง (50% ของพื้นที่ช่องเปิดไม่น้อยกว่า 15%)	1	1	1

พื้นที่ห้องน้ำในอาคารกรณีศึกษาเดิม มีหน้าต่างกระจกติดตั้งทั้ง 2 ด้าน ดังภาพที่ 32 สำหรับโถงบันไดในอาคารเชื่อมต่อบริเวณทางเข้าอาคาร และด้านบนหลังการบูรณะ มีการดำเนินการติดตั้งแผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นช่องแสงธรรมชาติส่องบริเวณทางเดินชั้นบน เพื่อความสะดวกในการใช้งานเวลากลางวัน

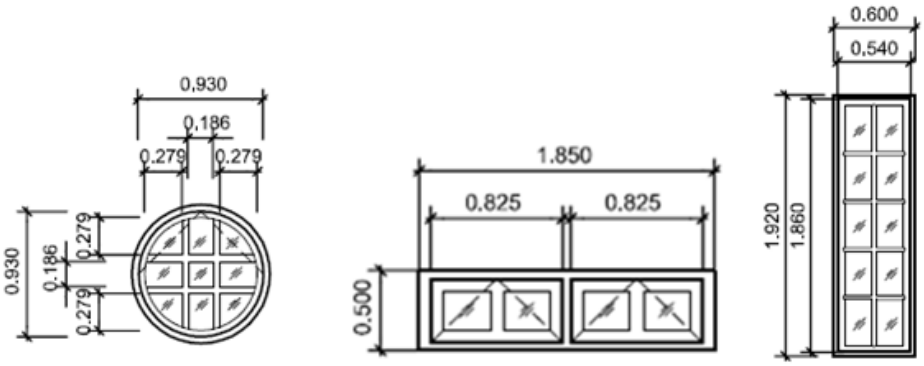
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 32 แสดงรูปหน้าและรูปด้านห้องน้ำในอาคารกรณีศึกษา

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3.4	หน้าต่างเปิดปิดได้ (50-75% ของหน้าต่างทั้งหมด)	2	2	2

ในการสำรวจอาคารกรณีศึกษาและตรวจสอบเอกสารแบบก่อสร้างเพื่อบูรณะอาคาร พบว่าลักษณะหน้าต่างจากทั้งหมด 26 แบบ (ดูรายละเอียดหน้าต่างทั้งหมดได้ที่ภาคผนวก) มีเพียง 3 แบบเป็นหน้าต่างกระจกใสแบบบานปิด คิดเป็น 11.43% ดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 แสดงภาพหน้าต่างบานปิด หมายเลข น.16, น.19 และ น.23

	เปลือกอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3.5	หลีกเลี่ยงหน้าต่างบานเกล็ดในห้องปรับอากาศ	1	1	1

จากการสำรวจอาคารกรณีศึกษาพบว่าหน้าต่างบริเวณน้องนอนและห้องแต่งตัวบนชั้น 2 เดิมเป็นหน้าต่างไม้เป็นลูกฝักกระจก ใช้บานเปิดเพื่อการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ดังนั้นในขั้นตอนบูรณะทางสถาปนิกควรพิจารณาปรับปรุงหน้าต่างกระจก และพื้นผนังไม้ในห้องตรวจสอบรูรั่วซึม สำหรับห้องที่มีระแนงไม้ระบายอากาศบนผนัง ให้ทำการปิดด้วยวัสดุผิวทึบ หรือทำบานเลื่อนเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศและลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศนอกภายนอกอาคาร ดังนั้นการปรับปรุงด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถสอดคล้องกับเกณฑ์ประเมินของ Ecovillage จึงได้รับคะแนนในหัวข้อนี้

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3	**วัสดุก่อสร้างอาคาร**			
3.1	วัสดุก่อสร้างอาคารภายในประเทศ (10-20% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	1	1	1

จากการสำรวจและสอบถามวัตถุประสงค์เจ้าของอาคาร คือ ใช้โครงสร้างและนำวัสดุเดิมมาซ่อมแซมเพื่อรื้อฟื้นกลับมาใช้งานอาคารในลักษณะพักอาศัยเช่นเดียวกับในอดีต ซึ่งการนำวัสดุที่มีอยู่แล้วมาใช้ประโยชน์ เป็นการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนก่อสร้างได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากช่วยลดปริมาณการผลิตวัสดุใหม่ และค่าการขนส่ง สำหรับวัสดุใหม่บางส่วนที่จะมาปรับเปลี่ยน ตามรายการของ CSI MasterFormat™ 2004 ประกอบไปด้วย คอนกรีต อิฐ ฉนวนป้องกันความร้อน โครงเคร่าเหล็กและไม้ แประแนงเหล็กกัลป์วาไนซ์ แผ่นโพลีคาร์บอเน็ต เป็นวัสดุที่ผลิตได้ในประเทศทั้งสิ้น โดยสามารถตรวจสอบข้อมูลแหล่งผลิตจากฉลากผลิตภัณฑ์ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งการที่ผู้รับผิดชอบโครงการใช้วัสดุก่อสร้างในประเทศจะมีราคาต่ำกว่าวัสดุนำเข้า จึงช่วยควบคุมงบโครงการไม่ให้สูงเกินจำเป็น

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3.2	วัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน (5-10% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	2	-	2

สำหรับวัสดุก่อสร้าง เช่น สีทาบ้าน น้ำยาเคลือบเนื้อไม้ ปูน เหล็ก ฉนวน วัสดุพื้นผิวและอื่นๆ ทางสถาปนิกยังไม่มีการพิจารณาใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอรายละเอียดวัสดุชนิดและเปรียบเทียบราคาให้เจ้าของอาคารและผู้รับผิดชอบโครงการ (ดูตารางชนิดวัสดุและราคาได้ที่ภาคผนวก) เมื่อเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสัญลักษณ์ตามภาพที่ 34 เพื่อช่วยประหยัดพลังงานในอาคารและรักษาสิ่งแวดล้อม จึงจะสามารถทำคะแนนได้ในข้อนี้

ภาพที่ 34 แสดงฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของประเทศไทย

ที่มา: https://www.tisi.go.th/marks/th (2016)

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3.3	การใช้ไม้จากป่าปลูก	1	1	1

งานบูรณะอาคารกรณีศึกษานี้ ส่วนใหญ่จะใช้โครงสร้างพื้น ผนัง และฝ้าเพดานไม้ดั้งเดิม นำมาซ่อมแซมบูรณะกลับมาใช้งาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเป็นอนุรักษ์สถาปัตยกรรมเดิมของรูปแบบอาคาร สำหรับพื้นที่ทำจากไม้เดิมบางส่วนที่ชำรุดต้องดำเนินการเปลี่ยนไม้มาทดแทน ซึ่งผู้รับผิดชอบโครงการควรตรวจสอบที่มาของไม้และมีเอกสารรับรองอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันการลักลอบนำไม้ผิดกฎหมายมาใช้งาน

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3.4	ค่าสะท้อนแสงของกระจกภายนอกไม่เกิน 0.15	1	1	1

กระจกหน้าต่างในอาคารกรณีศึกษาเป็นแบบกระจกใส 6 มม. ซึ่งจากการตรวจสอบค่าการสะท้อนแสงเท่ากับ 0.07% ดังตารางที่ 30 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จึงสามารถได้คะแนนในหัวข้อนี้

ตารางที่ 28 แสดงค่าคุณสมบัติของกระจก

รายการวัสดุ	กระจกใส	กระจกสี			กระจกตัดแสง			กระจกสะท้อนแสง			กระจกกันความร้อน		
		Cool Gray	Skyblue	Ocean Green	Cool gray	Skyblue	Ocean Green	Yellow	Blue	Green	Clear G.-Dry Air-Clear G.	CG.+LowE-Dry Air-Clear G.	CG.+LowE-Dry Air-Clear G.
ความหนา (mm.)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6-12-6	6-12	6-12-6
ค่าสัมประสิทธิการบังแดด (SC)	0.96	0.64	0.68	0.65	0.32	0.51	0.67	0.24	0.32	0.28	0.82	0.65	0.27
ค่าการนำความร้อน (W/m.K)	0.779	0.904								0.909	0.751		
ค่าสะท้อนแสง (%)	7	5	6	7			7	19	21	29	14	147	38
ค่าส่องผ่านแสง (%)	88	38	58	72			74	10	21	14	78	72	7
ค่าสะท้อนรังสีอาทิตย์ (%)	7	6	6	7			5	21	19	24	11	12	33
ค่าส่องผ่านรังสีอาทิตย์ (%)	80	43	45	42			43	6	13	10	61	46	5
ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (%)	13	51	49	51	45	48	52	73	68	66	28	42	62

ที่มา: คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร), (กระทรวงพลังงาน, 2552)

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3.5	สีและสารเคลือบผิวที่เป็นพิษต่ำ	1	-	1

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds - VOCs) เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างอาคาร เช่น สีทาบ้าน สีย้อมไม้ โดยปลดปล่อยออกมาในรูปของก๊าซ หากผู้ใช้อาคารได้รับสารสะสมเข้าไปในปริมาณมากจะมีผลเสียต่อร่างกาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอรายละเอียดวัสดุชนิดและเปรียบเทียบราคาให้เจ้าของอาคารและผู้รับผิดชอบโครงการ (ดูตารางชนิดวัสดุและราคาได้ที่ภาคผนวก) ในการปรับปรุงอาคารหากเลือกใช้วัสดุที่ปลอดสาร VOCs และสารเคมีอื่นๆ จะทำให้ได้คะแนนในหัวข้อนี้ โดยสังเกตสัญลักษณ์ฉลากเขียวแสดงค่า VOC ตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น สีทาภายใน Supershield Duraclean ใช้สาร LOW VOC, สีเคลือบไม้ Nippon Paint Timbershade, สี TOA Woodstain ปลอดสารตะกั่วและปรอท และได้มาตรฐาน EN71 จากยุโรป เป็นต้น

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1	ระบบปรับอากาศ	6		
	A. ใช้การระบายอากาศธรรมชาติทั้งหมด	6	6	-

Chulalongkorn University

การใช้งานอาคารกรณีศึกษาในอดีตอาศัยลมธรรมชาติในการระบายอากาศเป็นหลัก จึงมีการออกแบบช่องเปิดในแต่ละห้องให้รับลมทั้งทางหน้าต่างและช่องเปิดผนังด้านบน แต่ประสบปัญหาเรื่องแมลงรบกวนภายในบ้านในช่วงหัวค่ำและกลางคืน อย่างไรก็ตามสำหรับการใช้งานอาคารในปัจจุบันเนื่องจากสภาพอากาศประเทศไทยที่ร้อนขึ้น และตำแหน่งอาคารอยู่ในเขตเมืองที่มีตึกสูงและชุมชน การใช้ลมธรรมชาติเพียงอย่างเดียวจึงไม่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายสำหรับผู้ใช้อาคาร จากการสำรวจอาคารกรณีศึกษาเพื่อวัดกระแสลมจำนวน 4 ห้องของอาคารกรณีศึกษาในช่วงเดือน พ.ย. 2559, ม.ค. 2560 และมี.ค. 2560 ผลจากการวัดได้ค่าเฉลี่ย 0.3 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเฉลี่ย 32.28 องศาเซลเซียส ซึ่งอัตราความเร็วของลมภายในอาคารยังไม่เพียงพอในการสร้างสภาวะน่าสบาย เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาวะน่าสบายในประเทศไทยด้วยลมธรรมชาติ (Khedari et al., 2000) ดังตารางที่ 31 พบว่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.3 เมตรต่อวินาทีจะทำให้มนุษย์ในประเทศไทยรู้สึกสบายได้ ที่

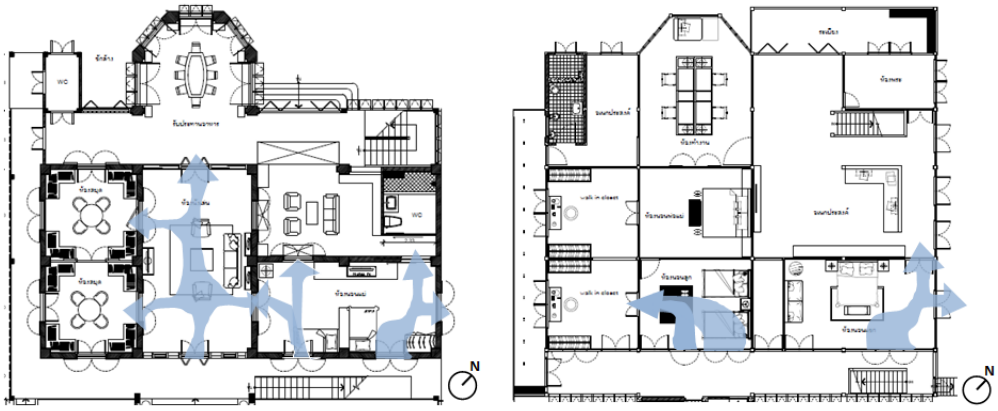
อุณหภูมิประมาณ 29.5-30.7 องศา ส่วนความชื้นสัมพันธ์ปรกติประเทศไทยอยู่ในค่าเฉลี่ยที่ 70-80 % เนื่องจากเป็นเขตร้อนชื้น ดังนั้นอัตราความเร็วลมที่วัดจริงและอุณหภูมิของห้องทั้ง 4 ห้อง ในบ้านหัวลำโพงยังไม่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย แต่ด้วยปัจจัยด้านกายภาพของอาคารที่กำลังอยู่ระหว่างการบูรณะ มีอุปกรณ์ก่อสร้างบดบังเปลือกอาคารทำให้การวัดลมในสถานที่จริงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง จึงศึกษาข้อมูลด้านความเร็วลมเฉลี่ย และจากการจำลองผลในโปรแกรมทางพลศาสตร์ SolidWorks Flow Simulation พบว่าทิศทางกระแสลมและช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มค่าการระบายอากาศภายในห้องที่จำลอง ดังภาพที่ 35 ลมที่พัดเข้าทางทิศใต้จะทำมุม สามารถพัดพาลมเข้ามาในอาคารได้มากกว่าลมจากทิศทางอื่นอย่างไรก็ตามยังคงต้องใช้อุปกรณ์เพื่อระบายอากาศและสร้างความเย็น เพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายให้ผู้อยู่อาศัยในอาคาร

ตารางที่ 29 ตารางข้อมูลภาวะน่าสบายในประเทศไทยด้วยลมธรรมชาติ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
22.0 – 29.5	20 – 80	0.00 – 0.25
29.5 – 30.7	20 – 80	0.25 – 0.50
30.7 – 34.0	20 – 80	0.50 – 1.00
32.5 – 34.0	20 – 80	1.00 – 1.50
34.0 – 36.0	20 – 80	1.50 – 2.00
36.0 – 36.5	20 – 80	2.00 – 3.00

ที่มา: โจเซฟ เคดาริ่และคณะ (2000)

จึงมีแนวทางนำระบบปรับอากาศมาใช้ในอาคารกรณีศึกษา โดยติดตั้งเฉพาะพื้นที่ใช้สอยหลักตามวัตถุประสงค์ผู้อาศัย ได้แก่ ห้องนอนหลักจำนวน 3 ห้อง ส่วนพื้นที่อื่นที่มีช่องเปิดระบายอากาศเพียงพอ จะติดตั้งพัดลมเพดานเพื่อเพิ่มกระแสลมให้เกิดสภาวะน่าสบายในอาคารเพื่อลดค่าใช้จ่ายไม่ให้เกินความจำเป็น



ภาพที่ 35 (ซ้าย) แสดงการเปิดหน้าต่างในห้องหลักและทิศทางกระแสลมภายในห้องชั้น 1
(ขวา) แสดงการเปิดหน้าต่างในห้องหลักและทิศทางกระแสลมภายในห้องชั้น 2

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1	**ระบบปรับอากาศ**			
	B.0 เครื่องปรับอากาศ EER ≥ 11 และสารทำความเย็นไม่มี CFC	บังคับ	-	ผ่าน

อาคารกรณีศึกษาใช้ระบบเครื่องปรับอากาศเฉพาะส่วนพื้นที่ห้องนอนหลักจำนวน 3 ห้อง โดยเสนอแนะให้ใช้เครื่องปรับอากาศที่ได้ฉลากเบอร์ 5 ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่าย และใช้สารทำความเย็น R32 หรือ R410A (ดูรายละเอียดที่หัวข้อ B2. และ B3.)

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1	**ระบบปรับอากาศ**			
	B.1 มีพื้นที่ไม่ปรับอากาศเกิน 60%	2	2	2

อ้างอิงจากตารางที่ 6 พื้นที่ปรับอากาศที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารกรณีศึกษาใช้เป็นพื้นที่ใช้สอยหลักคือ ห้องนอนจำนวน 3 ห้อง คิดเป็น 12.93% จากพื้นที่อาคารทั้งหมด หรือมีพื้นที่ไม่ปรับอากาศเกิน 60% จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ได้คะแนน

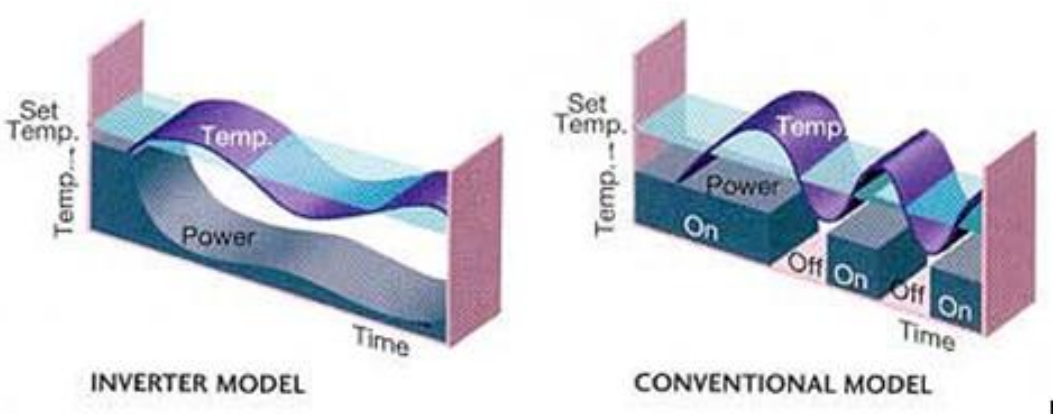
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 ข้อมูลพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของอาคารกรณีศึกษา

ชั้นที่	**1**	**2**	**% ของพื้นที่อาคาร**
พื้นที่ปรับอากาศ (ตรม.)	33.62	41.82	12.93
ชั้นที่	**1**	**2**	**% ของพื้นที่อาคาร**
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)	232.92	274.94	87.07
รวม	266.54	316.76	100

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
1	**ระบบปรับอากาศ**			
	B.2 ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (EER ≥ 13)	3	-	3
	B.3 ขนาดเครื่องปรับอากาศ (25 ตร.ม./ตันความเย็น)	1	-	1

จากการพิจารณารายละเอียดเครื่องปรับอากาศสำหรับติดตั้งในห้องนอนขนาด 33.62 ตรม. และ 20.91 ตรม. จำนวน 3 ห้องนอน โดยเลือกผลิตภัณฑ์ที่ประหยัดพลังงานค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER/SEER) สูงกว่า 13 และหลีกเลี่ยงรุ่นที่ใช้สารทำความเย็นประเภท CFC ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนมาใช้สาร R32 หรือ R410A และใช้ระบบเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ (Inverter) การทำงานของระบบนี้ คือ คอมเพรสเซอร์จะปรับรอบการทำงานลง ปรับอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่ตลอดเวลาโดยขึ้นอยู่กับความผันแปรของอุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ในขณะที่เครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช่อินเวอร์เตอร์ เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง อุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้ประมาณ 1-2 องศา หลังจากนั้น คอมเพรสเซอร์จะตัดการทำงาน จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆสูงขึ้น เกินระดับที่ตั้งไว้ 1-2 องศา คอมเพรสเซอร์ก็จะเริ่มทำงานอีกครั้ง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องจะเย็นหรือร้อนเกินไปและเสียค่าไฟมากขึ้น ในการวิจัยนี้เลือกตัวอย่างเครื่องปรับอากาศแบบ Inverter ที่ได้ค่า SEER ตั้งแต่ 20 ขึ้นไปเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและได้คะแนนตามเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งการคำนวณแบบ SEER จะใช้กับเครื่องปรับอากาศระบบ Converter โดยวัดประสิทธิภาพการทำงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศโดยกำหนดการวัดในหลายอุณหภูมิตามฤดูกาล ดังภาพที่ 36 แสดงหลักการทำงานของระบบปรับอากาศที่แตกต่างกันทั้ง 2 ประเภท



ภาพที่ 36 ความแตกต่างของระบบปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์และแบบทั่วไป

ที่มา: http://www.chiangmaiaircare.com (2016)

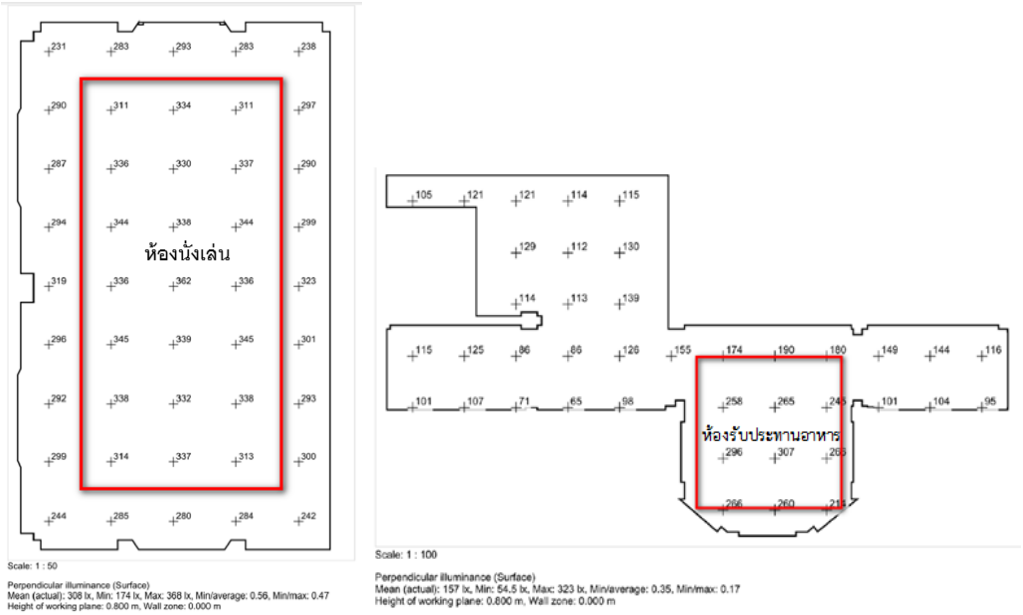
ตารางที่ 31 แสดงขนาดห้องนอนและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม

ห้อง	ขนาดห้อง (ตรม.)	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (บีทียู: ชั่วโมง) ห้องไม่โดนแดด	ตันความเย็น	EER เปรียบเทียบประสิทธิภาพ – EER (บีทียู: ชั่วโมง: วัตต์)	ค่าการใช้พลังงานต่อปี
ห้องนอน 1	33.62	18,000 บีทียู	1.5	20.78	11,675.28
ห้องนอน 2	20.91	12,253 บีทียู	1	20.04	8,406.72
ห้องนอน 3	20.91	12,253 บีทียู	1	20.04	8,406.72

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2	**ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**	**5**		
2.1	ค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ (≥ 300 lux ห้องรับแขก/นั่งเล่น ห้องรับประทานอาหาร)	บังคับ	-	ผ่าน

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารอนุรักษ์จึงออกแบบลักษณะการใช้งานให้กลมกลืนกับบรรยากาศอาคารเก่าและเพดานสูงจึงเสนอให้ใช้โคมไฟ LED แบบแขวน เพื่อประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานยาวนาน สำหรับห้องนั่งเล่นและห้องรับประทานอาหารซึ่งต้องการความสว่างตามเกณฑ์กำหนด จึงติดตั้งดวงโคมจำนวน และไฟเฉพาะจุดเพื่อความสะดวกของผู้พักอาศัย เกณฑ์กำหนดค่าความสว่างจากแสงประดิษฐ์สำหรับพื้นที่ใช้สอยหลักได้แก่ ห้อง

รับประทานอาหารและห้องนั่งเล่น ซึ่งผลการจำลองค่าแสดงผลการใช้ดวงโคมแบบ LED พบว่าพื้นที่ที่ใช้ดวงโคมรุ่น Limburg 5475- 40 วัตต์ ให้แสงสว่างเฉลี่ยทั้งห้องมากกว่า 300 lux ดังภาพที่ 37 จึงสามารถผ่านเกณฑ์ อย่างไรก็ตามในช่วงกลางวันบริเวณห้องรับประทานอาหารที่มีบานเปิดโดยรอบสามารถใช้แสงธรรมชาติภายนอกในการให้แสงสว่างในอาคารเพื่อทดแทนการใช้ดวงโคม เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง



ภาพที่ 37 แสดงค่าการจำลองค่าส่องสว่างของหลอด LED ในอาคารกรณีศึกษา

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.2	เกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (<12 W/m²)	4	-	1

จากการจำลองผลในโปรแกรม Dialux Evo เพื่อวิเคราะห์ค่าแสงสว่างของดวงโคมประเภท LED และให้ได้ตามเกณฑ์ พบว่าดวงโคมยี่ห้อ Limburg ที่ติดตั้งในทุกห้องของโมเดลอาคารกรณีศึกษามีผล LPD รวมเท่ากับ 11.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ประเมินที่ 1 คะแนน (10.5 < LPD ≤ 12)

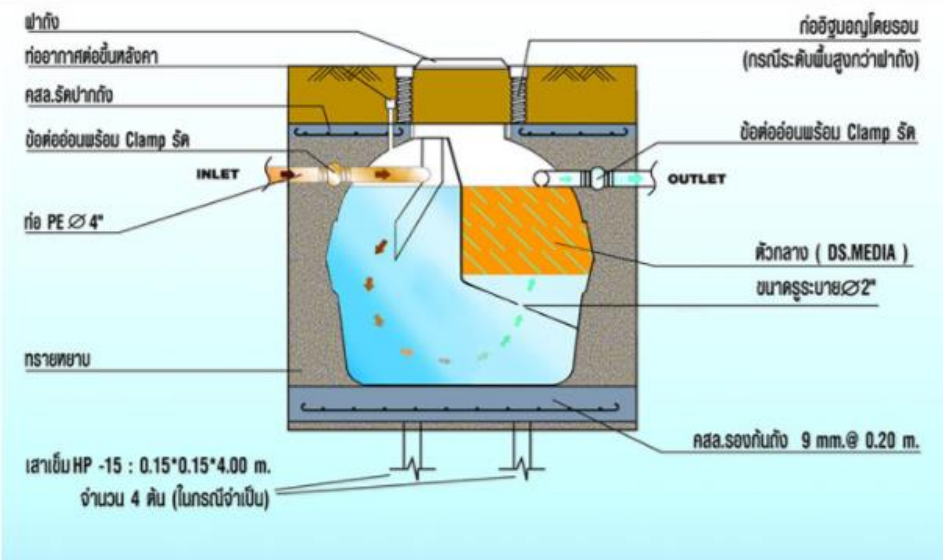
	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
2.3	ระบบควบคุมการส่องสว่าง	1	-	1

สำหรับพื้นที่ทางเดินในอาคาร หรือพื้นที่ไม่ได้ใช้งานหลัก การติดตั้งไฟเปิดปิดอัตโนมัติจะช่วยลดการใช้แสงสว่างโดยไม่จำเป็น และการติด Dimmer ในห้องที่ต้องการความสว่างแตกต่างในการทำกิจกรรม จะช่วยประหยัดการใช้พลังงานแสงสว่างได้มากขึ้น เช่น ห้องนั่งเล่นอาจใช้สำหรับดูโทรทัศน์และอ่านหนังสือ เป็นต้น

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3	**ระบบสุขาภิบาล**	**3**		
3.1	ระบบบำบัดน้ำเสีย บ่อดักขยะ และบ่อดักไขมัน	บังคับ	-	ผ่าน

อาคารกรณีศึกษาเดิมเป็นอาคารเก่าอายุกว่า 113 ปี ยังไม่มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียจากตัวอาคาร การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย บ่อดักขยะและไขมัน จะช่วยลดภาระการบำบัดน้ำเสียของระบบส่วนกลาง และช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศทางธรรมชาติอีกด้วย ดังนั้นจึงเสนอแนะแนวทาง ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปโดยคำนวณตามพื้นที่และปริมาณใช้งานของผู้อยู่อาศัย สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่มีผู้พักอาศัยจำนวน 5 คน ควรใช้ถังบำบัดน้ำเสียขนาด 1,200 ลิตร (ขนาดถังบำบัดน้ำเสีย (ลิตร) = จำนวนผู้อยู่อาศัย x 0.8 x ปริมาณน้ำใช้ต่อคนต่อวัน (ลิตร) x1.5) ประเมินจากการใช้น้ำต่อคนเฉลี่ยคนละ 200 ลิตรต่อวัน

ถังบำบัดแบบสำเร็จรูปจะคัดกรองน้ำปฏิกูลจากสุขภัณฑ์ในห้องน้ำที่ไหลผ่านท่อน้ำทิ้ง เข้าสู่บ่อกรองไร้อากาศที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวทำการย่อยสลายของเสียที่ตกตะกอนในถัง ส่วนน้ำที่บำบัดแล้วจะปล่อยออกท่อน้ำสาธารณะต่อไป ซึ่งเป็นหลักการให้ธรรมชาติจัดการโดยไม่ต้องพึ่งสารเคมีในการในขั้นตอนบำบัดน้ำเสียอีกด้วย ในการติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียทดแทนบ่อเกรอะ บ่อซึม จำเป็นต้องมีการขุดหลุมขนาดใหญ่และปรับหน้าดินให้เรียบและแข็งแรงในการรับน้ำหนักถังและปริมาณของน้ำเสียที่จะกักเก็บ จึงควรเทพื้น คสล. เพื่อเสริมความแข็งแรง สำหรับบ่อดักขยะ และบ่อดักไขมันสำหรับใช้ในครัวเรือน ที่มีปริมาณของเสียปนเปื้อนน้ำน้อยกว่าร้านอาหารหรือสถานที่ชุมชน อาจใช้วงขอบคอนกรีตแทนถังดักสำเร็จรูปเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายได้เช่นกัน ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 แสดงวัสดุสำหรับติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย

ที่มา: http://www.dsproduct.com/septictank/ (2016)

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3.2	โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ (≤ 6 ลิตรต่อครั้ง)	1	-	1

จากการสำรวจพบสุขภัณฑ์ชักโครกในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นแบบชักโครกโบราณมีถังน้ำยกสูง มีสายโซ่ต่อลงมาเพื่อดึงเปิดวาล์วให้น้ำไหลลงมาทำความสะอาดโถสุขภัณฑ์ ดังภาพที่ 39 โถชักโครกสมัยก่อนจะใช้น้ำมากกว่า 6 ลิตรในการใช้แต่ละครั้ง ทำให้สิ้นเปลืองการใช้น้ำประปาหรือน้ำดีในปริมาณมาก สิ่งมีผลต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ การใช้สุขภัณฑ์ชักโครกประหยัดน้ำเป็นทางเลือกที่ช่วยลดการใช้น้ำโดยเกินความจำเป็น ประหยัดค่าใช้จ่าย และรักษาแหล่งน้ำให้เพียงพอแต่การอุปโภคบริโภคอื่นๆได้ ซึ่งปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ชักโครกประหยัดน้ำหลากหลายประเภทตามราคาที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์การประเมิน ในการพิจารณาตามตารางที่ 34

ภาพที่ 39 ภาพสุขภัณฑ์เดิมที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 32 ตัวอย่างประเภทชักโครกประหยัดน้ำรุ่นต่างๆ

ประเภท	รุ่น	ราคา
แบบสองจังหวะ Dual Flush 3 / 4.5 ลิตร	American Standard TF2793W	5,155
แบบสองจังหวะ Dual Flush 3 / 4.8 ลิตร	Kohler K-3869X-S-0	39,000
Single Flush 1 ลิตร	Marvel MUW-102	12,000

ประเภท	รุ่น	ราคา
Single Flush 1.5 ลิตร	Marvel MUW-103	18,000
Single Flush 4.2 ลิตร	Kohler K-5171X-C-0	25,800
Single Flush 6 ลิตร	Cotto C1470	6,130

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3	**ระบบสุขาภิบาล**			
3.3	ฝักบัวและก๊อกน้ำประหยัดน้ำ	1	-	1

ก๊อกน้ำปัจจุบันที่เป็นรุ่นประหยัดน้ำ มีการออกแบบปริมาณการไหลออกมาไม่เกิน 6.0 ลิตรใน 1 นาที ก๊อกฝักบัวปริมาณน้ำไหลไม่เกิน 7.0 ลิตรต่อนาที ที่แรงดันน้ำ 1 บาร์ และสามารถสังเกตเพิ่มเติมที่ฉลากรับรองอื่น ๆ เช่น ฉลากเขียว หรือเครื่องหมาย Eco รวมทั้งสัญลักษณ์พิเศษที่สื่อความหมายกลไกประหยัดน้ำของแต่ละรุ่น อีกวิธีในการประหยัดน้ำคือการติดตั้งหัวเพิ่มฟองอากาศ (Flow aerator) ซึ่งสามารถติดตั้งได้ทั้งหัวฝักบัวและก๊อกน้ำในห้องน้ำและห้องครัว ดังภาพที่ 40 และ 41

ภาพที่ 40 ตัวอย่างก๊อกน้ำรุ่น Cotto Eco Faucet ปริมาณไหลของน้ำ 3.7 ลิตรต่อนาที และ VRH รุ่น HFVSR-5000BO แบบมีฟิลเตอร์เพิ่มฟองอากาศ

ที่มา: http://www.scgbuildingmaterials.com (2016)

ภาพที่ 41 ภาพหัวเพิ่มฟองอากาศทั้งแบบฝักบัวและก๊อกน้ำ

ที่มา: http://www.greennio.com/pdf/watersave_en.pdf (2017)

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage
3	**ระบบสุขาภิบาล**			
3.4	ระบบกักเก็บน้ำฝน	1	1	1

พื้นที่บริเวณรอบอาคารกรณีศึกษามีลักษณะเป็นพื้นที่ต่ำกว่าถนนสาธารณะ ทำให้น้ำฝนไหลเข้าบริเวณบ้าน โครงสร้างอาคารเดิมได้ออกแบบให้มีพื้นที่ใต้ถุนอาคารยกสูงขึ้น 80 เซนติเมตรมีช่องและเป็นพื้นดิน จึงทำหน้าที่เสมือนบ่อหน่วงน้ำกันน้ำฝนไหลเข้ามาท่วมบริเวณรอบบ้าน นอกจากนี้การนำน้ำฝนที่ไหลจากรางน้ำฝนกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การรดน้ำต้นไม้ จะช่วยประหยัดน้ำประปาได้อีกทางหนึ่ง ตัวอย่างการนำถังน้ำรองน้ำฝนจากหลังคามาใช้ประโยชน์ดังภาพที่ 42

ภาพที่ 42 ตัวอย่างการออกแบบถังเก็บน้ำฝน เพื่อใช้ทดแทนน้ำประปาสำหรับอุปโภค

ที่มา: www.beachbrights.blogspot.com ,
https://www.pinterest.com/pin/636837203528069211/ (2016)

สรุปคะแนนการประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage สำหรับอาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง ดังตารางที่ 35 คะแนนประเมินจากแบบสถาปนิกบูรณะ 23.5 คะแนน และคะแนนประเมินจากเกณฑ์ Ecovillage 42 คะแนน สำหรับในหมวดเปลือกอาคารหมวดการป้องกันความร้อนจากหลังคา และจากผนัง หน้าต่างภายนอก ซึ่งเกณฑ์มีทางเลือกประเมินแบ่งเป็นแบบ A หรือ B สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้แบบประเมินแบบ A เนื่องจากมีการแบ่งแยกหัวข้อตามวัสดุแต่ละชนิด เข้าใจง่ายต่อการวิเคราะห์และคำนวณซับซ้อนน้อยกว่าแบบ B ซึ่งเป็นการคำนวณ OTTV แล RTTV ที่จำเป็นต้องมีผู้ที่เข้าใจวิธีคำนวณวัสดุโดยรวม หรือมีที่ปรึกษาคอยแนะนำ ทั้งนี้การประเมินแบบ A สถาปนิกหรือเจ้าหน้าที่โครงการสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์และศึกษาวิธีคำนวณค่าตามประเภทวัสดุได้สะดวก เพื่อเป็นทางเลือกในการพิจารณา อย่างไรก็ตามผลคะแนนหัวข้อเปลือกอาคารในเรื่องวัสดุก่อสร้างอาคารและวัสดุกันความร้อนเป็นส่วนที่ได้คะแนนน้อยที่สุด ในระยะก่อนปรับปรุงอาคารเนื่องจากโครงสร้างอาคารเดิมยังไม่มีการออกแบบให้คำนึงถึงการป้องกันความร้อนจากหลังคาและการใช้วัสดุที่มีสารพิษต่ำ ดังนั้นหลังการปรับปรุงเมื่อเพิ่มการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนและใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานเรื่องประหยัดพลังงานแล้วจึงสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้น 18.5 คะแนน ซึ่งได้คะแนนจากการปรับปรุง

ด้านการปรับปรุงเปลือกอาคาร การติดฉนวนกันความร้อนและใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่มีสารพิษต่ำ สำหรับงานระบบเป็นหมวดที่ทำให้ได้คะแนนเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปรับปรุงใช้วัสดุประหยัดน้ำ ประหยัดไฟฟ้า รวมถึงการใช้ถังบำบัดเพื่อช่วยบรรเทาภาระการบำบัดน้ำในพื้นที่สาธารณะส่วนกลาง และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 33 ผลคะแนนของเกณฑ์ Ecovillage ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

	งานอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินตามเกณฑ์ Ecovillage
1	**รูปทรงอาคาร**	**3**		
	สัดส่วนอาคาร (ตอ.-ตต. : เหนือ-ใต้ = 1.07-2.3)	1	-	-
	ทิศทางอาคารและการรับรังสีดวงอาทิตย์	1	**0.5**	**0.5**
	ทิศทางอาคารและการรับลม	1	**1**	**1**
2	**เปลือกอาคาร**	**34**		
	การป้องกันความร้อนจากหลังคา (เลือก A หรือ B)	5		
	A.0 ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนหลังคามากกว่า 1.3 m² ℃/W	บังคับ	-	ผ่าน
	A.1 หลังคาสองชั้น	1	-	-
	A.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนหลังคา (R-2.14-4.28 m² ℃/W)	3	-	2.5
	A.3 หลังคาสีโทนอ่อนลดการดูดกลืนรังสีอาทิตย์	1	0.5	1
	B.0 RTTV < 15 W/m²		N/A	N/A
	B. RTTV (5-10 W/m²)	5	N/A	N/A
	การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก (เลือก A หรือ B)	18		
	A.0 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) ไม่เกิน 50% และ SHGC รวมไม่เกิน 0.6	บังคับ	-	ผ่าน
	A.1 สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง (WWR) 30-40%	4	4	4
	A.2 การบังแดดพื้นที่หน้าต่าง SHGC รวม = 0.3-0.6	6	6	6
	A.3 กระจกที่มีการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-1.5-3.0 W/m² ℃)	3	-	-
	A.4 สีผิวภายนอกเป็นสีโทนอ่อน (50-75% ของพื้นที่ผนัง)	2	1	1
	A.5 Buffer zone (20-30% ของพื้นที่อาคาร)	1	0.5	0.5
	A.6 ห้องใช้งานกลางวันมีมวลอุณหภาพ (Thermal Mass) (50-75% ของด้านผนัง)	2	-	-
	B.0 OTTVh < 35 W/m² และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ไม่เกิน 0.5	บังคับ	N/A	N/A
	B. OTTVh (5-30 W/m²)	18	N/A	N/A
	ช่องแสงและช่องเปิดระบายอากาศ	11		
	ช่องระบายอากาศ 2 ด้าน (90% ของพื้นที่ใช้งานหลัก)	4	-	-
	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลัก (25-45% ของพื้นที่ใช้งานหลัก DF ≥ 2)	3	-	1.5
	แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลัก (50% ของพื้นที่มีช่องเปิดไม่น้อยกว่า 15%)	1	1	1
	หน้าต่างเปิดปิดได้ (50-75% ของหน้าต่างทั้งหมด)	2	2	2
	หลีกเลี่ยงหน้าต่างบานเกล็ดในห้องปรับอากาศ	1	1	1
	วัสดุก่อสร้างอาคาร	**6**		
	วัสดุก่อสร้างอาคารภายในประเทศ (10-20% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	1	1	1
	วัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน (5-10% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้าง)	2	-	2
	การใช้ไม้จากป่าปลูก	1	1	1
	ค่าสะท้อนแสงของกระจกภายนอกไม่เกิน 0.15	1	1	1
	สีและสารเคลือบผิวที่เป็นพิษต่ำ	1	-	1
รวมคะแนนหมวดงานอาคาร		**43**	**20.5**	**28**

ตารางที่ 34 ผลคะแนนของเกณฑ์ Ecovillage ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

	งานระบบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินตามเกณฑ์ Ecovillage
1	**ระบบปรับอากาศ**	**6**		
	ระบบปรับอากาศ (เลือก A หรือ B)	6		
	ใช้การระบายอากาศธรรมชาติทั้งหมด	6	-	-
	เครื่องปรับอากาศ EER ≥ 11 และสารทำความเย็นไม่มี CFC	บังคับ	ผ่าน	ผ่าน
	มีพื้นที่ไม่ปรับอากาศเกิน 60%	2	2	2
	ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (EER 13-17)	3	-	3
	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (25 ตร.ม./ตันความเย็น)	1	1	1
2	**ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**	**5**		
	ค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ (≥ 300 lux ห้องรับแขก/นั่งเล่น ห้องรับประทานอาหาร)	บังคับ	ผ่าน	ผ่าน
	เกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (<12 W/m²)	4	-	4
	ระบบควบคุมการส่องสว่าง	1	-	1
3	**ระบบสุขาภิบาล**	**3**		
	ระบบบำบัดน้ำเสีย บ่อดักขยะ และบ่อดักไขมัน	บังคับ	ผ่าน	ผ่าน
	โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ (≤ 6 ลิตรต่อครั้ง)	1	-	1
	ฝักบัวและก๊อกน้ำประหยัดน้ำ	1	-	1
	ระบบกักเก็บน้ำฝน	1	-	1
	รวมคะแนนหมวดงานระบบ	**14**	**3**	**14**
รวมคะแนนทั้งหมด		**57.00**	**23.5**	**42**

4.3 การวิเคราะห์กรณีอาคารศึกษาบ้านหัวลำโพงกับเกณฑ์ HQM

ในหมวด My homeหมวด My home ประกอบไปด้วย

1) ความสบายในอาคาร
2) การใช้พลังงาน
3) วัสดุก่อสร้าง
4) พื้นที่ใช้สอย
5) น้ำ

จากการวิเคราะห์เกณฑ์ HQM เพื่อนำมาใช้ประเมินอาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง พบว่าหมวด My home ที่เกี่ยวข้องกับอาคารพักอาศัย มีขั้นตอนตั้งแต่การตรวจสอบข้อมูลเอกสารตั้งแต่การจัดซื้อวัสดุ ใบรับรองผลิตภัณฑ์ จนถึงการติดตามผลค่าการใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบรายเดือนเพื่อทำรายงานวิเคราะห์ โดยใช้แบบและเครื่องมือประเมินเฉพาะของเกณฑ์ HQM ซึ่งมีความซับซ้อนและแบ่งการให้คะแนนเป็นหัวข้อย่อยมากมาย ซึ่งแต่ละเกณฑ์กำหนดโดยใช้มาตรฐานที่สอดคล้องกับสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองหนาว เช่น การสร้างความอบอุ่นในอาคาร โดยใช้ solar heat gain , การใช้เครื่องทำความร้อน จากวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษภายนอก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้สรุปการประเมินโดยเทียบกับเกณฑ์ Ecovillage ไว้เป็นหัวข้อดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.0	มลภาวะในอาคาร (Indoor pollutants)	10	-	4

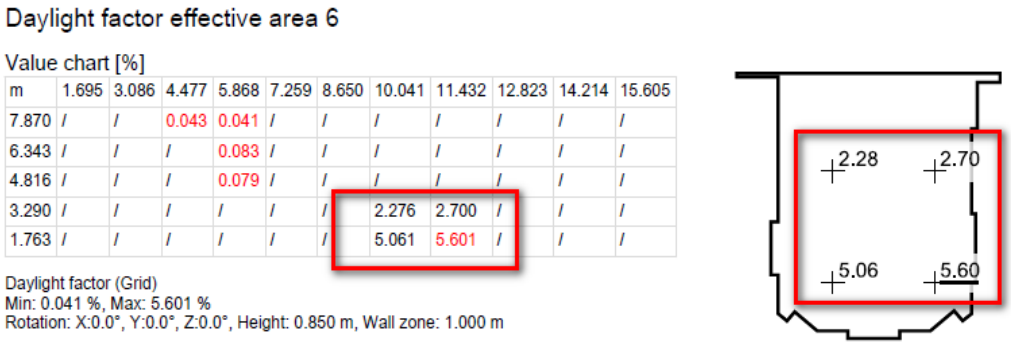
หัวข้อนี้สอดคล้องกับเกณฑ์ Ecovillage ในเรื่องการเลือกวัสดุก่อสร้างอาคาร เรื่องการใช้สีและสารเคลือบผิวที่เป็นพิษต่ำ ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างเครื่องหมายผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากสาร VOCs แล้วยังมีสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ควรหลีกเลี่ยง เกณฑ์ได้กำหนดวิธีการวัดค่าอากาศภายในบ้านหลังจากเสร็จสิ้นการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบปริมาณสารพิษไม่ให้เกินกำหนดและเกิดผลต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัย อนึ่งสารทั้ง 2 ชนิดมักพบในวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างหรือตกแต่งอาคาร รวมถึงสารเคลือบเครื่องเรือน เครื่องใช้ภายในบ้าน รวมถึงกาวที่ใช้สำหรับติดแผ่นไม้อัดหรือไฟเบอร์บอร์ดสำหรับทำเฟอร์นิเจอร์ สีทาบ้าน ทินเนอร์ น้ำยาฟอกสี สารทำความสะอาด หากได้รับสารสะสมเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เป็นมะเร็งได้ การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมายสัญลักษณ์ฉลากเขียว หรือไร้สารพิษ ตัวอย่างเช่น สีทาภายใน Supershield Oxygen Plus มีการรับรองมาตรฐานฉลากเขียวจากประเทศสิงคโปร์ว่าปลอดสารระเหย Zero VOC. และมีเทคโนโลยี Air Detoxify ช่วยกำจัดสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ, สีเคลือบไม้ Nippon Paint Timbershade, สี TOA Woodstain ปลอดสารตะกั่วและปรอท และได้มาตรฐาน EN71 จากยุโรป เป็นต้น

ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา: http://www.homecraft-thailand.com (2016)

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.1	การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight) กำหนดให้มีค่า Daylight factor (DF) ไม่ต่ำกว่า1.5% ● แสงในพื้นที่ห้องครัว (4 คะแนน) ● ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน (4 คะแนน) ● พื้นที่มีช่องแสง (View of sky) (2 คะแนน)	16	-	6

เกณฑ์ HQM กำหนดให้ห้องใช้สอยหลัก ประกอบด้วย ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน ห้องรับประทานอาหารมีแสงธรรมชาติ (Daylight factor) ค่าไม่ต่ำกว่า 1.5% ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ Ecovillage ในหัวข้อ 2.3.2 กำหนดให้มีแสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานหลักเพื่อช่วยลดพลังงานจากแสงประดิษฐ์ ซึ่งแบบบ้านดั้งเดิมของบ้านหัวลำโพงมีลักษณะเป็นหน้าต่างบานเกล็ดไม้ สามารถเปิดได้ทั้งแบบผลักและแบบกระทุ้งรับแสงได้ตามต้องการจึงได้ความสว่างแสงภายนอกตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ HQM ยังมีประโยชน์ด้านสุขภาพของผู้ใช้อาคารโดยเฉพาะผู้สูงอายุ มีประโยชน์ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งมีผลช่วยปรับเรื่องด้านอารมณ์และภาวะซึมเศร้า จากผลการจำลองค่า DF ห้องรับประทานอาหารและห้องทำงานซึ่งมีขนาดและช่องเปิดแบบเดียวกัน ทิศทางเดียวกัน ค่า Daylight factor สูงกว่า 1.5% จึงได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ตัวอย่างผลการจำลองค่าแสงธรรมชาติ (DF) ในห้องรับประทานอาหาร

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.2	เสียงภายในและนอกอาคาร (Internal and External Noise)	4	2	2

อาคารกรณีศึกษาอยู่ในเขตใจกลางเมืองซึ่งมีเสียงจากชุมชนใกล้เคียง และเสียงยานพาหนะ อาคารชั้น 1 เป็นผนังก่ออิฐถือปูนหนา 24 เซนติเมตรจะช่วยเป็นฉนวนในการดูดซับเสียงภายนอกและในอาคารได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากชั้น 2 เป็นผนังไม้โครงเคร่าไม่ติดแผ่นยิปซั่มหรือฉนวนทำให้กันเสียงภายนอกได้น้อยกว่าผนัง Wall baring บริเวณชั้น 1 ซึ่งหากติดตั้งฉนวนหรือแผ่นยิปซั่มเพิ่มจะสิ้นเปลืองงบประมาณในการบูรณะ ดังนั้นจึงได้คะแนนครึ่งหนึ่งจากคะแนนเต็ม

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.3	การป้องกันเสียง (Sound Insulation)	8	4	4

ได้คะแนนตามเกณฑ์เหมือนข้อ 1.2

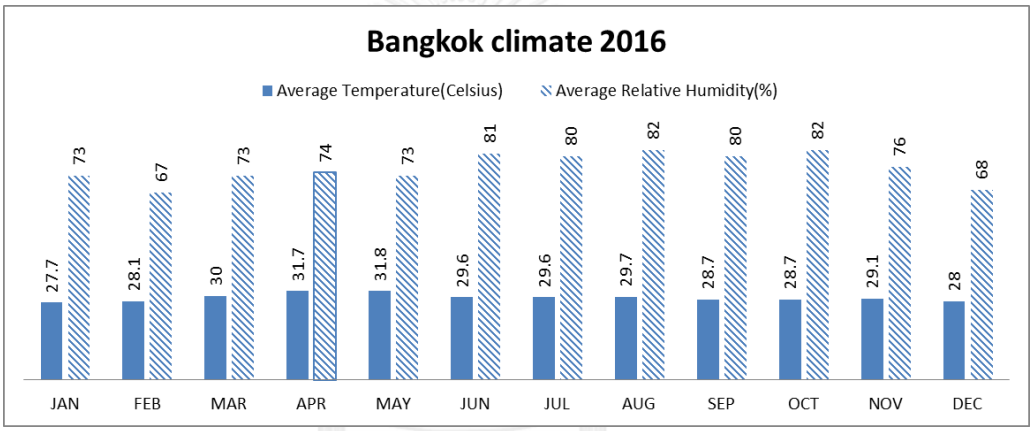
หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.4	อุณหภูมิ (Temperature)	20	8	12

อุณหภูมิภายในบ้านมีส่วนสำคัญต่อสุขภาพที่ดีและสภาวะน่าสบายสำหรับผู้อยู่อาศัย HQM ได้กำหนดอุณหภูมิที่เหมาะสมในอาคารพักอาศัยไม่ควรเกิน 22 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาข้อมูลอาคารตาม National Building Specification (NBS) ในหัวข้อต่อไปนี้

1. Preparatory systems
2. Wall and barrier systems
3. Roof, floor and paving systems
4. Damp-proofing, waterproofing and plaster finishing systems
5. Signage, fittings, furnishings and equipment (FF&E) and general finishing systems
6. Flora and fauna systems (e.g. living roof systems)
7. Disposal systems (e.g. SuDS)
8. Piped supply systems
9. Heating, cooling and refrigeration systems
10. Ventilation and air-conditioning systems
11. Electrical systems
12. Communications, security, safety, control and protection systems.

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกณฑ์ HQM พัฒนาใช้ในประเทศแถบยุโรปซึ่งอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าประเทศไทย จากแผนภูมิที่ 10 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในประเทศไทยปี 2016 อยู่ที่ 29.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการประเมินจึงวิเคราะห์ที่รูปแบบวิธีแก้ หากมีการออกแบบอาคารและวัสดุประกอบอาคารในการลดอุณหภูมิความร้อนด้วยวิธีการออกแบบทั้ง Passive Design และลดการใช้เครื่องปรับอากาศจะสามารถได้คะแนนในส่วนที่ช่วยลดผลกระทบสภาวะโลกร้อน ซึ่งเมื่อพิจารณาการ

ออกแบบเดิมของบ้านหัวลำโพงพบว่าผนังแบบ Wall baring จะช่วยกักเก็บความร้อนจากภายนอกในตอนกลางวัน หน้าต่างบานเปิดในอาคารเป็นแบบบานเกล็ดลูกฟักไม้ ซึ่งช่วยกันแสงแดดและเปิดรับลมได้ทั้งแบบบานผลักและบานกระทุ้ง จึงได้คะแนนในส่วนนี้ 8 คะแนนจากหัวข้อ 02B Comprehensive route Predicted climate change environment นอกจากนี้ได้เสนอให้มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน ซึ่งช่วยลดภาระทำความเย็นจากการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ อย่างไรก็ตามหลักการ HQM ข้อนี้ต้องการข้อมูลในการพิจารณาหาปัจจัยการเกิดความร้อน overheated ในอาคารพักอาศัย เพื่อหาสาเหตุและแก้ไขเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมถึงตรวจสอบแผนงานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในบ้าน (พัดลม เครื่องปรับอากาศ) ซึ่งจะเป็นการติดตามผลหลังงานมีการบูรณะแล้วเสร็จ

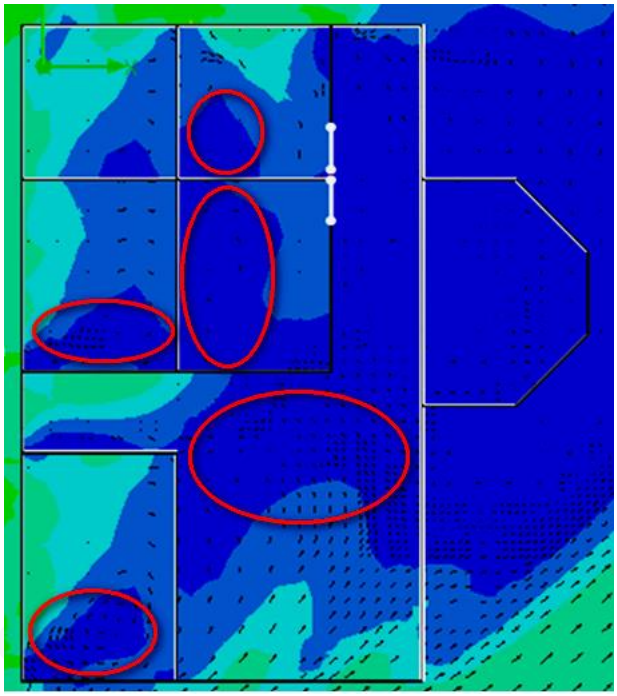


แผนภูมิที่ 10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์รายเดือน ในกรุงเทพมหานครปี ค.ศ. 2016

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
1.5	การระบายอากาศ (Ventilation)	12	-	-

เกณฑ์ข้อนี้กำหนดให้มีการวัดค่าการระบายอากาศบริสุทธิ์ภายในห้องใช้สอยหลัก เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษและความชื้นภายในอาคารซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยและตรวจสอบข้อมูลการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศทั้งแบบทำความร้อนและทำความเย็น เนื่องจากอาคารกรณีศึกษายังอยู่ในขั้นตอนซ่อมแซมอาคาร ซึ่งจากการวัดอัตราความเร็วลมเฉลี่ยภายนอกและภายในสถานที่จริงของบ้านหัวลำโพงพบว่า อัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่ำเพียง 0.3-0.75 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอากาศโดยรอบเฉลี่ย 32 องศา ซึ่งเทียบกับข้อมูลสภาวะน่าสบายของงานวิจัยต่างๆพบว่ายังต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งมีหลายปัจจัยหลักเช่น อุปกรณ์วัสดุก่อสร้างบดบังทางลม และอาคารก่อสร้าง

โดยรอบในปัจจุบันปลูกสร้างเบียดเสียด ทำให้พื้นที่การระบายอากาศในเขตที่พักอาศัยไม่ได้ลมธรรมชาติอย่างเต็มที่ หลังจากนำข้อมูลมาวิเคราะห์และใช้ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมในกรุงเทพมหานครช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (2554-2558) ค่าลมเฉลี่ยที่ 1.5 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อทดสอบความเร็วลมจากภายนอก มีผลกับขนาดและจำนวนช่องเปิดในบ้านหัวลำโพง ถึงแม้ค่าความเร็วลมโดยรวมเฉลี่ยที่ 0.9 เมตรต่อวินาที ซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบาย คือ 1.00-1.50 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 32.5-34.0 แต่ยังพบว่ามีมุมอับลมอยู่ในทุกห้อง ดังภาพที่ 45 ซึ่งควรใช้พัดลมเพดาน หรือเครื่องปรับอากาศแบบประหยัดไฟ เพื่อช่วยเพิ่มความเย็นให้กับผู้อยู่อาศัย



ภาพที่ 45 ผลจำลองโปรแกรม CFD แสดงจุดอับลมในพื้นที่ใช้สอยหลักแต่ละห้อง (วงสีแดง)

หัวข้อ	การใช้พลังงาน	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
2.0	มูลค่าการใช้พลังงาน (Energy and Cost)	62	-	-

เกณฑ์ HQM ได้กำหนดการตรวจสอบค่าใช้พลังงานภายในครัวเรือน และติดตามผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองจากการใช้ไฟฟ้า โดยมีการคิดค่าอัตราส่วน Home energy performance ratio (HEPR) ที่กำหนดขึ้นและต้องใช้ HQM energy tool ในการคำนวณซึ่งเสีย

ค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้จัดทำตารางคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารกรณีศึกษา สรุปไว้ในบทที่ 5 เพื่อแสดงภาพรวมของการลงทุนการใช้วัสดุประหยัดพลังงาน

หัวข้อ	การใช้พลังงาน	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
2.1	การแบ่งกระจายพลังงาน (Decentralised Energy)	10	-	-

การแบ่งกระจายพลังงาน เป็นการพัฒนาพื้นที่ในชุมชนลักษณะโครงการบ้านจัดสรร เพื่อสร้างศูนย์เพื่อเป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทนซึ่งคำนึงถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและขนส่ง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นลักษณะบ้านเดี่ยว จึงไม่มีการประเมินในหัวข้อนี้

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
2.2	ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ (Impact on Local Air Quality)	11	11	11

หัวข้อนี้เกี่ยวกับการให้คะแนนเรื่องการใช้เครื่องทำความร้อนและเครื่องทำน้ำอุ่นหากใช้พลังงานไฟฟ้า จะมีผลกระทบน้อยที่สุดต่อคุณภาพอากาศ เมื่อเทียบกับพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซธรรมชาติ น้ำมันและวัสดุชีวมวล อีกทั้งช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยเฉพาะอากาศบริสุทธิ์ที่ใช้หายใจ ซึ่งในประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก จึงสามารถได้คะแนนตามเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อ	วัสดุก่อสร้าง	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
3.0	ความรับผิดชอบในการจัดหาผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่มีคุณภาพ (Responsible sourcing of construction products)	31	-	-

การสนับสนุนให้เจ้าของ และผู้รับผิดชอบโครงการ ตระหนักถึงความสำคัญของนโยบายในการจัดซื้อ จัดหาผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โปร่งใส ตรวจสอบได้โดยการประเมินมีการแบ่งประเภทวัสดุก่อสร้าง และจำนวนจัดซื้อและใบรับรอง รวมถึงวัสดุแปรรูปทั้งจากธรรมชาติมีเอกสารยืนยันที่มาถูกต้องตามกฎหมาย และสามารถเผยแพร่รายละเอียดในเอกสารสัญญา ซึ่งการกำหนดนโยบายและ

ขั้นตอนจัดซื้อส่วนใหญ่เป็นลักษณะโครงการพักอาศัยขนาดใหญ่ สำหรับอาคารกรณีศึกษาที่เป็นอาคารบูรณะแบบบ้านเดี่ยว เป็นโครงการขนาดเล็กจึงยังไม่มีการดำเนินขั้นตอนแบบดังกล่าว

> **Responsible sourcing of construction products assessment**
> To determine the number of credits achieved for crit 5 on the previous page, either the foundation route, intermediate route or comprehensive route must be followed (see Definitions on page 110 for more information on the different routes). The responsible sourcing score is calculated at the whole building level. This means that a separate calculation is required for each building to determine the responsible sourcing score and associated credits. Where the building comprises more than one home (e.g. semi-detached, clustered, terrace and apartments) specific calculations are not required for each home – the building's score and credit award is used for each home in the building.

หัวข้อ	วัสดุก่อสร้าง	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
3.1	การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact from Construction Products)	31	-	3

หัวข้อนี้เกี่ยวข้องกับวัฏจักรการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอสังหาริมทรัพย์ เริ่มตั้งแต่การใช้วัสดุก่อสร้าง การก่อสร้างอาคารจนถึงการใช้อาคารจนถูกรื้อถอน ดังนั้นการเริ่มต้นด้วยการใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการรับรอง EPD มาตรฐาน ISO 14025, ISO 21930 หรือ EN 15804 จึงเป็นเรื่องที่ควรพิจารณาตั้งแต่การออกแบบอาคาร อย่างไรก็ตามสำหรับวัสดุก่อสร้าง เช่น สีทาบ้าน น้ำยาเคลือบเนื้อไม้ ปูน เหล็ก ฉนวน วัสดุพื้นผิวและอื่นๆ ทางสถาปนิกโครงการบ้านหัวลำโพงยังไม่มีการพิจารณาใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอรายละเอียดชนิดวัสดุและเปรียบเทียบราคาให้เจ้าของอาคารและผู้รับผิดชอบโครงการ (ดูตารางชนิดวัสดุและราคาได้ที่ภาคผนวก) ซึ่งหากมีการประยุกต์เกณฑ์ HQM มาใช้ในประเทศไทยและผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยที่มีสัญลักษณ์ ที่ได้มาตรฐานเช่นเดียวกับ EPD ดังภาพที่ 46 ซึ่งอาจสามารถช่วยได้คะแนนในหัวข้อนี้

ภาพที่ 46 (ซ้าย) สัญลักษณ์ EPD ของประเทศอังกฤษ
(ขวา) สัญลักษณ์ฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของไทย

หัวข้อ	วัสดุก่อสร้าง	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
3.2	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Costing of Construction Products)	18	-	-

การหาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และการประสานงานในการจัดหาวัสดุที่เหมาะสมจัดอยู่ในหมวดการบริหารซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตการวิจัย

หัวข้อ	วัสดุก่อสร้าง	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
3.3	ความคงทนของผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง (Durability of Construction Products)	10	-	-

การให้ความสำคัญเรื่องคุณภาพและความคงทนของผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง นอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมวัสดุประกอบอาคารในระยะยาวแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดความเสียหายของโครงสร้างอาคารที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้พักอาศัยอีกด้วย ซึ่งหัวข้อนี้ให้ความสำคัญกับการก่อสร้างอาคารใหม่ ที่ควรมีการคำนึงถึงวัสดุที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ ภูมิประเทศ และภาวะโลกร้อน ซึ่งอาจทำให้วัสดุบางชนิดเสื่อมสภาพเร็ว หรืออาจไม่เหมาะสมกับอุณหภูมิบางพื้นที่ เช่น พื้นที่ใกล้ทะเลที่มีไอเค็ม ควรหลีกเลี่ยงวัสดุก่อสร้างที่มีสังกะสีเป็นส่วนประกอบ อย่างไรก็ตาม สำหรับบ้านหัวลำโพง ซึ่งเป็นอาคารที่ก่อสร้างมานานเน้นการใช้วัสดุดั้งเดิมที่มีอยู่มาปรับปรุงซ่อมแซมวัสดุเป็นส่วนใหญ่ จึงไม่อยู่ในขอบเขตการประเมินข้อนี้

หัวข้อ	พื้นที่ใช้สอย	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
4.0	พื้นที่ตากเสื้อผ้า (Drying Space)	3	3	3

เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศของไทยเป็นแบบร้อนชื้น อุณหภูมิสูง และเมฆน้อยโดยเฉพาะ

หน้าหนาวและหน้าร้อน ดังนั้นอาคารส่วนใหญ่จึงมีบริเวณชานหรือระเบียงเพื่อตากเสื้อผ้า จึงไม่ต้องใช้เครื่องอบผ้าเหมือนประเทศแถบตะวันตกที่มีการกำหนดส่วนพื้นที่แห้งในที่พัก เพื่อใช้แสงและความร้อนจากดวงอาทิตย์ช่วยทำให้ผ้าแห้ง และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

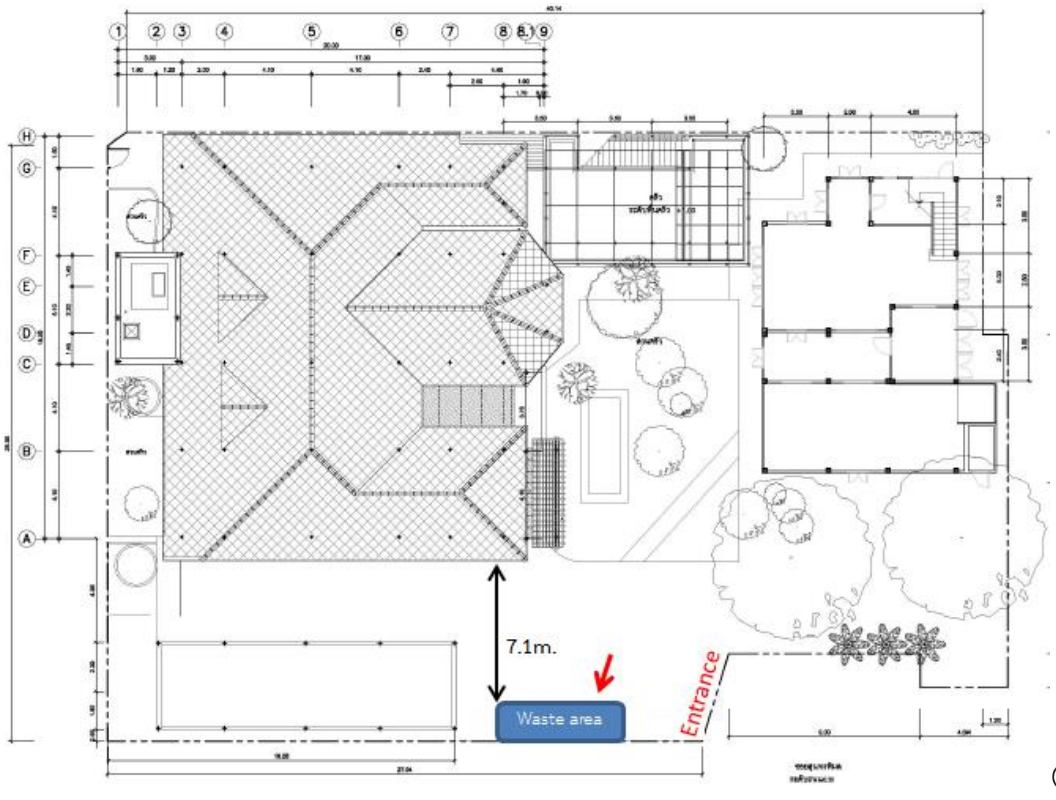
หัวข้อ	พื้นที่ใช้สอย	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
4.1	การจัดสรรพื้นที่ใช้สอย (Access and Space)	10	10	10

เกณฑ์กำหนดให้มีการออกแบบที่พักอาศัย ที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบตามความเหมาะสม หรือเพิ่มพื้นที่สำหรับสมาชิกในบ้านได้ โดยไม่ต้องต่อเติมอาคารหรือย้ายที่อยู่ใหม่ ซึ่งอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารอนุรักษ์ที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาดใหญ่และมีการแบ่งห้องเป็นสัดส่วน หากมีสมาชิกเพิ่มหรือต้องการเปลี่ยนห้องใช้สอย สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องต่อเติมอาคารเพิ่มเติม

หัวข้อ	พื้นที่ใช้สอย	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
4.2	การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Recyclable Waste)	10	-	8

Chulalongkorn University

การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่มีหลายวิธี ในความหมายของการประเมินข้อนี้คือการแยกขยะที่มาจากการอุปโภคบริโภคภายในที่พักอาศัย โดยพิจารณาขนาดถังจากจำนวนห้องนอนของผู้พักอาศัยในอาคาร สำหรับบ้านหัวลำโพง มีห้องนอนมากกว่า 3 ห้องขึ้นไป อยู่ในข้อกำหนดที่ต้องจัดถังขยะส่วนกลางขนาด 40 ลิตร ควรวางอยู่ในบริเวณห่างจากตัวบ้านไม่เกิน 50 เมตรและไม่กีดขวางทางสัญจร สะดวกในการทำความสะอาดและจัดเก็บ ซึ่งจากการสำรวจพบว่าบริเวณทางเข้าบ้านดังภาพที่ 46 สามารถจัดสรรเป็นพื้นที่จัดวางถังแยกขยะแต่ละประเภทได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการแยกขยะออกเป็น 4 ประเภทหลักดังภาพที่ 47 และ 48



ภาพที่ 47 ผังพื้นที่บริเวณบ้านและจุดวางถังขยะแยกประเภท

ภาพที่ 48 ถังขยะแยกประเภทขนาด 40 ลิตร

ที่มา https://f.ptcdn.info/351/045/000/oc8y4n5sskxKOo1m1vA-o.png

หัวข้อ	การอนุรักษ์น้ำ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินจากเกณฑ์ HQM
5.0	Water Efficiency ประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ	**10**	**-**	**8**

การใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ และการนำน้ำฝนกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์จะเป็นการบริหารจัดการน้ำใช้ครัวเรือนให้ใช้งานได้เกิดประโยชน์ หลักการประเมินจะให้คะแนนสำหรับการใช้สุขภัณฑ์ที่ช่วยลดการใช้น้ำดีน้อยกว่า 110 ลิตรต่อคน ใน 1 วัน หรือใช้ Greywater หรือน้ำฝนสำหรับโถสุขภัณฑ์ การติดตั้งก๊อกน้ำ และโถประหยัดน้ำเป็นหัวข้อที่ผู้วิจัยเสนอต่อเจ้าของโครงการโดยข้อมูลที่แนะนำประกอบด้วยโถสุขภัณฑ์ใช้น้ำ 3.5 ลิตร และก๊อกน้ำแบบประหยัดที่มีปริมาณไหลของน้ำ 3.7 ลิตรต่อนาที ซึ่งช่วยลดการใช้น้ำในครัวเรือนจากเฉลี่ยวันละ 200 ลิตรต่อคน เหลือเพียงไม่เกิน 100 ลิตรต่อคน โดยประมาณ (โถสุขภัณฑ์เดิม 15-22 ลิตร / ก๊อกน้ำ 9 ลิตรต่อนาที)

ตารางที่ 35 ประเภทอุปกรณ์ใช้น้ำและเกณฑ์การประเมิน HQM

Water fitting	Building regulations Part G2 optional fittings standard	Advanced fittings standard
WCs	≤ 4/2.6 litres dual flush	4/2 litres dual flush (maximum 3 litres effective flushing volume)
Showers	≤ 8L/min	≤ 6L/min
Baths	≤ 170 litres	≤ 170 litres
Basin taps	≤ 5L/min	≤ 5L/min
Kitchen sink taps	≤ 6L/min	≤ 6L/min
Dishwashers	≤ 1.25L/place setting	≤ 1.25L/place setting
Washing machines	≤ 8.17L/kilogram	≤ 8.17L/kilogram

นอกจากนี้การบำบัดน้ำในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งได้แนะนำให้ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย และบ่อดักขยะ ไขมันจะช่วยให้ลดภาระการบำบัดน้ำเสียของท่อสาธารณะส่วนกลางได้ เป็นการช่วยเหลือสิ่งแวดล้อมตามเจตนารมณ์ของเจ้าของอาคาร

ตารางที่ 36 ผลคะแนนของเกณฑ์ Home Quality Mark ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM
1.0	Indoor pollutants มลภาวะในอาคาร	10	-	4
1.1	Daylight การใช้แสงธรรมชาติ	16	6	6
1.2	Internal and External Noise เสียงภายในและนอกอาคาร	4	2	2
1.3	Sound Insulation วัสดุดูดซับเสียง	8	4	4

ตารางที่ 37 ผลคะแนนเกณฑ์ Home Quality Mark ก่อนและหลังปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

หัวข้อ	ความสบายในอาคาร	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก	คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM
1.4	Temperature อุณหภูมิ	20	8	12
1.5	Ventilation การระบายอากาศ (CFD)	12	-	-
	รวมคะแนนหมวดความสบายในอาคาร	**70**	**20**	**28**
หัวข้อ	**การใช้พลังงาน**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก**	**คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM**
2.0	Energy and Cost มูลค่าการใช้พลังงาน (DOE)	62	-	-
2.1	Decentralised Energy การแบ่งกระจายพลังงาน	10	-	-
2.2	Impact on Local Air Quality ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ	11	-	11
	รวมคะแนนหมวดการใช้พลังงาน	**83**	**0**	**11**
หัวข้อ	**วัสดุก่อสร้าง**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก**	**คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM**
3.0	Responsible sourcing of construction products ความรับผิดชอบในการจัดหาผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่มีคุณภาพ	31	-	-
3.1	Environmental Impact from Construction Products การคัดสรรผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	31	-	3
3.2	Life Cycle Costing of Constructuion Products วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	18	-	-
3.3	Durability of Construction Products ความคงทนของผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง	10	-	-
	รวมคะแนนหมวดวัสดุก่อสร้าง	**90**	**0**	**3**
หัวข้อ	**พื้นที่ใช้สอย**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก**	**คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM**
4.0	Drying Space พื้นที่ตากเสื้อผ้า	**3**	3	3
4.1	Access and Space การจัดสรรพื้นที่ใช้สอย	10	10	10
4.2	Recyclable Waste การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่	10	-	8
	รวมคะแนนหมวดพื้นที่ใช้สอย	**23**	**13**	**21**
หัวข้อ	**น้ำ**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนประเมินจากแบบบูรณะโดยสถาปนิก**	**คะแนนประเมินตามเกณฑ์ HQM**
5.0	Water Efficiency ประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ	**10**	-	8
	รวมคะแนนหมวดน้ำ	**10**	**0**	**37**
รวมคะแนนทั้งหมด		**276**	**33**	**72**

สรุปคะแนนการประเมินจากเกณฑ์ Home Quality Mark สำหรับอาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง อาคารเดิมมีการออกแบบที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในประเทศไทย ลักษณะเด่นคืออาคารชั้น 1 เป็นผนังคอนกรีตหนาสามารถหน่วงความร้อนในเวลากลางวันได้ และเป็นเสมือนฉนวนกันความร้อนและกันเสียงรบกวนได้เช่นกัน ส่วนหน้าต่างบานเกล็ดไม้ที่มีรอบอาคารใช้ประโยชน์ได้ทั้งบังแสงแดด และฝน เป็นบานเปิดที่ดักลมเข้าตามทิศทางได้ ซึ่งข้อดีที่มีอยู่เดิมทำให้ทางสถาปนิกไม่

จำเป็นต้องรับปรุงการออกแบบเปลือกอาคารเพิ่มเติม ซึ่งเน้นไปที่การบูรณะซ่อมแซมสิ่งที่มีอยู่ และแก้ไขเรื่องงานระบบ และเปลี่ยนทดแทนวัสดุที่ชำรุดเสียหาย ดังนั้นหัวข้อที่สามารถทำคะแนนเพิ่มได้ คือ การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ เช่น สีทาบ้าน สีย้อมไม้ สุขภัณฑ์ และหลอดไฟประหยัดพลังงาน รวมถึงเรื่องสุขาภิบาลที่อาคารอนุรักษ์จำเป็นต้องมีการวางระบบให้เหมาะสมเพื่อการใช้งานระยะยาว ส่วนหมวดการใช้พลังงานทำคะแนนได้น้อยเนื่องจากการประเมินมีความซับซ้อนและต้องใช้โปรแกรมเฉพาะของ HQM ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปการวิจัย

5.1 การสำรวจอาคาร

อาคารกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง ก่อสร้างในปี พ.ศ.2447 ซึ่งมีอายุครบ 113 ปี ในปี 2560 นี้ อาคารเป็นสถาปัตยกรรมประยุกต์แบบตะวันตก ด้านหน้าหันทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นอาคารสูง 2 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นโครงสร้างก่ออิฐแบบผนังรับน้ำหนัก หนา 24 เซนติเมตร ซึ่งจากการสำรวจอาคารอื่นที่ก่อสร้างในสมัยรัชกาลที่ 5 ที่มีลักษณะผนังรับน้ำหนัก เช่น บ้านเลขที่ 1 ตรอกกัปตันบุช และวังบ้านดอกไม้ พบว่ามีความหนาของผนัง 30-40 เซนติเมตร ใช้เป็นตัวหน่วงความร้อนในเวลากลางวันได้ดี ชั้นที่ 2 เป็นโครงสร้างไม้ โครงคร่าวไม้เนื้อแข็ง หลังคาทรงปั้นหยามุงกระเบื้องว่าวคอนกรีต มีระเบียงด้านหน้าและด้านหลัง ลักษณะเด่นของอาคารนอกจากเป็นการผสมผสานระหว่างอาคารครึ่งปูนครึ่งไม้ คือ ชั้นล่างเป็นโครงสร้างแบบก่ออิฐถือปูนเป็นผนังหนารับน้ำหนัก ส่วนชั้นบนเป็นโครงสร้างไม้ และมีหน้ามุขโถง 6 เหลี่ยมบริเวณด้านหน้าอาคาร สำหรับพื้นที่ใช้สอยทั้ง 2 ชั้นยังมีลักษณะเป็นฝ้าเพดานสูง 4.0 เมตร บริเวณผนังชั้น 2 ด้านบนมีช่องลมทำด้วยระแนงไม้รอบอาคาร ทำให้อากาศถ่ายเทได้ดี บานเปิดมีลักษณะหลายประเภททั้งแบบบานเกล็ดไม้ ลูกฟักไม้ และลูกฟักกระจก พื้นที่ใช้สอยอาคารโดยรวม 583.3 ตารางเมตร

อาคารหลังนี้มีแผนการบูรณะ ซึ่งทางเจ้าของอาคารกำหนดให้ ห้องนอนหลัก 3 ห้องนอนติดเครื่องปรับอากาศ จึงแบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 75.44 ตารางเมตร และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 507.86 ตารางเมตร การใช้งานอาคารจะเป็นช่วงเย็นและกลางคืน ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ช่วงเวลา 17.00-6.00 น. เหมือนกันทุกวัน สำหรับพื้นที่กระจกในอาคารคิดเป็น 10% จากพื้นที่ผนังทั้งหมด หน้าต่างในอาคารกรณีศึกษาส่วนใหญ่เป็นบานเปิดแบบมีลูกฟักและเกล็ดไม้ ซึ่งมีประโยชน์ทั้งเปิดรับลม และแสงธรรมชาติ อีกทั้งเป็นแผงบังแดดให้อาคารได้อีกด้วย

5.2 แนวทางการปรับปรุงอาคาร

บ้านเก่าที่ชำรุดทรุดโทรมเป็นเวลานาน จำเป็นต้องทำการสำรวจอย่างละเอียด เพื่อวิเคราะห์สภาพอาคารและพิจารณาด้วยขั้นตอนการอนุรักษ์ที่ถูกต้อง จากสถาปนิกและช่างที่มีประสบการณ์สำหรับกรณีศึกษาบ้านหัวลำโพง ซึ่งเป็นอาคารเก่าเป็นอายุมากกว่าร้อยปี แม้ว่าจะไม่มีการใช้งานอาคารเป็นเวลานานแต่เมื่อทำจากสำรวจวิจัยพบว่าวัสดุประกอบอาคารเดิมส่วนใหญ่ยังมีสภาพแข็งแรง สามารถซ่อมแซมบูรณะให้กลับมาใช้อาคารได้อีกครั้ง โดยมีแนวทางการปรับปรุงแบ่งออกเป็น 4 แนวทาง ดังต่อไปนี้

5.2.1 แนวทางการปรับปรุงอาคารด้านการระบายอากาศ

ด้านการระบายอากาศในอาคาร จากการวัดกระแสลมที่อาคารกรณีศึกษา และจากการจำลองด้วยโปรแกรม CFD เฉพาะห้องนอนหลักทั้ง 3 ห้อง พบว่ากระแสลมทางทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้าทางช่องเปิดในอาคารมีอัตราการไหลสูงกว่าทิศทางอื่น และสามารถเพิ่มอัตราความเร็วลมเมื่อมีช่องเปิดที่อยู่ตรงข้ามกัน ห้องนอนใหญ่บริเวณชั้นที่ 1 มีอัตราการระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติสูงกว่าห้องนอนบริเวณชั้นที่ 2 เนื่องจากลักษณะบานเปิดที่มีทั้ง 4 ด้านและอยู่ตรงข้ามกัน จึงควรเปิดหน้าต่างระบายอากาศไว้เพื่อระบายอากาศและลดการสะสมความร้อนในผนัง หน้าต่างของบ้านหัวลำโพงที่เป็นหน้าต่างลูกฟักบานเกล็ดไม้ ที่สามารถเปิดได้ทั้งแบบบานผลักและบานกระทุ้งเป็นการออกแบบที่ถูกต้องเหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศไทย เพราะมีประโยชน์ใช้เสมือนแผงบังแดด สามารถกันฝน และยังเปิดรับลมได้ อย่างไรก็ตามการใช้หน้าต่างแบบบานผลัก ควรคำนึงถึงทิศทางลมเนื่องจากเมื่อเปิดหน้าต่างออก บานเปิดจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ดักลมเข้าสู่ตัวอาคารได้เช่นกัน

การใช้ระบบปรับอากาศเพื่อช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายให้ผู้ใช้อาคารควรคำนึงถึงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับขนาดห้อง และตรวจสอบรอยรั่วซึมของวัสดุเปลือกอาคารและทำการแก้ไข โดยเฉพาะผนังไม้ที่มีการยืดหยุ่นของเนื้อไม้แต่ในละฤดูต่างกัน ดังนั้นรอยรั่วซึมจากการยืดหดตัวของผนังไม้ในแต่ละฤดูกาล จึงเป็นเรื่องที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบกับการใช้เครื่องปรับอากาศด้วย (พันธุดา พุฒิไพโรจน์, 2560) ในกรณีที่อาคารติดฉนวนหลังคาจะช่วยลดความร้อนจากหลังคา และทำหน้าที่เสมือนตัวอุดรอยรั่วของฝ้าไม้เพดานให้ดียิ่งขึ้น (คำรณ สุทธิ, 2554) การติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคารโครงสร้างผนังและพื้นไม้ควรคำนึงถึงเสียงรบกวนจากคอมเพรสเซอร์และความแข็งแรงของพื้นหรือผนัง ควรมีการตรวจสอบโครงสร้างเสาและคานไม้ว่าไม่อยู่ในสภาพชำรุดหรือทำแผ่นไม้ซ้อน และเสริมโครงเหล็กยึดแผ่นเหล็กของเครื่องปรับอากาศเพื่อความมั่นคงก่อนติดตั้ง

5.2.2 แนวทางการปรับปรุงด้านการป้องกันความร้อน

จากการศึกษาโครงสร้างอาคารบ้านหัวลำโพงเดิม พบว่าวัสดุประกอบอาคารได้ถูกออกแบบเหมาะสมกับสภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร ดังเช่น พื้นที่ชั้น 1 เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบรับน้ำหนักและเพดานสูง 4 เมตร จึงสามารถหน่วงความร้อนจากภายนอกได้เป็นเวลานานแต่กลางคืนจะเริ่มปล่อยความร้อนที่สะสมไว้ออก จึงควรเปิดหน้าต่างถ่ายเทอากาศช่วยระบายความร้อน พื้นที่ชั้น 2 เป็นผนังไม้หากมีการเปิดประตู หน้าต่างจะช่วยลดอุณหภูมิความร้อนสะสมในเวลากลางวันได้ เนื่องจากผนังไม้ไม่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกัน ความร้อนจึงอาจสะสมในตัวอาคาร สำหรับหลังคาเดิมเป็นหลังคากระเบื้องว่าวคอนกรีตสีขาวแม้ว่ามีค่าสะท้อนแสงอาทิตย์สูง แต่ค่าการต้านทานความร้อนต่ำกว่ากระเบื้องว่าวไฟเบอร์ซีเมนต์ ซึ่งผลการทดสอบด้วยโปรแกรม Visual DOE พบว่าการเปลี่ยน

กระเบื้องหลังคาเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์จะช่วยลดค่าการใช้พลังงานได้ประมาณ 2,000 กิโลวัตต์ต่อปี แต่จะเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนวัสดุชนิดนี้ประมาณ 210,000 บาท จึงมีข้อแนะนำว่าหากกระเบื้องคอนกรีตเดิมยังสามารถใช้งานหรือซ่อมแซมได้ควรแก้ไขโดยการติดฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้วเพิ่มบริเวณฝ้าหลังคาจะช่วยลดการค่าการใช้พลังงานได้ 4,182 บาทต่อปี โดยลงทุนเพิ่มเพียง 34,000 บาท ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าของกระเบื้อง 2 ประเภทและฉนวนแบบต่างๆ

รายการวัสดุ	ต้นทุน : บาท	ค่าไฟรายปี		ค่าไฟเฉลี่ยรายเดือน		จุดคุ้มทุน : ปี	ประหยัดต่อปี : บาท
		KWH	บาท	KWH	บาท		
กระเบื้องคอนกรีตหนา 2.5 ซม. ไม่ติดฉนวน (Base case)	กระเบื้องเดิม	11,349.00	46,716.72	945.75	3,893.06	-	-
กระเบื้องคอนกรีตหนา 2.5 ซม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 4 นิ้ว	34,320.00	9,155.00	37,255.08	763.00	3,104.59	3.6 ปี	9,461.64
กระเบื้องคอนกรีตหนา 2.5 ซม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 5 นิ้ว	63,800.00	9,043.00	36,735.24	753.00	3,061.27	6.4 ปี	9,981.48
กระเบื้องคอนกรีตหนา 2.5 ซม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 6 นิ้ว	71,500.00	7,906.00	35,071.68	721.60	2,922.64	6.1 ปี	11,645.04
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์หนา 6 มม. ไม่ติดฉนวน	219,171.58	9,179.00	37,359.00	765.00	3,113.25	23.4 ปี	9,357.72
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์หนา 6 มม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 4 นิ้ว	253,491.58	8,779.00	35,591.40	731.50	2,965.95	22.7 ปี	11,125.32
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์หนา 6 มม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 5 นิ้ว	282,971.58	8,960.00	36,371.40	746.60	3,030.95	27.3 ปี	10,345.32
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์หนา 6 มม. ติดฉนวนใยแก้ว 16 kg. หนา 6 นิ้ว	290,671.58	8,833.00	35,851.44	736.00	2,987.62	26.7 ปี	10,865.28

5.2.3 แนวทางการปรับปรุงด้านแสงสว่าง

เนื่องจากสภาพเดิมของบ้านหัวลำโพงไม่มีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างมาเป็นเวลานาน ดังนั้นในการปรับปรุงบูรณะอาคาร เพื่อให้สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมเดิมจึงแนะนำให้ใช้โคมไฟแบบโบราณติดตั้งหลอดไฟแบบ LED สี warm white เพื่อให้เข้ากับอาคารอนุรักษ์ และช่วยประหยัดพลังงานและเพิ่ม dimmer ในห้องที่ต้องการความสว่างแตกต่างกันตามผู้ใช้งาน เช่น ห้องสมุด ห้องพักผ่อน ส่วนห้องทำงาน และห้องนอน มีการเพิ่มไฟเฉพาะจุด เช่น โต๊ะทำงาน โต๊ะหัวเตียง สำหรับใช้งานเพื่อความสะดวก

5.2.4 แนวทางการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์น้ำ

สุขภัณฑ์เดิมในห้องน้ำตัวอาคารซึ่งเป็นของโบราณ หากยังอยู่ในสภาพดีสามารถนำมาซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น อ่างล้างหน้า อ่างอาบน้ำ แต่ควรมีการเปลี่ยนก๊อกน้ำและโถสุขภัณฑ์เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้น้ำในปริมาณมาก การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำนอกจากช่วยประหยัดค่าน้ำในครัวเรือนแล้ว ยังช่วยอนุรักษ์น้ำให้ชุมชนไว้ใช้ในยามขาดแคลนอีกด้วย นอกจากนี้การติดตั้งถังบำบัด ถังดักไขมัน จะช่วยลดภาระการบำบัดน้ำเสียแก่ส่วนกลางช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

5.3 โอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์ Ecovillage และ Home Quality Mark มาใช้กับการประเมินอาคารอนุรักษ์

จากการศึกษาพบว่าเกณฑ์ Ecovillage ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืนของไทย มีโอกาสนำมาใช้กับการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์ได้ในหมวดของงานระบบ และงานวัสดุประกอบอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและลดความร้อนภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร

ส่วนเกณฑ์ HQM เป็นเกณฑ์ที่เน้นเรื่องสุขภาวะของผู้ใช้อาคารในเขตเมืองหนาว สภาพภูมิอากาศจึงแตกต่างกับเขตอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย อีกทั้งข้อจำกัดการเข้าถึงรายละเอียดแบบประเมินต้องเครื่องมือชี้วัดเฉพาะของ HQM (HQM assessment tool) จึงทำให้บางหัวข้อไม่สามารถทำการประเมินได้ครบทุกหัวข้อ ทั้งนี้หากมีการศึกษารายละเอียดและเกณฑ์ย่อยของแบบประเมินได้เพิ่มเติมอาจนำมาพัฒนาให้สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของไทยได้ยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับการประเมินและเปรียบเทียบเกณฑ์ Ecovillage และ HQM สามารถสรุปประเด็นที่สอดคล้องได้ดังนี้

3.1 การใช้แสงธรรมชาติ การนำแสงเข้ามาในพื้นที่ใช้สอยผ่านช่องหน้าต่างของอาคารอนุรักษ์ ทั้งวัสดุและการออกแบบมีลักษณะที่ยืดหยุ่นกว่าหน้าต่างในปัจจุบัน เช่น บานเกล็ดไม้ในบานเปิด ยังสามารถเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งได้อีกด้วย นอกจากเปิดเพื่อรับแสงและลมธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ยังสามารถเป็นแผงบังแดดที่ปรับขนาดองศาตามต้องการ ซึ่งเกณฑ์ประเมินยังไม่ได้กล่าวถึง

3.2 การระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ ทั้งสองเกณฑ์ไม่ได้กล่าวถึงกรณีผนังหรือหน้าต่างอาคารที่ทำด้วยไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติค่าการถ่ายเทความร้อนสูง และยังมีอาคารเก่าในประเทศไทยหลายแห่งที่เป็นอาคารไม้ที่ยังใช้งานอยู่ ซึ่งหากมีเกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมจะเป็นการสนับสนุนการอนุรักษ์อาคาร และช่วยลดก๊าซเรือนกระจกจากการรื้อถอนอาคารได้อีกด้วย

3.4 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หากต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติแท้จริงอาจมีราคาสูงเกินงบประมาณ หรือผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น สีทาบ้านที่ปลอดสาร VOC 100% ยังอาจมีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทั่วไป ดังนั้นจึงควรเปรียบเทียบราคาผลิตภัณฑ์เหล่านี้กับงประมาณ หรืออาจปรับลดมาใช้แบบ LOW VOC และเน้นใช้สีที่ปลอดภัยจากสารพิษ สำหรับพื้นที่ใช้สอยหลัก เช่น ห้องนอน ห้องรับประทานอาหาร ห้องน้ำ ตามความเหมาะสม

3.5 การใช้ไม้จากป่าปลูก ปัจจุบันไม้มีราคาสูงและหายากขึ้น ดังนั้นการนำไม้สังเคราะห์มาใช้ในการบูรณะอาคารอาจช่วยลดค่าใช้จ่ายได้

3.6 ประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ สามารถนำเกณฑ์มาใช้กับอาคารอนุรักษ์ได้ เนื่องจากเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์ใช้สอยในอาคารและมีกระทบกับโครงสร้างอาคารหลักไม่มาก หากใช้ท่อบริเวณเดิม นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายของอาคารและช่วยลดภาระของภาครัฐในการบำบัดน้ำเสีย สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์บำบัดน้ำอาจต้องคำนึงถึงพื้นที่ภูมิทัศน์รอบบริเวณ ควรมีการขุดค้นทางโบราณคดีที่ถูกต้องตามขั้นตอนก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าพื้นที่รอบอาคารไม่มีโครงสร้างเดิม อาจเกิดความเสียหายในการติดตั้งอุปกรณ์

ดังนั้นงานสุขาภิบาลเป็นส่วนที่มีความเป็นไปได้ในการใช้ประเมินกับอาคารอนุรักษ์ เนื่องจากเป็นงานที่ไม่กระทบโครงสร้างหลักของอาคาร และมีความจำเป็นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายของผู้ใช้อาคารในยุคปัจจุบัน (ไฟฟ้า น้ำประปา) ทั้งยังเป็นการช่วยประหยัดการใช้พลังงานทั้งไฟฟ้าและน้ำประปา อย่างไรก็ตามงานระบบต้องดำเนินไปอย่างสอดคล้องกับคุณค่าทางกายภาพเดิมของอาคาร

คำนึงถึงความกลมกลืนสวยงามกับสถาปัตยกรรมเดิมของอาคาร ซึ่งปัจจุบันนี้มีผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบรูปทรงเลียนแบบของโบราณให้เลือกใช้ให้เหมาะสม ดังภาพที่ 49-50

ภาพที่ 49 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอาคารบ้านเลขที่ 1 ซอยกัปตันบุชและวังพญาไท

ภาพที่ 50 สวิทช์และปลั๊กไฟในอาคารบ้านเลขที่ 1 ซอยกัปตันบุช

ในการอนุรักษ์อาคารเก่าค่อนข้างใช้งบประมาณสูง เนื่องจากต้องมีผู้ชำนาญการทั้งสถาปนิกและช่างเฉพาะทาง รวมถึงวัสดุบางชนิดที่หายากในท้องตลาด หากมีการเพิ่มวัสดุประกอบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น จึงเป็นเรื่องที่ควรคำนึงตั้งแต่ขั้นตอนการคำนวณปริมาณวัสดุก่อสร้าง (BOQ) เพื่อควบคุมงบประมาณไม่ให้บานปลาย และเกิดผลกระทบกับงบประมาณรวมของโครงการ อีกทั้งต้องคำนึงถึงความสวยงามทางสถาปัตยกรรมเดิมของอาคารด้วย

5.4 ประเมินความคุ้มค่าทางหลักเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาพิจารณาปรับปรุงอาคารให้ได้ตามเกณฑ์ Ecovillage และ HQM เปรียบเทียบวัสดุเดิมและวัสดุประหยัดพลังงาน พบว่าการใช้วัสดุประหยัดพลังงานมีมูลค่าการลงทุนจะเพิ่มขึ้น 3.97% สามารถคืนทุนได้ภายใน 6 ปีหากใช้กระเบื้องหลังคาคอนกรีตเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนวัสดุกระเบื้องมุงหลังคาใหม่เป็นกระเบื้องว่าวไอยรา แม้ว่าจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า

กระเบื้องคอนกรีตเดิม แต่มูลค่าการลงทุนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 210,000 บาท เป็นการเพิ่มต้นทุนการบูรณะอาคารและคุ้มค่าในการคืนทุนเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนวัสดุเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจะช่วยลดค่าน้ำและค่าไฟได้ประมาณ 13,555 ต่อปี ดังตารางที่ 41-42 แต่สิ่งสำคัญคือโอกาสในการอนุรักษ์อาคารที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ และเป็นมรดกให้เยาวชนรุ่นหลังในการศึกษาอดีตผ่านสถาปัตยกรรมและแนวคิดการออกแบบของอาคารแห่งนี้ต่อไป

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (Payback)} = \frac{\text{มูลค่าเงินลงทุนสุทธิ}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดต่อปี}}$$

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนสำหรับวัสดุที่ใช้ตามแนวทางเกณฑ์ Ecovillage / HQM นั้นจะนำผลจากการคำนวณต้นทุนประหยัดพลังงานแต่ต่างกันดังนี้

หมวดงานอาคาร กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์และฉนวนหลังคาใยแก้ว ใช้ผลค่าพลังงานไฟฟ้าจาก Visual DOE 4.1

หมวดงานระบบ ก๊อกน้ำ ฝักบัว และโถสุขภัณฑ์ คำนวณจากปริมาณเฉลี่ยการใช้น้ำต่อคนในครัวเรือน

หมวดเครื่องใช้ไฟฟ้า คำนวณจากจำนวนวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบประหยัดพลังงานต่อจำนวนชั่วโมงแต่ละวัน ตามตารางการใช้งานในครัวเรือน (Occupancy schedule)

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนระหว่างวัสดุแบบเดิมและแบบปรับปรุงตามเกณฑ์

แบบเดิม จากสถาปนิกโครงการ	**มูลค่าการลงทุน (บาท)**	**แบบปรับปรุงตามเกณฑ์ Ecovillage / HQM**	**มูลค่าการลงทุน (บาท)**	**ระยะเวลาคืนทุน (แบบปรับปรุง)**
หมวดงานอาคาร				
สีทาภายนอก	5,816	สีทาภายนอกไร้สารพิษ 8 ชนิด	3,988	-
สีน้ำทาภายใน	3,320	สีน้ำทาภายใน	6,076	-
สีย้อมไม้	8,991	สีย้อมไม้	7,461	-
สีรักษาเนื้อไม้	3,160	สีรักษาเนื้อไม้	14,220	-

แบบเดิม จากสถาปนิกโครงการ	มูลค่าการลงทุน (บาท)	แบบปรับปรุงตามเกณฑ์ Ecovillage / HQM	มูลค่าการลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (แบบปรับปรุง)
หลังคาโพลีคาร์บอเนต	44,850	หลังคาโพลีคาร์บอเนต	-	-
กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	-	กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	219,171	23 ปี
ฉนวนหลังคาใยแก้ว 16kg/m^3 / 4 นิ้ว	-	ฉนวนหลังคาใยแก้ว 16kg/m^3 / 4 นิ้ว	34,320	3.6 ปี
หมวดงานระบบ				
สุขภัณฑ์ชักโครก 6 ลิตร	19,400	American Standard TF-2793-W แบบ 2 จังหวะ 3/4.5 ลิตร	20,620	6 ปี
ก๊อกน้ำ	4,080	Cotto CT1052	6,200	6 ปี
ฝักบัว	3,620	Kohler K-72415T-E2-CP	4,278	6 ปี
ถังบำบัดน้ำเสีย แบบไม่อัดอากาศ	-	ถังบำบัดน้ำเสีย แบบไม่อัดอากาศ	15,600	-
ถังดักไขมัน 15 ลิตร	-	ถังดักไขมัน 15 ลิตร	1,490	-
หมวดเครื่องใช้ไฟฟ้า				
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์	7,830	หลอด LED 40 วัตต์	12,905	3.64 ปี
Dimmer ปรับแสงสว่าง	-	Dimmer ปรับแสงสว่าง	510	3.64 ปี
เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU EER < 13	27,800	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 SEER >13	43,800	1 ปี
เครื่องปรับอากาศ 18,000 BTU / EER < 13	23,900	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 SEER >13	29,900	10 เดือน
มูลค่ารวม	**152,767 (1.45%)**		**420,539 (3.97%)**	

หมายเหตุ: ราคาวัสดุไม่รวมค่าแรงและกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ไม่คิดในส่วนของแป, รายละเอียดสินค้าและราคาต่อหน่วยดูที่ภาคผนวก

จากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารกรณีศึกษาพบว่าปริมาณการปลดปล่อย CO_2 9 ต่อปี เทียบเท่ากับ 0.01 เมตริกตัน ตามตารางที่ 43 ซึ่งข้อกำหนดในเกณฑ์ HQM หัวข้อ มูลค่าการใช้พลังงาน (Energy and Cost) แต่เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือการวัดของ HQM โดยเฉพาะจึงไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลตามรายละเอียดหัวข้อได้ชัดเจน

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสามารถนำมาคำนวณเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฝพ.) ในปี พ.ศ.2552 กฝผ.ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไฟฟ้ารวม 37.80 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในภาพรวม 0.57 กิโลกรัมต่อ 1 หน่วยพลังงานไฟฟ้า (kg CO_2e /kWh) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า ฉะนั้นเมื่อนำค่านี้คูณกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร จะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสู่ชั้นบรรยากาศโลก (เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์, 2554)

ตารางที่ 40 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปี ของอาคารกรณีศึกษาเมื่อคาดว่าโครงการแล้วเสร็จ

ประเภท	**จำนวน**	**kWh / ปี**	kg CO_2e /kWh
เครื่องปรับอากาศ	3	25.36	
จำนวนดวงโคมและขนาดแสงสว่างภายในบ้าน (40W)	145	19.44	
เครื่องทำน้ำร้อน	3	21	
ตู้เย็น	2	12	
พัดลม	2	0.28	
เครื่องรีดผ้า	2	3.96	
โทรทัศน์	1	0.75	
รวม	158	82.79	0.01

* ปริมาณ 0.57 กิโลกรัมต่อ 1 หน่วยพลังงานไฟฟ้า (kg CO_2e /kWh)

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะหมวดที่เกี่ยวกับอาคารและงานระบบ ยังไม่มีการศึกษาในส่วนผังโครงการภูมิทัศน์และงานบริหารโครงการ เนื่องจากเป็นอาคารที่ก่อสร้างแล้วและไม่อยู่ในเขตโครงการหมู่บ้าน

2. ในการใช้โปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ควรประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เนื่องจากโปรแกรมมีการประมวลผลที่ใช้เวลานานจึงควรใช้คอมพิวเตอร์ที่มี

ประสิทธิภาพสูงเพื่อลดปัญหาการทำงานของโปรแกรม หรือศึกษาวิธีประเมินจากเกณฑ์ที่ใช้การวัดผลด้วยวิธีวัดจากสถานที่จริงด้วยเครื่องมือวัดมาตรฐาน โดยเพิ่มระยะเวลาการวัดและตำแหน่งวัดแต่ละห้องเพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่แม่นยำในการใช้ประเมินสภาวะน่าสบายในอาคาร

3. เกณฑ์ HQM มีหัวข้อเรื่องมลภาวะทางเสียงทั้งด้านในและด้านนอกอาคาร ถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญในการเกิดภาวะน่าสบายของการอยู่อาศัย โดยยังไม่มีหัวข้อนี้ในเกณฑ์ Ecovillage ซึ่งควรนำไปพิจารณา

4. การนำเกณฑ์ Ecovillage และ HQM มาใช้ประเมินกับอาคารอนุรักษ์ยังมีข้อจำกัดหลายหัวข้อเนื่องจากเกณฑ์ประเมินการให้คะแนนตั้งแต่การออกแบบอาคาร การคัดเลือกวัสดุ ทำให้อาคารที่ก่อสร้างแล้ว ไม่สามารถทำคะแนนได้ในหลายหัวข้อดังกล่าว จึงควรศึกษาเกณฑ์อาคารยั่งยืนของประเทศอื่นในด้านที่พักอาศัย เพื่อเปรียบเทียบและหาวิธีการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

5. งานวิจัยชิ้นนี้ยังไม่ครอบคลุมถึงการประหยัดพลังงานในทางเลือกอื่น เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การทำหลังคาเขียว การพัฒนาอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งผู้วิจัยอื่นสามารถนำไปต่อยอดได้ เพื่อเป็นแนวทางและตัวอย่างต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Alonso, C. (2012). *Eco Solutions sustainable Approaches for a bioclimatic home*: Loft publications.

Antiquities and Monuments Office Leisure and Cultural Services Department. (2016). Definitions of the various grades of historic buildings. Retrieved from http://www.amo.gov.hk/en/built3.php

ASHRAE / BSR (Ed.) (2003). *ASHRAE STANDARD* 55-1992 (3rd ed.).

BRE Global Ltd. (2015). *Home Quality Mark Technical Manual* Vol. SD332:1.0 (Beta England)-2015. (pp. 210).

Daghigh, R. (2015). Assessing the thermal comfort and ventilation in Malaysia and the surrounding regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 48, 681-691.

Evans, P. (2009). Qualifying the Environmental Benefits of the Maryland Historic Tax Credit Program. *Forum Journal National Trust for Historic Preservation,* 22(1), 12-23.

Feilden, B. (1994). *Conservation of Historic Buildings* Great Britain St.Edmundsbury Pass Ltd.,.

Frey, P. J. (2007). *Measuring up: The performance of historic building under the LEED-NC Green building rating system.* (Master of Science), University of Pennsylvania. Retrieved from http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=hp_theses

International council on monuments and sites (ICOMOS). (2000). The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance 1999. 1.

Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. (2000). Thailand ventilation comfort chart. *Energy and Buildings,* 32, 245-249.

McDonagh, J., & Brent, P. N. (2010). *Heritage Building Preservation The Ultimate in Green Building?* Paper presented at the 2010-01 by Pacific Rim Real Estate Society 16th Annual Conference Wellington https://hdl.handle.net/10182/3218

New Zealand Green Building Council. (2009). Green Star NZ Technical Manual (pp. 91).

Rangsiraksa, P. (2006, 2-8 September 2006). *Thermal comfort in Bangkok residential builidings,Thailand.* Paper presented at the PLEA 2006 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Swizerland.

ภาษาไทย

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. (2554). การออกแบบที่พึ่งพาธรรมชาติเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ โรงเรียนอนุรักษ์พลังงานแห่งอนาคต.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2015). รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย. Retrieved from

กระทรวงพลังงาน. (2552). ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ. กรุงเทพมหานคร.

การเคหะแห่งชาติ. (2556). คู่มือเกณฑ์การประเมินชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน *Ecovillage* (1 ed.).

คำรณ สุทธิ. (2554). ผลกระทบของการรั่วซึมของอากาศ ต่อผลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จักรกฤษณ์ เหลืองเจริญรัตน์ และสิงห์ อินทรชูโต. (2013). เกณฑ์การประเมินอาคารที่ยั่งยืน ความเหมือน ความต่าง และค่าความสำคัญที่ให้ต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงาน. วารสาร *JARS* คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 10(1), 1-16.

ชาคร สุทธิวงศ์พันธ์ และคณะ. (2559). การเปรียบเทียบเกณฑ์การประเมินด้านการออกแบบเพื่ออนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการหมู่บ้านจัดสรรในประเทศไทย. Paper presented at the งานประชุมวิชาการประจำปี สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณัฐพล คุณดิลกกาญจน์. (2557). โอกาสและข้อจำกัดในการนำเกณฑ์ ชุมชนน่าอยู่น่าสบายอย่างยั่งยืน (*Eco village)* มาใช้กับการพัฒนาโครงการที่อยู่อาศัยของการเคหะแห่งชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บูรณะสมภพ. (2539). การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน: บริษัท อัมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

ธวัชชัย ประดู่. (2015). ประสิทธิภาพการใช้หลอด LED ในการเพิ่มแสงสว่างและลดการใช้พลังงานภายในศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา. *PULINET Journal,* 2(3, September-December 2015), 50-56.

บริษัท บานาน่าสตูดิโอ จำกัด. (2559). แบบบ้านหัวลำโพง Drawing Set. 1-36.

ประภัสสร วงศ์ยีน และวิทยา ยงเจริญ. (2558). การปรับปรุงอาคารตามเกณฑ์อาคารเขียวโดยใช้เกณฑ์ตามมาตรฐานการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย. วารสารวิจัยพลังงาน, 12(1 (มกราคม – มิถุนายน 2558)), 16-28.

ปิยนุช เตาลานนท์. (2543). พัฒนาการการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม. Paper presented at the สาระศาสตร์ เทคโนโลยีสถาปัตยกรรมการก่อสร้าง.

พิรัลยา ลีรุ่งเรืองพันธุ์. (2558). แนวทางการปรับปรุงด้านการประหยัดพลังงานและการควบคุมความชื้นสำหรับอาคารเก่าที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลินี ศรีสุวรรณ. (2550). การประเมินผลการระบายอากาศตามธรรมชาติของบ้านประหยัดพลังงานสามหลัง. หน้าจั่ว วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร(2549-2550), 49-64.

รงรอง พุทธาวงศ์. (2555). แนวทางการบริหารโครงการปรับปรุงอาคารอนุรักษ์ของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ : กรณีศึกษา 5 โครงการ ในช่วงปี พ.ศ.2548-พ.ศ. 2556. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และพรพุฒิ ศุภเอม. (2011). โครงการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน และฟื้นฟูการใช้อาคารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา กรุงเทพฯ. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.(2011), 9-21.

รุ่งรัตน์ เต็งเก้าประเสริฐ. (2558). แนวคิดสถาปัตยกรรมเขียว กับการสร้างสรรค์เอกลักษณ์สถาปัตยกรรมไทยสมัยใหม่. Paper presented at the Built Environment Research Associates Conference.

วัศพล ธีรวนพันธุ์. (2558). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพร ใจชื่น. (2551). การออกแบบภายในบ้านพักอาศัยที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการอยู่อาศัยด้วยแนวคิดการออกแบบเพื่อความยั่งยืน กรณีศึกษา หมู่บ้านชัยพฤกษ์ บางบัวทอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถี. (2559). การบูรณะอาคารมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และศิลปวัฒนธรรม. เจ-ดี: วารสารวิชาการ การออกแบบสภาพแวดล้อม *Journal of Environmental Design,* 3(1 (Jan.-June. 2016)), 4-19.

สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา และกรธิชา อุ่นไพร. (2553). การประหยัดพลังงานในอาคาร ด้วยระบบการทำความเย็นแบบธรรมชาติของบ้านพักอาศัยในสภาวะแวดล้อมเขตร้อนชื้น. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 1(1), 1-16.

สุนทร บุญญาธิการ. (2551). นวัตกรรมการใช้กระจก สำหรับเมืองร้อนชื้น.

อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล. (2547). การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2557). นิเวศวิทยสถาปัตย์: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

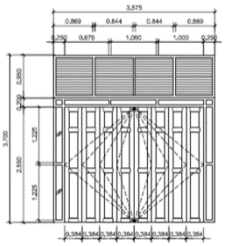
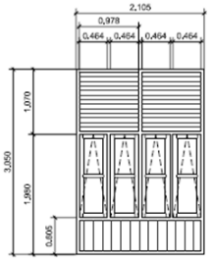
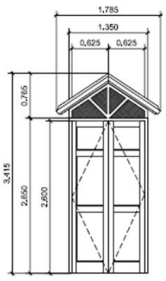
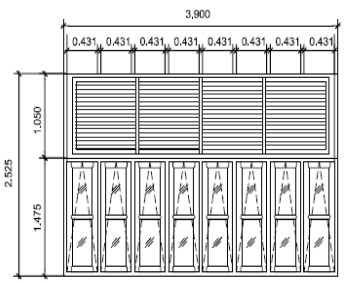
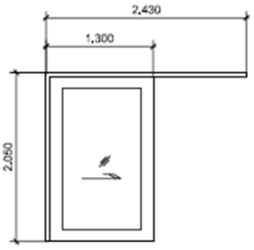
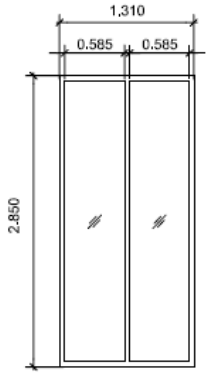
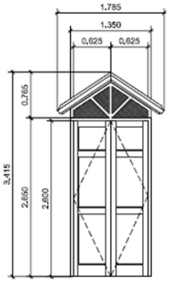
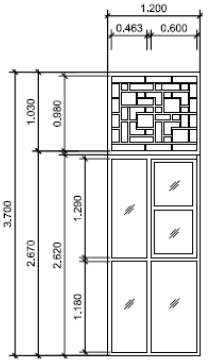
อุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล. (2553). แนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ *LEED.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

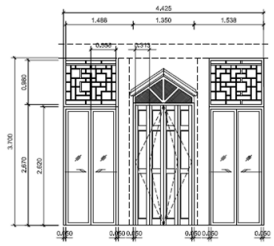
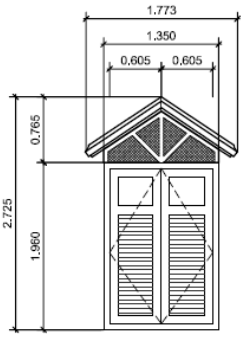
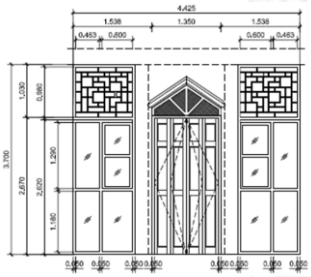
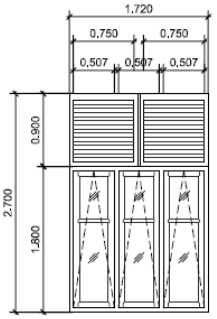
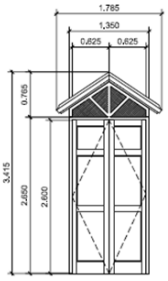
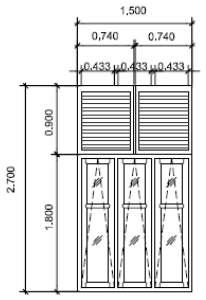
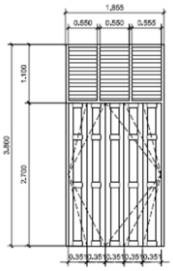
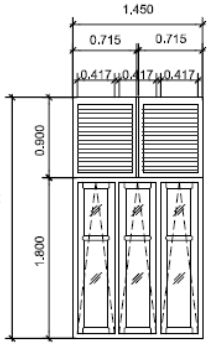
ภาคผนวก

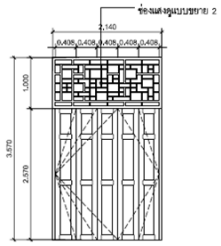
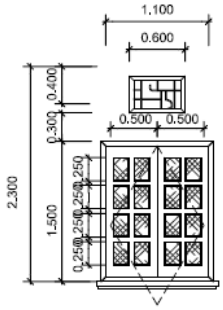
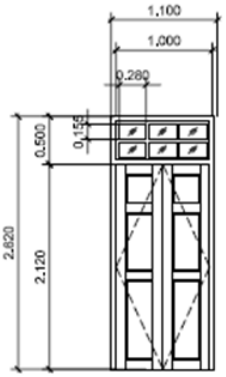
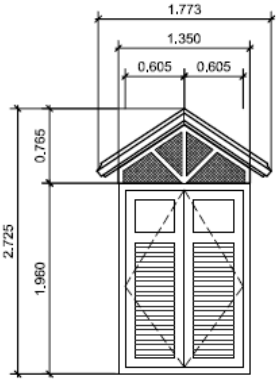
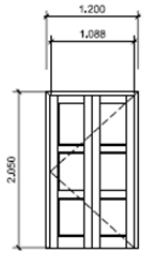
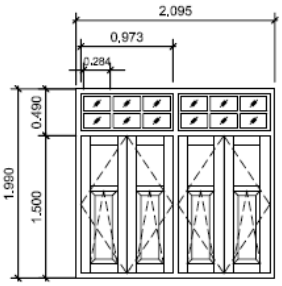
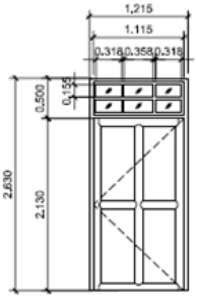
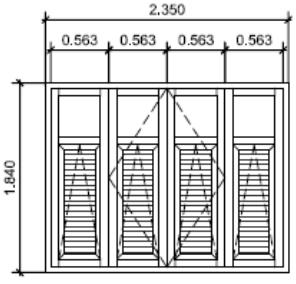
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

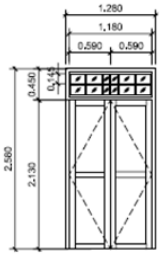
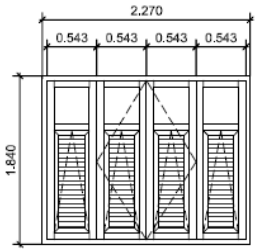
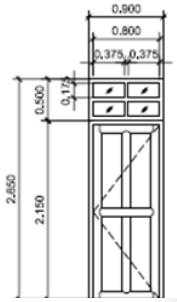
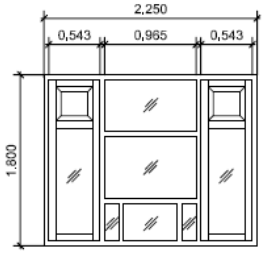
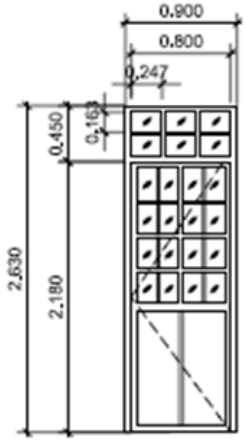
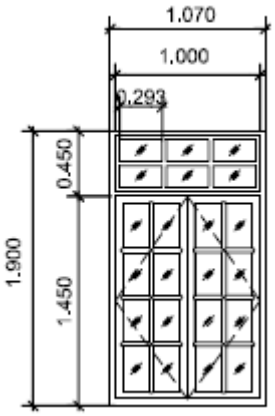
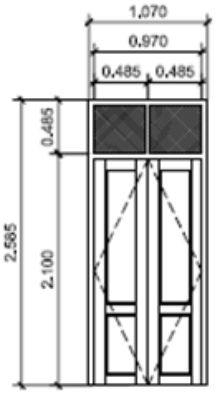
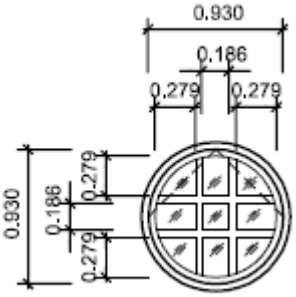
ตารางที่ 41 แสดงแบบและสัดส่วนช่องเปิดทั้งหมดในอาคารกรณีศึกษา

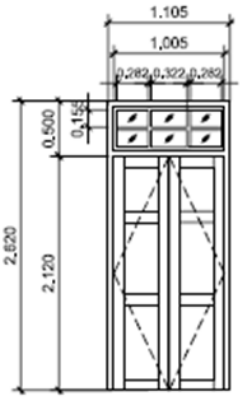
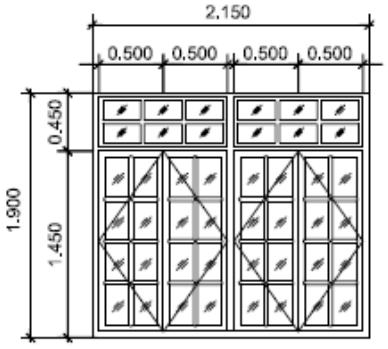
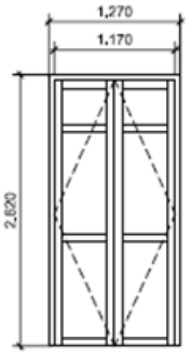
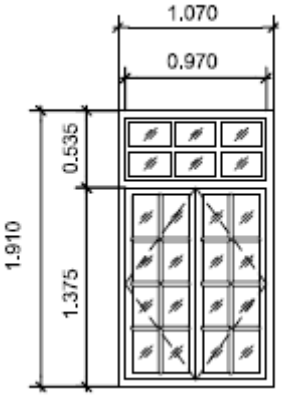
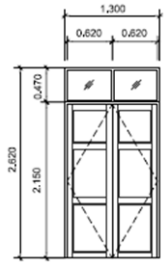
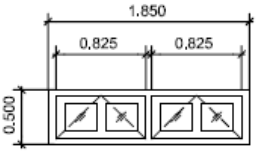
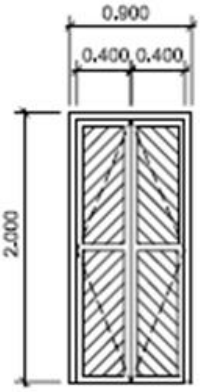
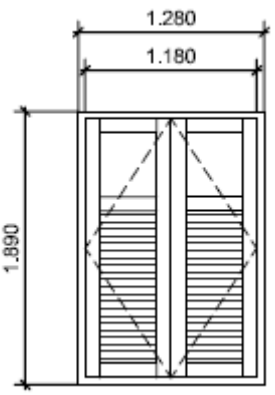
ช่องเปิด ประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิด หน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป1		น1	
ป2		น2	
ป3		น3	
ป4		น4	

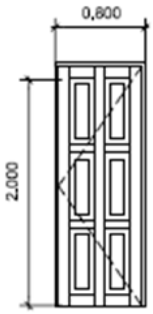
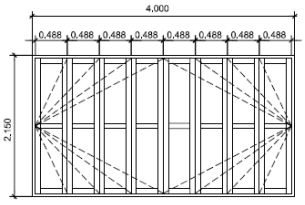
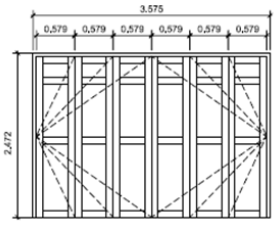
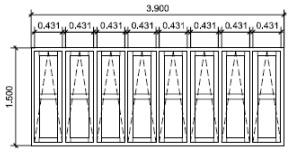
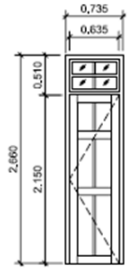
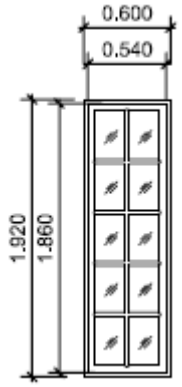
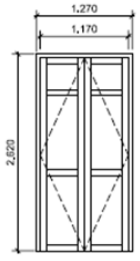
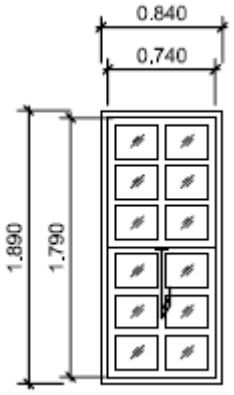
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่องเปิดประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิดหน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป5		น5	
ป6		น6	
ป7		น7	
ป8		น8	

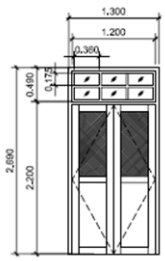
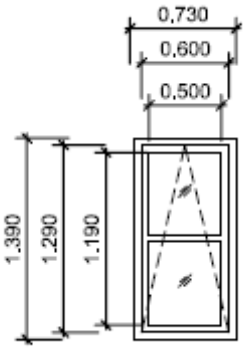
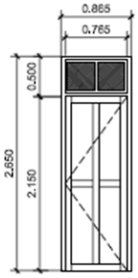
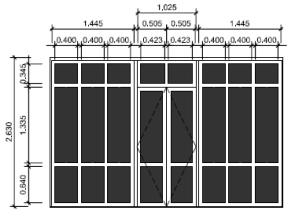
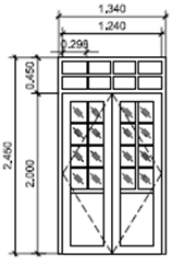
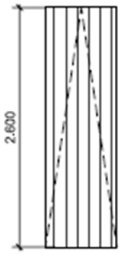
ช่องเปิดประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิดหน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป9		น9	
ป10		น10	
ป11		น11	
ป12		น12	

ช่องเปิดประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิดหน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป13		น13	
ป14		น14	
ป15		น15	
ป16		น16	

ช่องเปิดประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิดหน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป17		น17	
ป18		น18	
ป19		น19	
ป20		น20	

ช่องเปิดประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิดหน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป21		น21	
ป22		น22	
ป23		น23	
ป24		น24	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่องเปิด ประตู	รูปแบบช่องเปิด	ช่องเปิด หน้าต่าง	รูปแบบช่องเปิด
ป25		น25	
ป26		น26	
ป27		ป28	

เรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบราคาวัสดุก่อสร้างระหว่างแบบธรรมดา และแบบประหยัดแบ่งตามหมวดหมู่

ลำดับที่	แบบธรรมดา					แบบ Eco					
	ผลิตภัณฑ์	รุ่น	ราคา/หน่วย (บาท)	จำนวน	ราคารวม (บาท)	ผลิตภัณฑ์	รุ่น	ราคา/หน่วย (บาท)	จำนวน	ราคารวม (บาท)	ตร.ม.
งานอาคาร (ผนัง, เสา,พื้น,ประตูหน้าต่าง)											
1	สีทาบ้าน ภายนอก	Nippon paint TRIPLESHIELD BASE D SG / 2.5 GL	1,454.00	4	5,816.00	สีทาบ้าน ภายนอก	Nippon paint VINILEX Acrylic BS B SG 2.5 GL	997.00	4	3,988.00	283.51
2	สีน้ำทาภายใน	TOA 4 SEASONS A5001 M 5GL	1,660.00	2	3,320.00	สีน้ำทาภายใน	Supershield Duraclean oxygen plus pure acryric emulsion paint 2.5 GL	1,519.00	4	6,076.00	426.87
3	สีย้อมไม้	JOTUN-EX BASE Y M 1GL	999.00	9	8,991.00	สีย้อมไม้	Beger Woodstain 1GL	829.00	9	7,461.00	485.8
4	สีรักษาเนื้อไม้	TOA เซฟไดร์ท์ / 5L	790.00	4	3,160.00	สีรักษาเนื้อไม้	TOA PRESERVATIVE 1GL	711.00	20	14,220.00	485.8
5	หลังคาโพลีคาร์บอเนต	-	44,850.00	1	44,850.00	หลังคาโพลีคาร์บอเนต	-	-	-	-	
งานหลังคา						งานหลังคา					
6	กระเบื้องคอนกรีต	-	-	-	-	กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ ใยอ่ร่า	กระเบื้องตราช้าง ใยอร่า ทรงกระเบื้องว่าว ขนาด 13 นิ้ว	73.82	2,969	219,171.58	475
7	ฉนวนหลังคาใยแก้ว 16kg/m3 / 4 นิ้ว	-	-	-	-	ฉนวนหลังคาใยแก้ว 16kg/m3 / 4 นิ้ว	ฉนวนหลังคาใยแก้ว 16kg/m3 / 4 นิ้ว	312.00	110	34,320.00	262.74
8	โถสุขภัณฑ์	Cotto C1391 - 6L	4,850.00	4	19,400.00	สุขภัณฑ์ชักโครกประหยัดน้ำ	American Standard TF-2793-W แบบ 2 ชิ้นพวย 3/4.5 ลิตร	5,155.00	4	20,620.00	-
9	ก๊อกน้ำ	Cotto CT1086C27	1,020.00	4	4,080.00	ก๊อกประหยัดน้ำ	Cotto CT1052	1,550.00	4	6,200.00	-
10	ฝักบัว	Cotto Set 517 (HM)	905.00	4	3,620.00	หัวฝักบัวประหยัดน้ำ	Kohler K-72415T-E2-CP	1,426.00	3	4,278.00	-
11	ถังบำบัดน้ำเสีย แบบไม่ฮัดอากาศ	-	-	-	-	ถังบำบัดน้ำเสีย แบบไม่ฮัดอากาศ	ไซเคลียร์ 160N ขนาด 5 คน	15,600.00	1	15,600.00	-
12	ถังดักไขมัน 15 ลิตร	-	-	-	-	ถังดักไขมัน 15 ลิตร	Flusso PE 15 L	1,490.00	1	1,490.00	-
13	หลอดฟลูออเรสเซนต์	Toshiba FL80W/T8/WW	54.00	145	7,830.00	หลอด LED 40 w	Philips Bulb 4-40W DL E27	89.00	145	12,905.00	-
14	Dimmer ปรับแสงสว่าง	-	-	-	-	Dimmer ปรับแสงสว่าง	Kempinski C31-291 D Wall Switch Light Dimmer Panel Plate AC 110 ~ 250V (1124055)	170.00	3	510.00	-
15	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4	Air Cool fixed speed 12,165 BTU	13,900.00	2	27,800.00	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 SEER 20.04	Samsung AR13 The Traiangle 12,253 BTU	21,900.00	2	43,800.00	20.91
16	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4	Air Cool fixed speed 18,000 BTU	23,900.00	1	23,900.00	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 SEER 20.78	Carrier Inverter 42TVGS018-703/3 18,000 BTU	29,900.00	1	29,900.00	33.62
				รวม	152,767.00				รวม	420,539.58	

ที่มา: ค่าบริการวัสดุก่อสร้าง กระทรวงพาณิชย์ (2017), บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด(มหาชน), บริษัท ที โอ เอ เพ้นท์ จำกัด(มหาชน), บริษัท เนเชอร์ จำกัด, บริษัท นิปปอนเพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด, Home Product Center Public company ltd.

หมายเหตุ: ราคาวัสดุก่อสร้าง ไม่รวมแป และค่าแรง

ผลการจำลองค่าการใช้พลังงานภายในบ้านหัวลำโพง ด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1

Analysis done by: Pat @ ERI Chulalongkorn University
Project File: c:\users\acer\desktop\thesis_simulation and doc ref\doe test1\result\baan doe_roof_ch weather file may1_rev3.2.gph
Case Name: Base case_cement roof
Case Description: Copy based on Base Case
Number of Blocks: 2

Zone Loads

Name	Area (m²)	LPD (W/m²)	EPD (W/m²)	Occupancy	Occupant Density (m²/person)	Daylight Control	Illuminance (lux)	Control Fraction	Infiltration (ach)	SS-G Max Cl/Ht (kW)
Room_3	34	3.10	2.00	Baan1	6.7	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_4	42	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_5	17	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_6	17	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_7	94	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_8	4	3.10	2.00	Baan uncon	0.7	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_11	27	3.10	2.00	Baan uncon	5.5	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_12	80	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_14	21	3.10	2.00	Baan1	4.2	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_15	21	3.10	2.00	Baan1	4.2	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_16	31	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_17	17	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_18	17	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.
Room_19	20	3.10	2.00	Baan uncon	18.6	None	n.a.	n.a.	0.2	n.a./n.a.

Case Name: Base case_cement roof
Case Description: Copy based on Base Case
Gross Area: 441 m²
Conditioned Area: 441 m²
Window-Wall-Ratio: 0.058
Skylight-Roof-Ratio: 0
Number of Blocks: 2
Note: This report includes floor multipliers

Occupancies Summary

Name	Area (m²)	Avg. LPD (W/m²)	Avg. EPD (W/m²)
Baan1	75	16.13	2.69
Baan uncon	366	16.13	2.69
Building Totals & Averages	441	16.13	2.69

Constructions Summary

Name	Net Area (m²)	U-Factor (W/m²-°C)	HC (kJ/m²-°C)	Absorptance	Type	Category	Layers
TH wood wall	227	2.15	28.17	0.3	Walls	Light	3
Partition	340	2.19	21.3	0.3	Partitions	Light	3
TH_wood solf2cm	641	2.19	32.19	0.7	Floors	Light	2
TH concre5_Bric14_concre5	200	1.27	319.22	0.7	Walls	Light	6
TH_origi roof CC	234	1.72	15.14	0.3	Roofs	Light	3

Case Name: case5_ fiber cement roof no insu
Case Description:
Gross Area: 441 m²
Conditioned Area: 441 m²
Window-Wall-Ratio: 0.063
Skylight-Roof-Ratio: 0
Number of Blocks: 2
Note: This report includes floor multipliers

Occupancies Summary

Name	Area (m²)	Avg. LPD (W/m²)	Avg. EPD (W/m²)
Baan1	75	16.13	2.69
Baan uncon	366	16.13	2.69
Building Totals & Averages	441	16.13	2.69

Constructions Summary

Name	Net Area (m²)	U-Factor (W/m²-°C)	HC (kJ/m²-°C)	Absorptance	Type	Category	Layers
TH wood wall	76	2.15	28.17	0.3	Walls	Light	3
TH_wood solf1 inch	334	2.62	15.09	0.7	Floors	Light	1
Partition	284	2.19	21.3	0.3	Partitions	Light	3
TH_wood solf2cm	307	2.19	32.19	0.7	Floors	Light	2
TH concre5_Bric14_concre5	201	1.27	319.22	0.7	Walls	Light	6
TH_con fullbrick ceramic	89	2.11	180.56	0.7	Walls	Light	n.a.
TH_roof aiyara BC no insu	234	1.58	19.11	0.5	Roofs	Light	3

Fenestrations Summary

Name	Ucog (W/m²-°C)	SHGC	Tvis	North (m²)	East (m²)	South (m²)	West (m²)	Total (m²)	No.
3 x 5.5 single clear	5.736	0.817	0.880	6	0	6	12	25	16
Building Totals & Averages	5.736	0.817	0.880	6	0	6	12	25	16

Electrical Use Summary

Alternative	Lights	Equipment	Cooling	Fans	Total
Electrical End-use Totals (kWh)					
Base case_cement roof	3,145	3,011	4,280	913	11,349
case1_cement roof+insu 16kg_4in_roof	3,265	3,011	2,340	538	9,154
case2_cement roof+insu 16kg_5in_roof	3,145	3,011	2,347	539	9,042
case3_cement roof+insu 16kg_6in_roof	3,145	3,011	1,429	320	7,905
case4_cement roof+insu 24kg_6in_roof	3,145	3,011	1,362	306	7,824
case5_ fiber cement roof no insu	3,145	3,011	2,456	567	9,179
case6_ fiber cement roof insu 16kg 4in	3,145	2,940	2,191	503	8,779
case7_ fiber cement roof insu 16kg 5in	3,145	3,011	2,280	523	8,959
case8_ fiber cement roof insu 16kg 6in	3,145	3,011	2,179	497	8,832
Incremental Electrical Savings (kWh)	(compared with previous alternative, negative savings represent increases)				
case1_cement roof+insu 16kg_4in_roof	-120	0	1,940	375	2,195
case2_cement roof+insu 16kg_5in_roof	120	0	-7	-1	112
case3_cement roof+insu 16kg_6in_roof	0	0	918	219	1,137
case4_cement roof+insu 24kg_6in_roof	0	0	67	14	81
case5_ fiber cement roof no insu	0	0	-1,094	-261	-1,355
case6_ fiber cement roof insu 16kg 4in	0	71	265	64	400
case7_ fiber cement roof insu 16kg 5in	0	-71	-89	-20	-180
case8_ fiber cement roof insu 16kg 6in	0	0	101	26	127

Base case_cement roof baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO

0

	MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0	JAN	843	843	4.2	4.2	93	0	0	0	0	0	0	0.1100	93
0	FEB	844	844	4.1	4.1	93	0	0	0	0	0	0	0.1100	93
0	MAR	990	990	4.6	4.6	109	0	0	0	0	0	0	0.1100	109
0	APR	1099	1099	4.7	4.7	121	0	0	0	0	0	0	0.1100	121
0	MAY	1078	1078	4.5	4.5	119	0	0	0	0	0	0	0.1100	119
0	JUN	1025	1025	4.4	4.4	113	0	0	0	0	0	0	0.1100	113
0	JUL	1013	1013	4.3	4.3	111	0	0	0	0	0	0	0.1100	111
0	AUG	944	944	4.2	4.2	104	0	0	0	0	0	0	0.1100	104
0	SEP	906	906	4.3	4.3	100	0	0	0	0	0	0	0.1100	100
0	OCT	931	931	4.3	4.3	102	0	0	0	0	0	0	0.1100	102
0	NOV	860	860	4.2	4.2	95	0	0	0	0	0	0	0.1100	95
0	DEC	818	818	4.3	4.3	90	0	0	0	0	0	0	0.1100	90
	TOTAL	11349	11349	4.7		1248	0	0	0	0	0		0.1100	1248

case1_cement roof+insu 16kg_4in_roof baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO
0

MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0 JAN	716	716	3.6	3.6	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0 FEB	666	666	3.4	3.4	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
0 MAR	794	794	3.8	3.8	87	0	0	0	0	0	0	0.1100	87
0 APR	868	868	4.0	4.0	96	0	0	0	0	0	0	0.1100	96
0 MAY	856	856	3.9	3.9	94	0	0	0	0	0	0	0.1100	94
0 JUN	815	815	3.7	3.7	90	0	0	0	0	0	0	0.1100	90
0 JUL	812	812	3.7	3.7	89	0	0	0	0	0	0	0.1100	89
0 AUG	754	754	3.6	3.6	83	0	0	0	0	0	0	0.1100	83
0 SEP	729	729	3.7	3.7	80	0	0	0	0	0	0	0.1100	80
0 OCT	754	754	3.7	3.7	83	0	0	0	0	0	0	0.1100	83
0 NOV	697	697	3.5	3.5	77	0	0	0	0	0	0	0.1100	77
0 DEC	691	691	3.7	3.7	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
TOTAL	9155	9155	4.0		1007	0	0	0	0	0		0.1100	1007

case2_cement roof+insu 16kg_5in_roof baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO
0

MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0 JAN	708	708	3.6	3.6	78	0	0	0	0	0	0	0.1100	78
0 FEB	659	659	3.3	3.3	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
0 MAR	785	785	3.8	3.8	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
0 APR	859	859	4.0	4.0	94	0	0	0	0	0	0	0.1100	94
0 MAY	846	846	3.8	3.8	93	0	0	0	0	0	0	0.1100	93
0 JUN	805	805	3.7	3.7	89	0	0	0	0	0	0	0.1100	89
0 JUL	802	802	3.7	3.7	88	0	0	0	0	0	0	0.1100	88
0 AUG	745	745	3.6	3.6	82	0	0	0	0	0	0	0.1100	82
0 SEP	720	720	3.6	3.6	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0 OCT	743	743	3.7	3.7	82	0	0	0	0	0	0	0.1100	82
0 NOV	688	688	3.5	3.5	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
0 DEC	683	683	3.7	3.7	75	0	0	0	0	0	0	0.1100	75
TOTAL	9043	9043	4.0		995	0	0	0	0	0		0.1100	995

case3_cement roof+insu 16kg_6in_roof baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO
0

MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0 JAN	632	632	2.9	2.9	70	0	0	0	0	0	0	0.1100	70
0 FEB	583	583	2.8	2.8	64	0	0	0	0	0	0	0.1100	64
0 MAR	680	680	3.0	3.0	75	0	0	0	0	0	0	0.1100	75
0 APR	722	722	3.2	3.2	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0 MAY	721	721	3.1	3.1	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0 JUN	690	690	3.0	3.0	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
0 JUL	695	695	3.0	3.0	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
0 AUG	659	659	2.9	2.9	72	0	0	0	0	0	0	0.1100	72
0 SEP	635	635	3.0	3.0	70	0	0	0	0	0	0	0.1100	70
0 OCT	658	658	3.0	3.0	72	0	0	0	0	0	0	0.1100	72
0 NOV	615	615	2.9	2.9	68	0	0	0	0	0	0	0.1100	68
0 DEC	618	618	3.0	3.0	68	0	0	0	0	0	0	0.1100	68
TOTAL	7906	7906	3.2		870	0	0	0	0	0		0.1100	870

case5_ fiber cement roof no insu baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO

0

	MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0	JAN	714	714	3.7	3.7	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0	FEB	667	667	3.5	3.5	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
0	MAR	798	798	4.2	4.2	88	0	0	0	0	0	0	0.1100	88
0	APR	896	896	4.4	4.4	99	0	0	0	0	0	0	0.1100	99
0	MAY	874	874	4.3	4.3	96	0	0	0	0	0	0	0.1100	96
0	JUN	825	825	4.1	4.1	91	0	0	0	0	0	0	0.1100	91
0	JUL	817	817	4.1	4.1	90	0	0	0	0	0	0	0.1100	90
0	AUG	751	751	3.9	3.9	83	0	0	0	0	0	0	0.1100	83
0	SEP	729	729	4.0	4.0	80	0	0	0	0	0	0	0.1100	80
0	OCT	740	740	4.2	4.2	81	0	0	0	0	0	0	0.1100	81
0	NOV	684	684	3.6	3.6	75	0	0	0	0	0	0	0.1100	75
0	DEC	683	683	4.1	4.1	75	0	0	0	0	0	0	0.1100	75
TOTAL		9179	9179	4.4		1010	0	0	0	0	0		0.1100	1010

case6_ fiber cement roof insu 16kg 4in baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO

0

	MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0	JAN	687	687	3.5	3.5	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
0	FEB	639	639	3.2	3.2	70	0	0	0	0	0	0	0.1100	70
0	MAR	762	762	3.6	3.6	84	0	0	0	0	0	0	0.1100	84
0	APR	835	835	3.8	3.8	92	0	0	0	0	0	0	0.1100	92
0	MAY	823	823	3.7	3.7	91	0	0	0	0	0	0	0.1100	91
0	JUN	783	783	3.6	3.6	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
0	JUL	780	780	3.6	3.6	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
0	AUG	723	723	3.4	3.4	80	0	0	0	0	0	0	0.1100	80
0	SEP	699	699	3.6	3.6	77	0	0	0	0	0	0	0.1100	77
0	OCT	720	720	3.5	3.5	79	0	0	0	0	0	0	0.1100	79
0	NOV	667	667	3.4	3.4	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
0	DEC	662	662	3.6	3.6	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
TOTAL		8779	8779	3.8		966	0	0	0	0	0		0.1100	966

case7_ fiber cement roof insu 16kg 5in baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E SUMMARY OF UTILITY-RATE: ELEC-1

UTILITY-RATE: ELEC-1 RESOURCE: ELECTRICITY DEMAND-WINDOW: HOUR 3413. BTU/KWH
METERS: 1 BILLING-DAY: 31 RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS BLOCK-CHARGES DEMAND-RATCHETS MIN-MON-RATCHETS

MIN-ENERGY: 0.0
MAX-ENERGY: 0.0
MIN-DEMAND: 0.0
MAX-DEMAND: 0.0
QUALIFY-RATE: ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL: NO

0

	MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
0	JAN	702	702	3.5	3.5	77	0	0	0	0	0	0	0.1100	77
0	FEB	653	653	3.3	3.3	72	0	0	0	0	0	0	0.1100	72
0	MAR	778	778	3.7	3.7	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
0	APR	850	850	3.9	3.9	94	0	0	0	0	0	0	0.1100	94
0	MAY	838	838	3.8	3.8	92	0	0	0	0	0	0	0.1100	92
0	JUN	797	797	3.7	3.7	88	0	0	0	0	0	0	0.1100	88
0	JUL	795	795	3.6	3.6	87	0	0	0	0	0	0	0.1100	87
0	AUG	738	738	3.5	3.5	81	0	0	0	0	0	0	0.1100	81
0	SEP	713	713	3.6	3.6	78	0	0	0	0	0	0	0.1100	78
0	OCT	736	736	3.6	3.6	81	0	0	0	0	0	0	0.1100	81
0	NOV	682	682	3.4	3.4	75	0	0	0	0	0	0	0.1100	75
0	DEC	677	677	3.6	3.6	74	0	0	0	0	0	0	0.1100	74
TOTAL		8960	8960	3.9		986	0	0	0	0	0		0.1100	986

```
case8_ fiber cement roof insu 16kg 6in  baan thesis floor1 and 2_rev2.1.gph     VisualDOE ver 4.1.0
REPORT- ES-E  SUMMARY OF UTILITY-RATE:  ELEC-1
```

UTILITY-RATE: ELEC-1 | RESOURCE: ELECTRICITY | DEMAND-WINDOW: HOUR | 3413. BTU/KWH
METERS: 1 | BILLING-DAY: 31 | RATE-LIMITATION: 0.0000
POWER-FACTOR: 0.80 | EXCESS-KVAR-FRAC: 0.30 | EXCESS-KVAR-CHG: 0.0000

RATE-QUALIFICATIONS

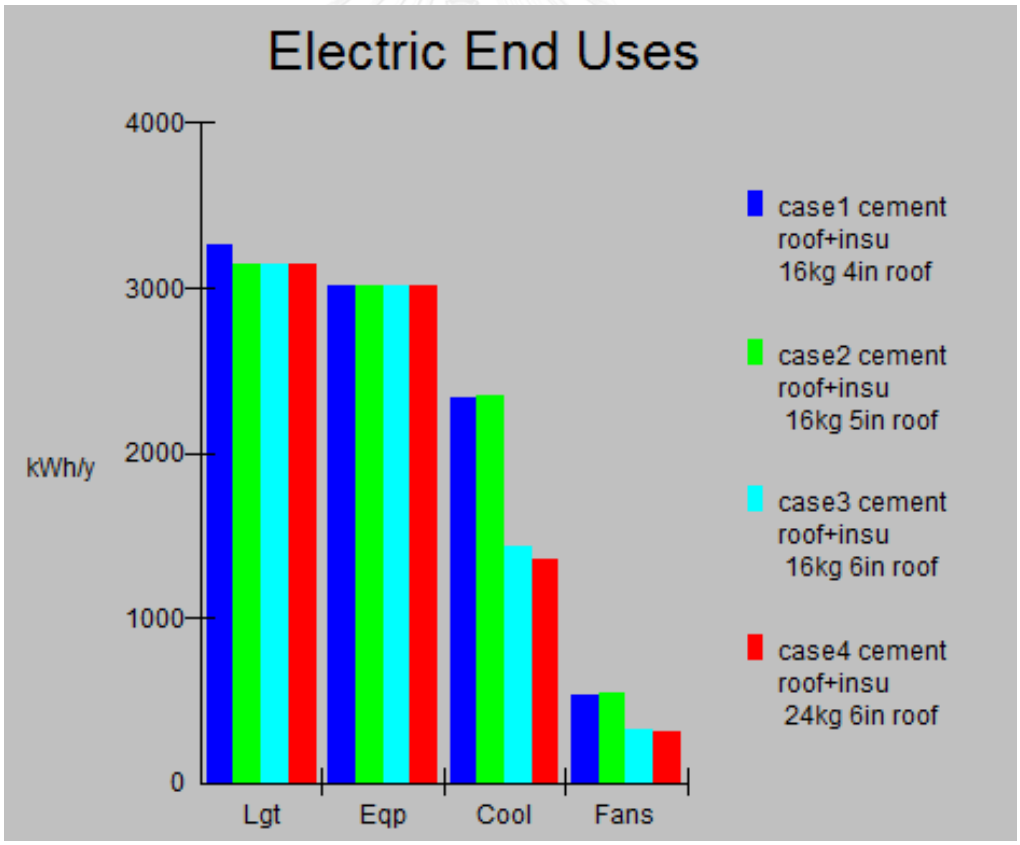
MIN-ENERGY:	0.0
MAX-ENERGY:	0.0
MIN-DEMAND:	0.0
MAX-DEMAND:	0.0
QUALIFY-RATE:	ALL-MONTHS
USE-MIN-QUAL:	NO

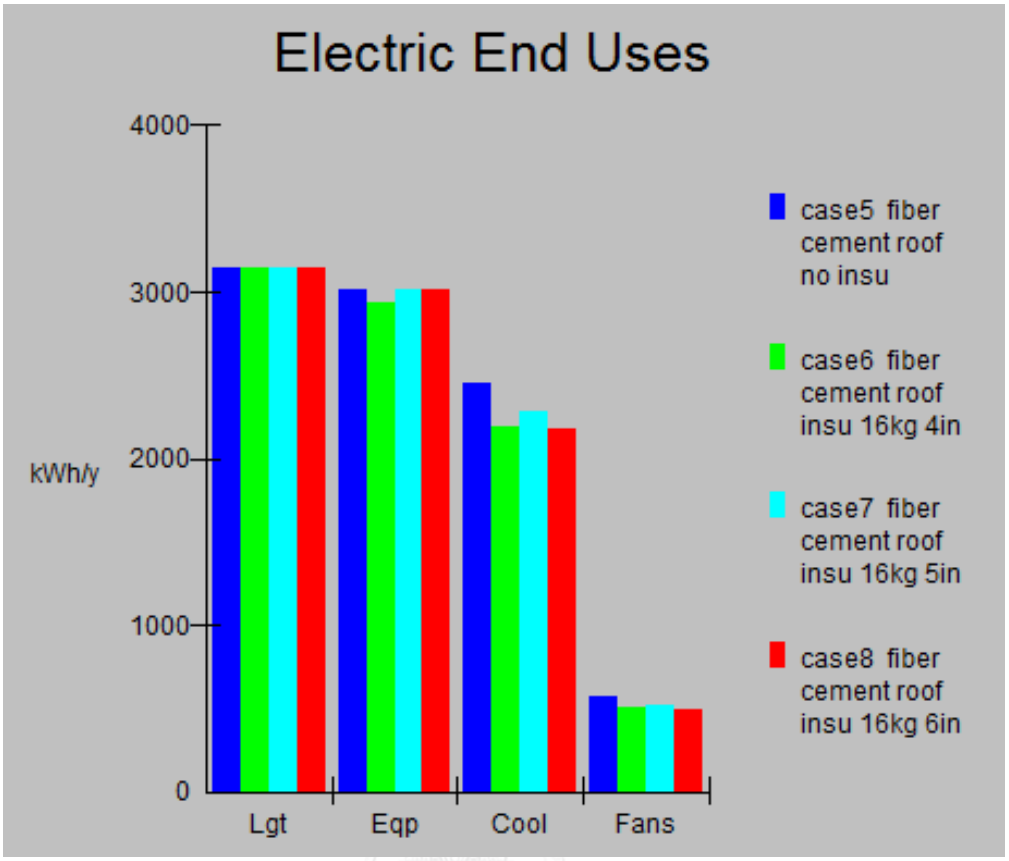
BLOCK-CHARGES

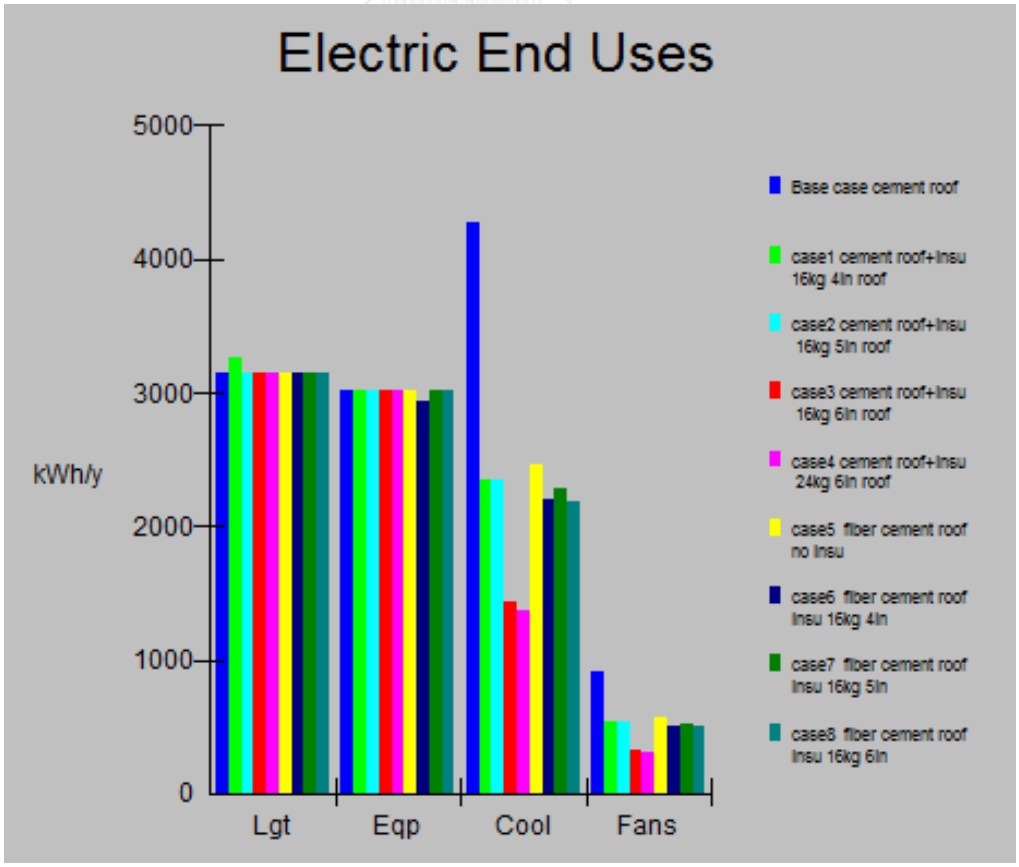
DEMAND-RATCHETS

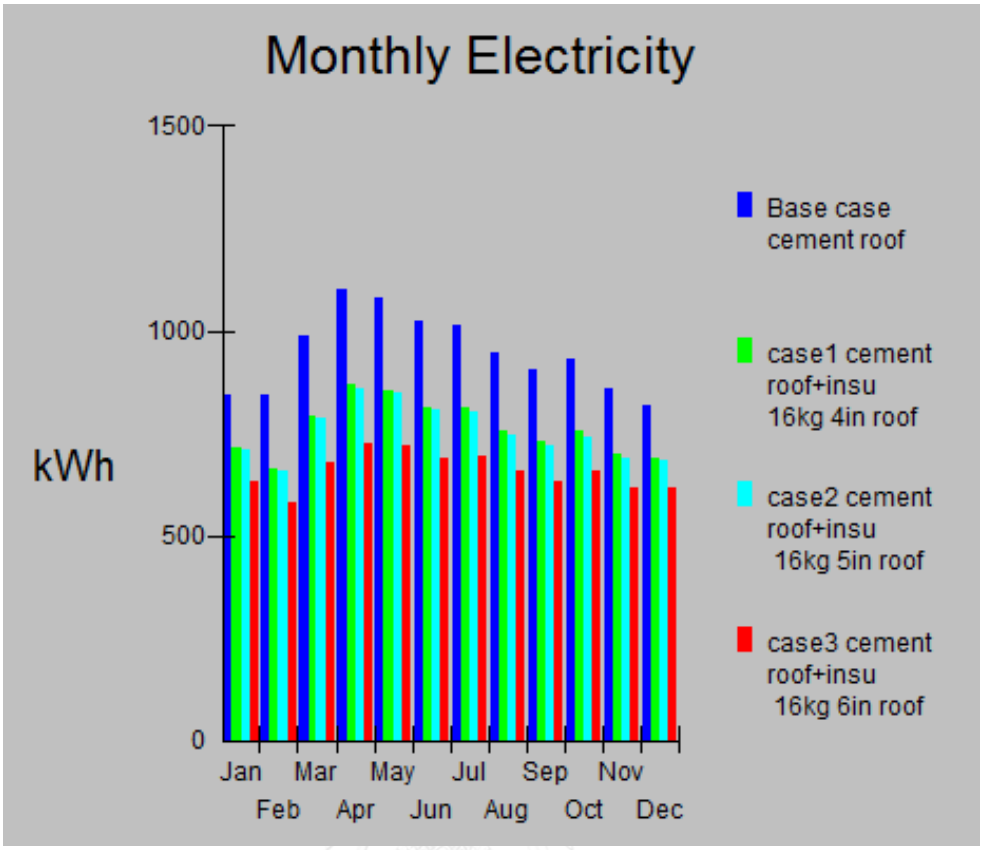
MIN-MON-RATCHETS

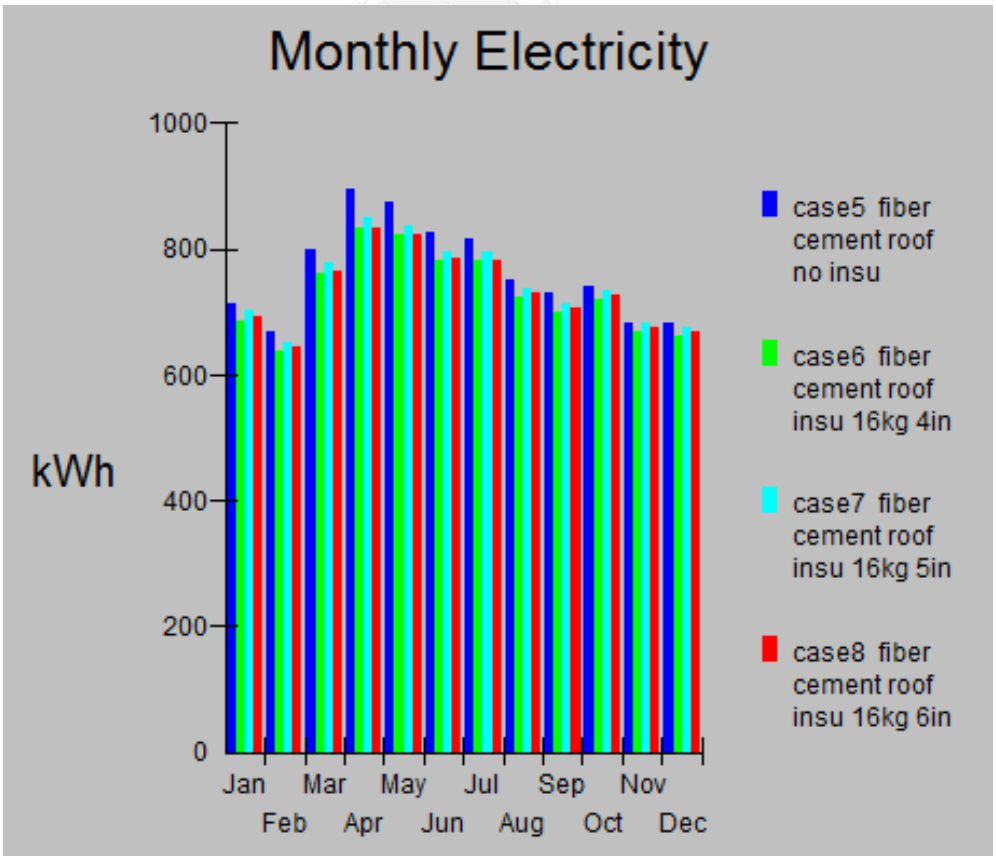
MONTH	METERED ENERGY KWH	BILLING ENERGY KWH	METERED DEMAND KW	BILLING DEMAND KW	ENERGY CHARGE ($)	DEMAND CHARGE ($)	ENERGY CST ADJ ($)	TAXES ($)	SURCHRG ($)	FIXED CHARGE ($)	MINIMUM CHARGE ($)	VIRTUAL RATE ($/UNIT)	TOTAL CHARGE ($)
JAN	693	693	3.4	3.4	76	0	0	0	0	0	0	0.1100	76
FEB	646	646	3.2	3.2	71	0	0	0	0	0	0	0.1100	71
MAR	766	766	3.5	3.5	84	0	0	0	0	0	0	0.1100	84
APR	833	833	3.7	3.7	92	0	0	0	0	0	0	0.1100	92
MAY	824	824	3.6	3.6	91	0	0	0	0	0	0	0.1100	91
JUN	785	785	3.5	3.5	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
JUL	783	783	3.5	3.5	86	0	0	0	0	0	0	0.1100	86
AUG	730	730	3.4	3.4	80	0	0	0	0	0	0	0.1100	80
SEP	705	705	3.5	3.5	78	0	0	0	0	0	0	0.1100	78
OCT	727	727	3.4	3.4	80	0	0	0	0	0	0	0.1100	80
NOV	675	675	3.3	3.3	74	0	0	0	0	0	0	0.1100	74
DEC	667	667	3.5	3.5	73	0	0	0	0	0	0	0.1100	73
TOTAL	8833	8833	3.7		972	0	0	0	0	0		0.1100	972




Electric End Uses
4000
3000
2000
1000
0
kWh/y
Lgt
Eqp
Cool
Fans
case5 fiber cement roof no insu
case6 fiber cement roof insu 16kg 4in
case7 fiber cement roof insu 16kg 5in
case8 fiber cement roof insu 16kg 6in


Electric End Uses
5000
4000
3000
2000
1000
0
kWh/y
Lgt
Eqp
Cool
Fans
Base case cement roof
case1 cement roof+insu 16kg 4in roof
case2 cement roof+insu 16kg 5in roof
case3 cement roof+insu 16kg 6in roof
case4 cement roof+insu 24kg 6in roof
case5 fiber cement roof no insu
case6 fiber cement roof insu 16kg 4in
case7 fiber cement roof insu 16kg 5in
case8 fiber cement roof insu 16kg 6in


Monthly Electricity
1500
1000
500
0
kWh
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Base case cement roof
case1 cement roof+insu 16kg 4in roof
case2 cement roof+insu 16kg 5in roof
case3 cement roof+insu 16kg 6in roof


Monthly Electricity
1000
800
600
400
200
0
kWh
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
case5 fiber cement roof no insu
case6 fiber cement roof insu 16kg 4in
case7 fiber cement roof insu 16kg 5in
case8 fiber cement roof insu 16kg 6in

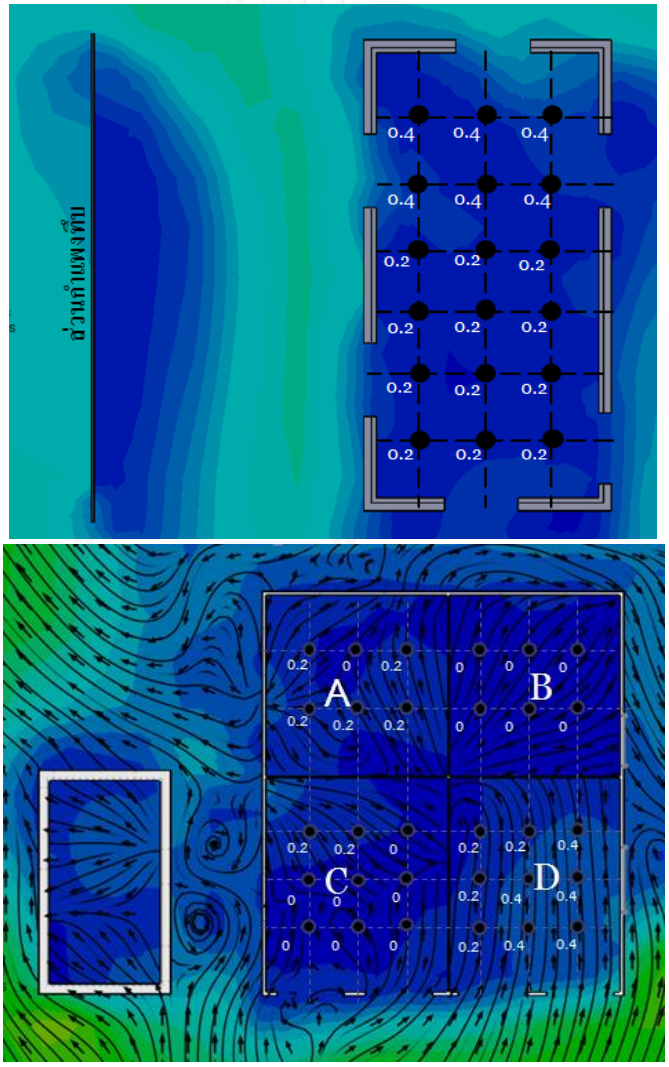
ตารางที่ 43 ระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศของผู้พักอาศัยในบ้านหัวลำโพงในแต่ละวัน

พื้นที่การใช้เครื่องปรับอากาศ	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	วันหยุดนขัตฤกษ์
ห้องนอน 1	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00
ห้องนอน 2	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00
ห้องนอน 3	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00	17.00-5.00

CFD simulation result

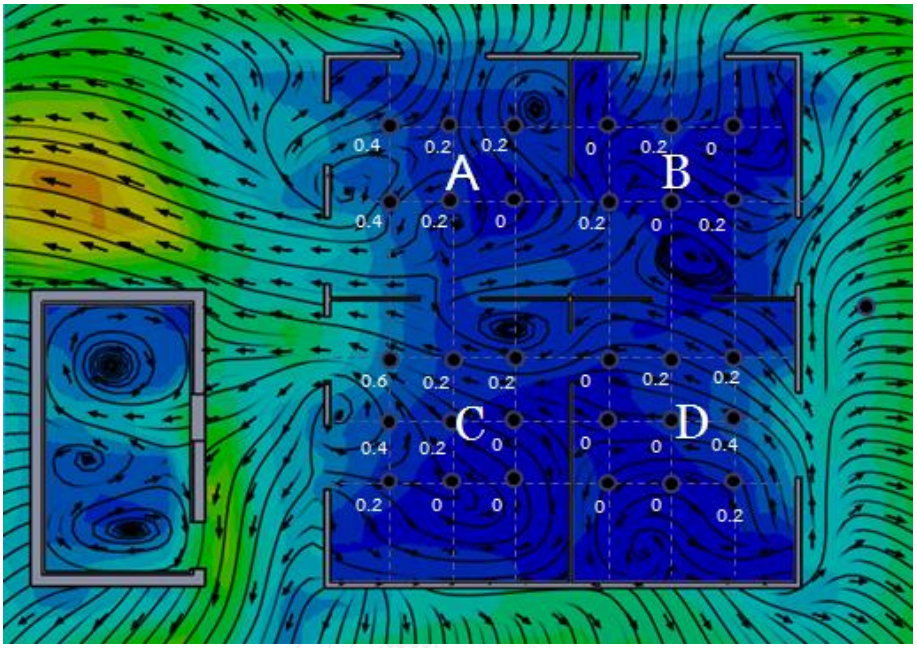
ผลการจำลองค่าอัตราความเร็วลมภายในห้องหลักของบ้านหัวลำโพง อ้างอิงค่าความเร็วลมภายนอกอาคาร 1.5 เมตรต่อวินาที อ้างอิงจากข้อมูลกระแสลมในกรุงเทพมหานครช่วงปี พ.ศ.2554-2558 โดยกรมอุตุนิยมวิทยา

ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



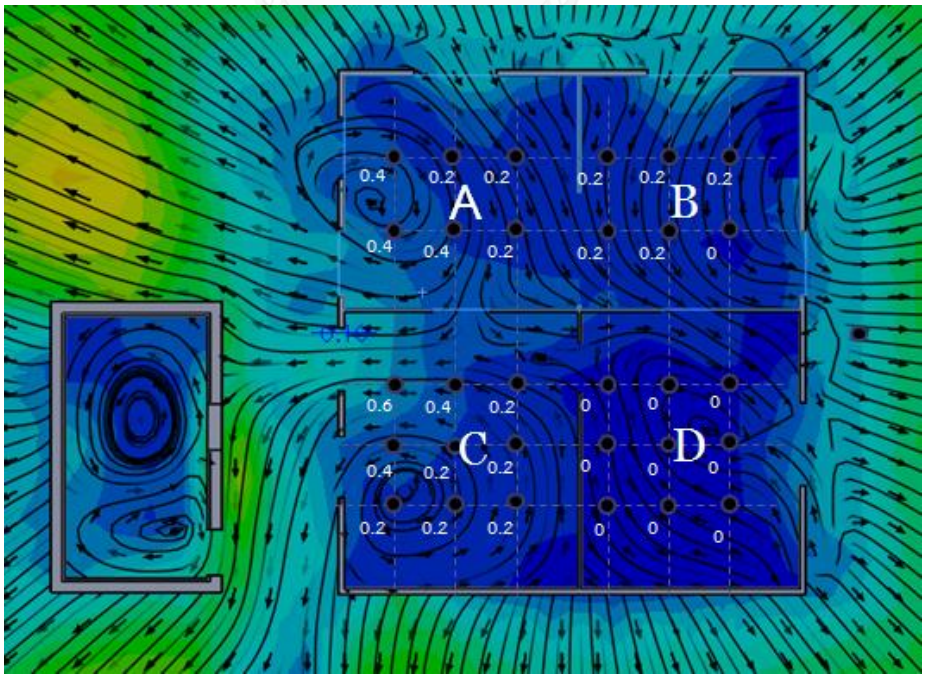
ภาพที่ 51 ผลการจำลองความเร็วลมทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณห้องนอนชั้น 1 และห้องนอน-ห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง

ทิศใต้

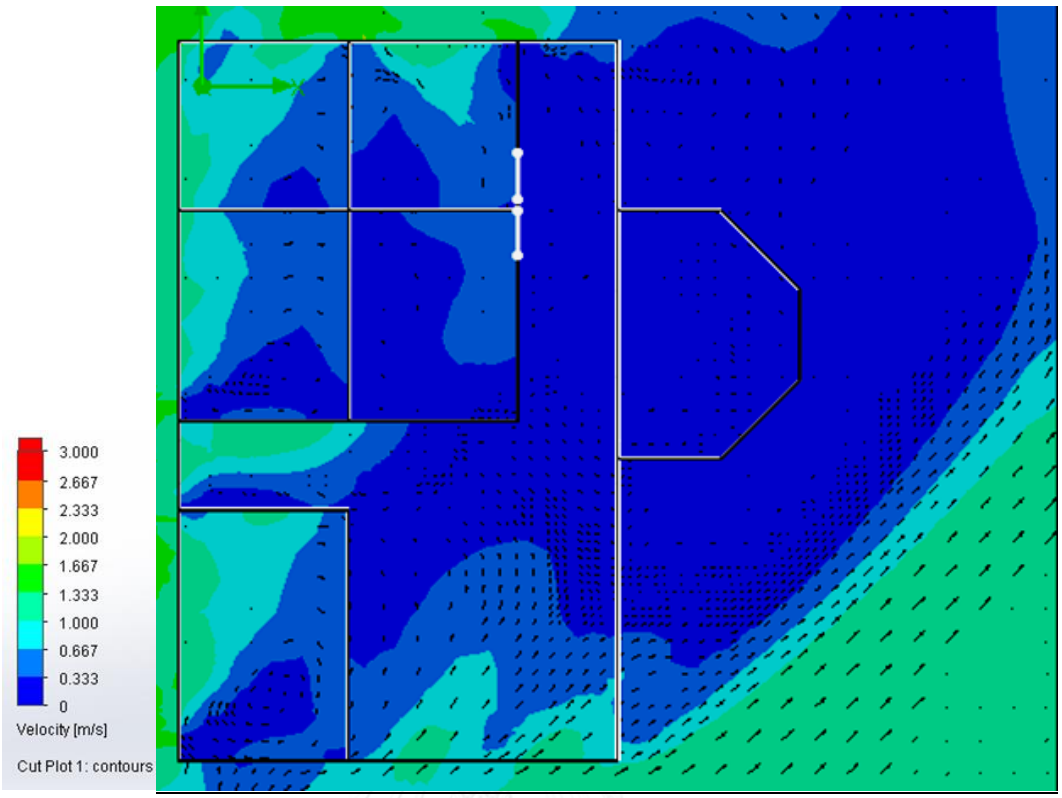


ภาพที่ 52 ผลการจำลองความเร็วลมทางทิศใต้บริเวณห้องนอนและห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง

ทิศตะวันตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 53 ผลการจำลองความเร็วลมทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในบริเวณห้องนอนและห้องแต่งตัว ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง



ภาพที่ 54 แสดงผลการจำลองความเร็วลมในบริเวณพื้นที่ชั้น 2 บ้านหัวลำโพง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

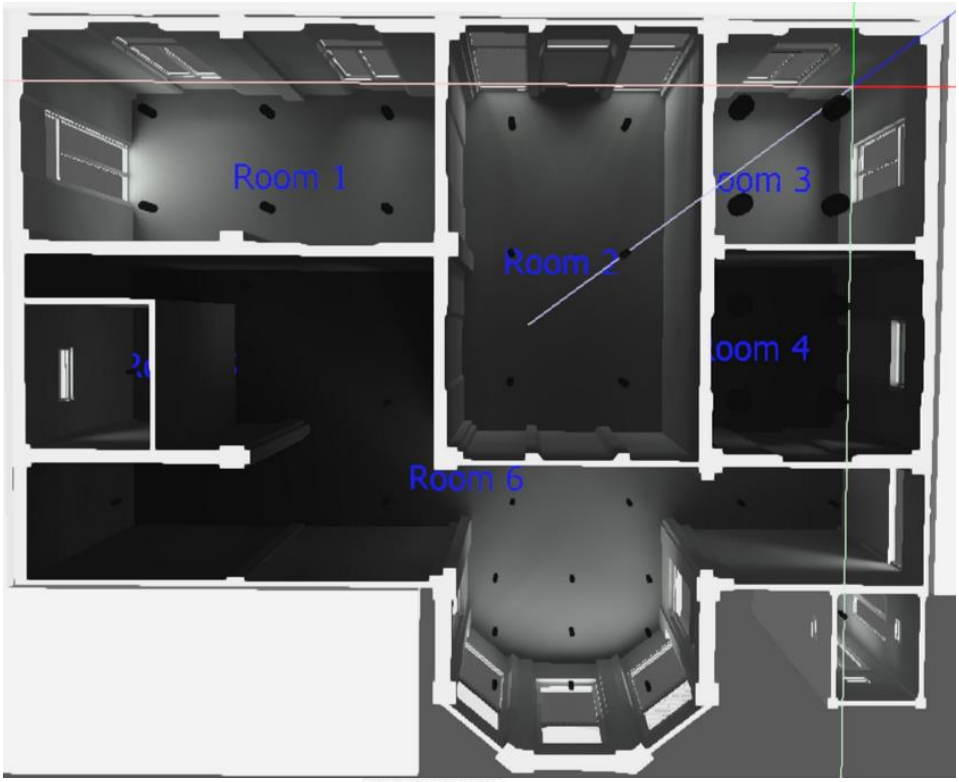
CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 2016-2016

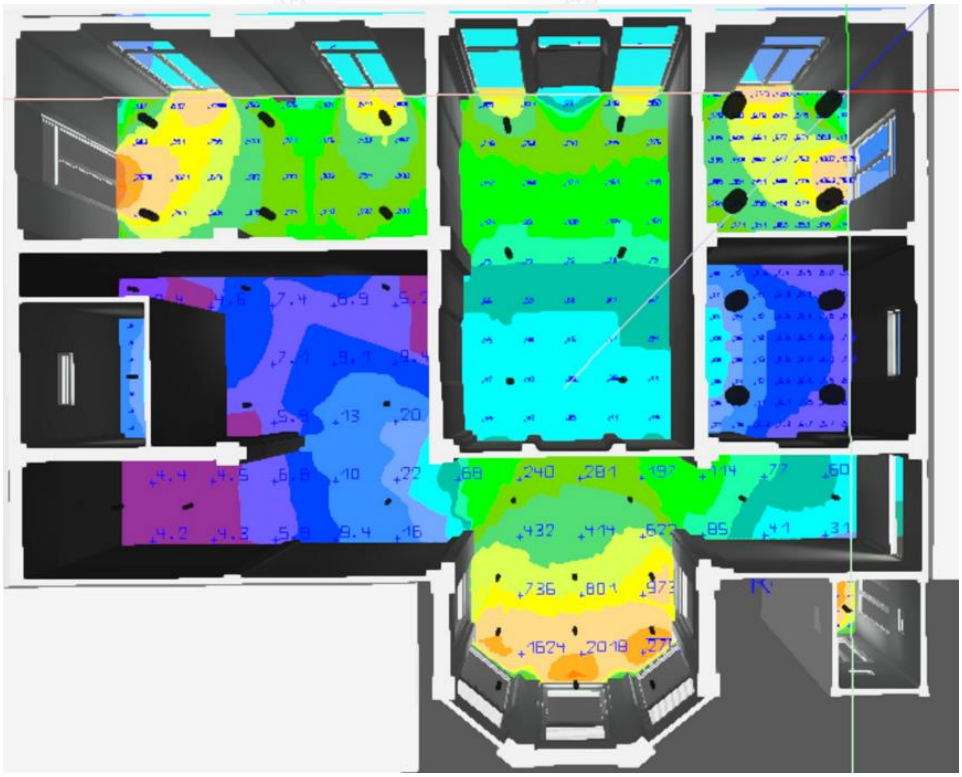
Station	BANGKOK METROPOLIS	Elevation of	3.01	Meters
Index Station	48455	Height of	4.27	Meters
Latitude	13° 43' 35.0" N	Height of	1.25	Meters
Longitude	100° 33' 36.0" E	Height of	10	Meters
		Height of	0.87	Meters

Elements		N-Years	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Annual
Pressure(hPa)	Mean	1	1013.3	1014	1011.6	1008.9	1007.6	1008.1	1007.8	1006.3	1007.7	1007.9	1010.1	1011.1	1009.53
	Mean Daily Range	1	4.8	4.9	4.5	4.7	4.6	3.8	4.1	3.8	4.7	4.7	4	4.6	4.43
	Ext.Max.	1	1022.86	1021.21	1018.02	1014	1011.72	1012.33	1011.95	1012.24	1011.55	1013.49	1015.47	1016.66	1022.86
	Ext.Min.	1	1006.37	1008.62	1005.64	1003.02	1002.16	1004.4	1003.38	1000.83	1003.13	1002.34	1005.37	1006.48	1000.83
Temperature(Celsius)	Mean Max.	1	32.6	33.5	34.9	36.7	36.3	33.9	33.9	34.1	33.2	33.1	33.5	32.7	34
	Ext.Max.	1	34.9	35.6	38.3	39.9	38.4	36.3	36.4	35.4	35.5	34.8	36.2	36.2	39.9
	Mean Min.	1	23.9	24.2	27	28.6	28.6	26.7	26.7	26.9	26	26	26.1	24.8	26.3
	Ext.Min.	1	14.8	16.2	23.8	26.6	25.1	23.5	23.7	24.7	24.7	24.2	23.8	22.1	14.8
	Mean	1	27.7	28.1	30	31.7	31.8	29.6	29.6	29.7	28.7	28.7	29.1	28	29.4
Dew Point Temp.(Celsius)	Mean	1	22.1	20.9	24.3	26	26.2	25.6	25.7	26.2	24.8	25.1	24.3	21.4	24.4
Relative Humidity(%)	Mean	1	73	67	73	74	73	81	80	82	80	82	76	68	75.9
	Mean Max.	1	88	82	87	88	87	95	93	95	92	94	90	81	89.3
	Mean Min.	1	54	49	54	53	56	66	65	68	64	65	61	56	59.2
	Ext.Min.	1	38	37	33	42	44	49	56	59	54	55	47	48	33
Visibility(Km.)	Mean	1	8.2	7	6.7	7	7.3	7	7.3	7.4	7.6	7.5	8.4	8.4	7.5
	07.00LST	1	7.2	6.2	6.1	6.7	7	6.8	6.9	6.9	7	7.3	8	8.3	7
Cloud Amount(1-10)	Mean	1	6	5	6	5	6	8	8	8	8	8	7	6	6.8
Wind (Knots)	Prev.Wind	1	NE	NE	S	S	S,SW	SW	SW	W,W	W,W	NW	NE	NE	-
	Mean	1	0.8	1.4	1.7	1.5	1.2	0.9	0.7	0.8	0.7	0.6	1	1	1
	Max.	1	13	15	17	15	16	15	10	18	15	15	13	12	18
Pan Evaporation(mm.)	Total	1	112.4	126	146.5	167.4	148.2	126.2	-	125.8	116.4	94.3	111.4	105.4	1380
Rainfall(mm)	Total	1	72.6	0	54.1	31.1	101.7	464.4	162.7	348.8	356	293.8	121.7	0	2006.9
	Num. of Days	1	9	0	2	1	6	18	13	19	22	19	9	0	118
	Daily Max.	1	32	-	28.8	31.1	51.5	141.5	46.7	55.3	72.7	49.3	30.5	-	141.5
Sunshine Duration(hr.)	Mean	1	142.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142.4
Phenomena(Days)	Fog	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haze	1	22	28	30	29	26	12	9	4	11	14	9	16	210
	Hail	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ThunderStorm	1	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	7
	Squall	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dialux Evo Daylight simulation result

1st floor Daylight factor result





- Daylight factor result in living room area

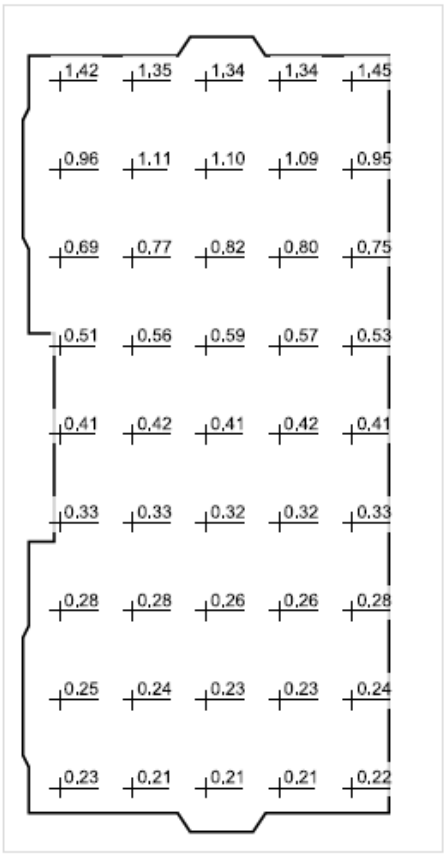
Daylight factor effective area 2

Value chart [%]

m	1.290	1.870	2.450	3.030	3.610
6.950	1.420	1.353	1.341	1.344	1.454
6.250	0.957	1.106	1.095	1.087	0.948
5.550	0.692	0.771	0.822	0.797	0.749
4.850	0.514	0.558	0.588	0.568	0.525
4.150	0.413	0.415	0.412	0.421	0.407
3.450	0.332	0.329	0.319	0.323	0.331
2.750	0.283	0.277	0.258	0.261	0.279
2.050	0.252	0.235	0.233	0.231	0.240
1.350	0.229	0.215	0.213	0.213	0.222

Daylight factor (Grid)
Min: 0.213 %, Max: 1.454 %
Rotation: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Height: 0.850 m, Wall zone: 1.000 m

Daylight factor effective area 2



- Daylight factor result in dining room area

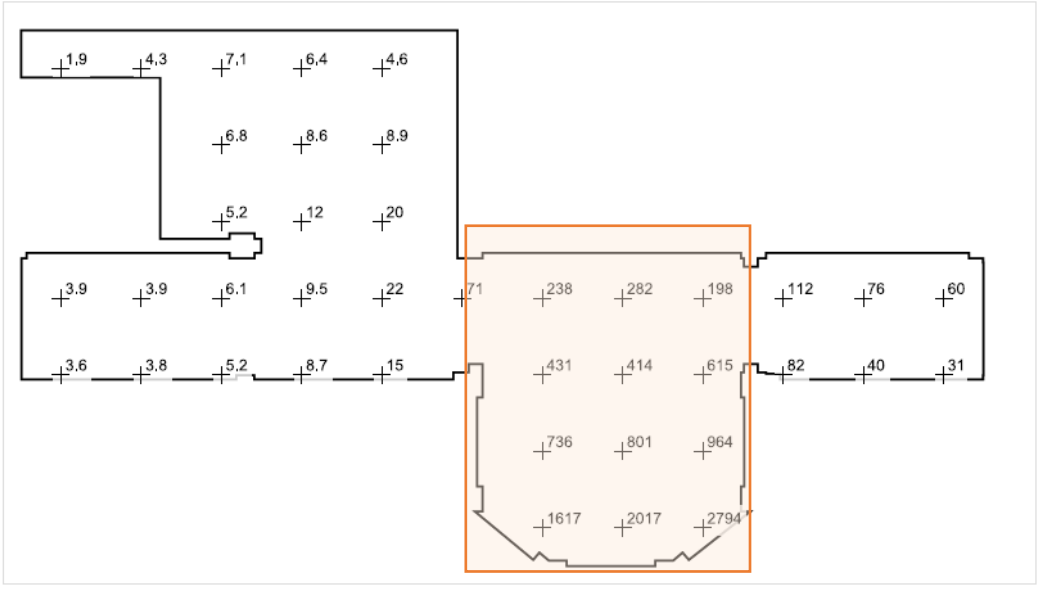
Daylight factor effective area 6

Value chart [%]

m	1.695	3.086	4.477	5.868	7.259	8.650	10.041	11.432	12.823	14.214	15.605
7.870	/	/	0.043	0.041	/	/	/	/	/	/	/
6.343	/	/	/	0.083	/	/	/	/	/	/	/
4.816	/	/	/	0.079	/	/	/	/	/	/	/
3.290	/	/	/	/	/	/	2.276	2.700	/	/	/
1.763	/	/	/	/	/	/	5.061	5.601	/	/	/

Daylight factor (Grid)
Min: 0.041 %, Max: 5.601 %
Rotation: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Height: 0.850 m, Wall zone: 1.000 m

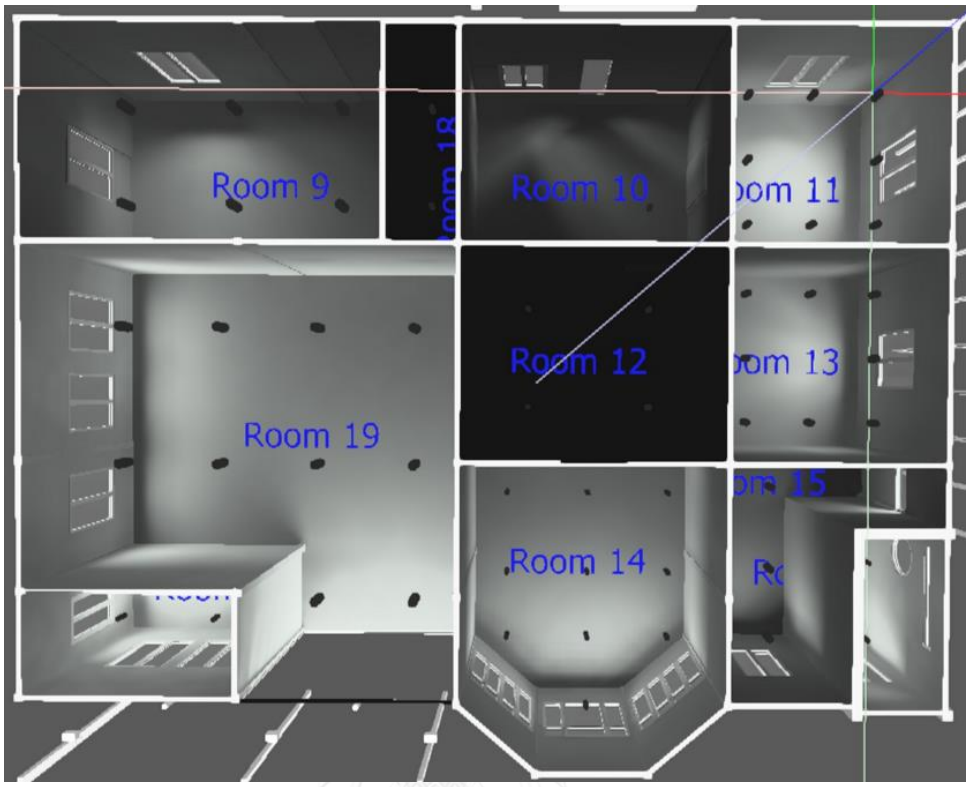
Workplane 6

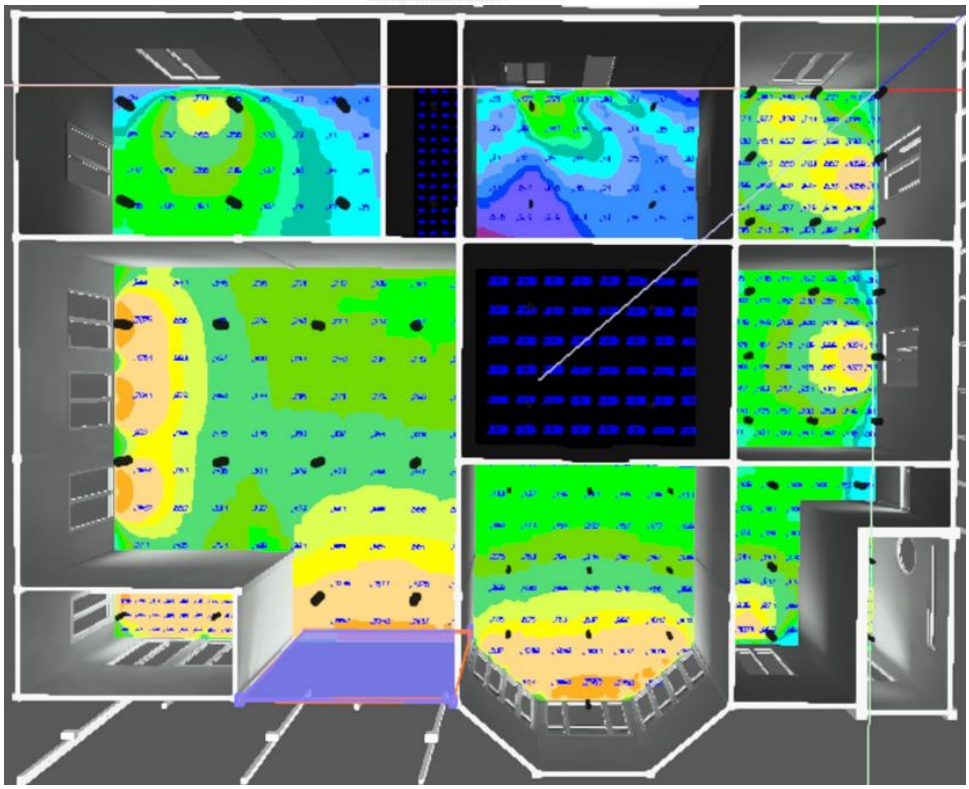


Scale: 1 : 100

Total lamp luminous flux: 324440 lm, Total luminaire luminous flux: 259229 lm, Total Load: 6480.0 W, Light yield: 40.0 lm/W

2nd floor Daylight factor result





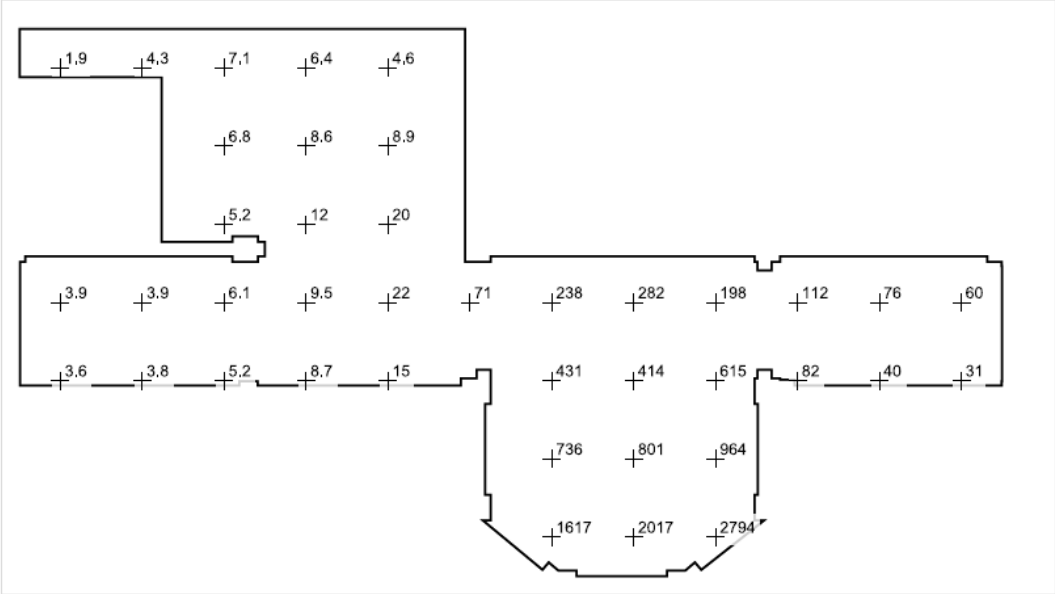
บ้านหัวลำโพง

No.	Control group	Luminaire
1	Control group 124	6 x Limburg 4399 4 E27 60W
2	Control group 161	6 x Limburg 5475 2 TC-L 40W
3	Control group 167	2 x Limburg 5341 1 TC-TELI 26W
4	Control group 225	17 x Limburg 4807 1 HST-CRI 50W
5	Control group 242	8 x Limburg 5225 2 TC-TELI 42W
6	Control group 281	12 x Limburg 1806 1 TC-DEL 18W
7	Control group 334	3 x Limburg 1806 1 TC-DEL 18W
8	Control group 349	71 x Limburg 5373 1 TC-TELI 26W
9	Control group 353	20 x Limburg 4961 1 TC-TELI 18W

Light scenes 1

Control group	Dimming values	Control group	Dimming values	Control group	Dimming values
Control group 124	100%	Control group 225	100%	Control group 334	100%
Control group 161	100%	Control group 242	100%	Control group 349	100%
Control group 167	100%	Control group 281	100%	Control group 353	100%

Workplane 6



Scale: 1 : 100

Total lamp luminous flux: 324440 lm, Total luminaire luminous flux: 259229 lm, Total Load: 6480.0 W, Light yield: 40.0 lm/W

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว พัชรี ตรัยวรภัค

เกิดเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2521

การศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยหัวเฉียว เฉลิมพระเกียรติ

ศึกษาต่อ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2559

การทำงาน

IBM และ Hitachi GST ตำแหน่ง Logistic specialist , SAP Business analyst

Atos IT Solution ตำแหน่ง SAP Consultant

Thai Union ตำแหน่ง CBI Deputy department manager , Project manager

Chulalongkorn University