# การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

นายรวิช ควรประเสริฐ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# THE STUDY OF BUILDING ENERGY INDEX IN HOT- HUMID REGION

Mr. Ravij Kuanprasert

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น |
| โดย | นายรวิช ควรประเสริฐ |
| สาขาวิชา | สถาปัตยกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ |

---

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฉันทวิลาสวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ
(คุณเกชา ธีระโกเมน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวิช ควรประเสริฐ: การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น. (THE STUDY OF BUIL ENERGY INDEX IN HOT- HUMID REGION) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ร วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 384 หน้า.

อัตราการใช้พลังงานในอาคารมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี มีสัดส่วนร้อยละ 20.2 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งประเท ใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศเป็นสัดส่วนสูงมากสำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น การลดปริมาณการใช้พล ดังกล่าวและการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน หลายประเทศออกข้อกำหนดและมาตรฐานต่างๆ ได้แก่ LEED, BREEAM, CA และ GREENMARK เป็นต้น

การออกแบบอาคารมีความสำคัญอย่างมากต่อการลดปริมาณการใช้พลังงาน ความเข้าใจปัจจัยด้านพล สิ่งแวดล้อมและสภาวะน่าสบายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบ ผลการศึกษาวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงต่อปริมา ใช้พลังงานสำหรับการออกแบบอาคาร ได้แก่ 1) สภาพแวดล้อม 2) รูปทรงอาคาร 3) คุณสมบัติวัสดุก่อสร้างและวิธีการ และ 4) ประสิทธิภาพอุปกรณ์และเครื่องจักร ตามลำดับ ดังนั้นการออกแบบเพื่อให้อาคารประหยัดพลังงานและอ สิ่งแวดล้อมสามารถประเมินผลได้โดยดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น มีรายละเอียดดังนี้

$$I_{CUTS} = I_C * I_U * I_T * I_S$$
$$= 1/COP * \Sigma U.S * \Delta T * S/A$$

COP หมายถึงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ U (W/ $m^2{}^oK$)หมายถึงสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ S หมายถึงพื้นที่เปลือกอาคาร $\Delta T$ ($^oc$) หมายถึงอุณหภูมิอากาศ และA ($m^2$)หมายถึงพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารเกิดจากผลรวมความสัมพันธ์ของ 4 ตัวแปร เพื่อใช้ระบุเกณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพก พลังงานในอาคาร อาคารมาตรฐานทั่วไปดัชนีชี้วัดเฉลี่ย $I_{CUTS}$ 36.32 w/$m^2$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 23.28 โดยอาค ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าดัชนีชี้วัดเท่ากับ 0.60 w/$m^2$ และอาคารที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดมีค่าดัชนีชี้วัด 116.66 w/$m^2$ ผู้ออก สามารถปรับปรุงปัจจัยทั้งหมดเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารได้ถึง 194 เท่า หากปรับปรุงอาคารโดยใช้ปัจจัยบา สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงอุณหภูมิอากาศ $I_T$ เพียงปัจจัยเดียวสามารถลดปริมาณการใช้พล ได้ 4 เท่า การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ $I_U$ ลดการใช้พลังงานได้ 23.56 เท่า และการเปลี่ยนหรือปรับปรุงระบบ อากาศ $I_C$ สามารถลดการใช้พลังงาน 1.48 เท่า ส่วนการลดพื้นที่ผิวอาคาร $I_S$ สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานได้อย่าง แต่สำหรับอาคารเดิมการลดพื้นที่ผิวของเปลือกอาคารนั้นควรวิเคราะห์การคุ้มทุนและความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามการปรับ อาคารหรือการออกแบบอาคารโดยใช้ปัจจัยเพียง 3 ปัจจัยที่กล่าวมา สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพดีกว่าเดิมถึง 94.26

ดัชนีการใช้พลังงานนี้คำนวณได้โดยง่าย สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการออกแบบเบื้องต้น เหมาะสำหรับเจ้ อาคาร สถาปนิก วิศวกร และผู้ออกแบบด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากปัจจัยทั้งสี่สามารถมองภาพรวมของการประหยัดพลัง ของอาคารอย่างชัดเจน ผู้ประเมินสามารถปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ดีขึ้นได้ตามความเหมาะสม

ภาควิชา .....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....รวิช ควรประเสริฐ.....

สาขาวิชา .....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา .....2550..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## # 4574908725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : ENERGY INDEX / HOT- HUMID CLIMATE / BUILDING PERFORMANCE / EVALUATION TOOLS

RAVIJ KUANPRASERT : THE STUDY OF BUILDING ENERGY INDEX IN HOT- HUMID REGION.

THESIS ADVISOR : PROF. DR. SOONTORN BOONYATIKARN, THESIS COADVISOR:

ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D., 384 pp.

Energy consumption in buildings has increased over decades as 20.2 % of total natior consumption today. To solve the problems as well as global warming issues, the energy indices have be introduced and applied such as LEED, BREEAM, CASBEE, and GREENMARK. As a hot-humid climate, a condition is a major portion of consumption in buildings.

To start conserve energy use in building, architects need to understand and make an appropria energy conservation design and provide a complete human comfort of building environments. It is found th microclimate temperature is a major impact factor to energy use inside buildings. Then, the area of buildi envelops and its materials need to conciliate with. The last factor is equipments and their efficiencies. Tho singular factors all together can reduce energy consumption. It can concluded that architect can reduce ener consumption by improving the major influence factors, started with 1) site and location, 2) building form, materials, and 4) equipment efficiency, respectively. The Building Energy Performance Index in Hot-hum region is defined as

$$I_{CUTS} = I_C * I_U * I_T * I_S$$
$$= 1/COP * \Sigma U.S * \Delta T * S/A$$

COP is the coefficient of performance of air-conditioner, $\Sigma U$(W/ $m^{2o}$k) is the sum of the rate of he flow over envelope, S($m^2$) is the surface area, $\Delta T$($^o$c) is the temperature difference and A($m^2$)is the usable area

The Building Energy Performance Index, which can be used to measure the energy efficiency level a building, is the result of composition of 4 singular index studied in this research. A standard building will ha the average composite index of 36.32 w/$m^2$ with standard deviation of 23.28. In the study, the most efficie building marks 0.60 w/$m^2$ and the least efficient building 116.66 w/$m^2$.

The results also show that improvement of those singular factors help to reduce energy consumptic up to 194 times. The index would help to identify the necessary modification factor(s) of individual building make it become more energy efficient. For example, the improvement of $I_T$ will increase efficiency by 4.00 time $I_U$ 23.56 times and $I_C$ 1.48 times. Whereas modification of $I_S$ does not reflex a cost-effective investment ar possibility. The three former factors, if combined, will significantly increase Building Energy Performance as hig as 94.26 times. However, an individual index factor is simply applicable to evaluate or estimate ener consumption from initial design stage, construction stage, and throughout building operation.

Building Energy Performance Index with Energy Index Checklist, computer program, and inde formula can be initially applied as a simple tool for building owners and appropriate design guideline f designers. It helps to have a clear picture to improve all four significant factors.

Department.....ARCHITECTURE..... Student's signature.....R.K.....

Field of study.....ARCHITECTURE..... Advisor's signature.....Soontorn Boonyatikarn.....

Academic year.....2007..... Co-advisor's signature.....Vorasun Buranakarn.....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปโดยดี ด้วยความกรุณาของ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้โอกาสในการศึกษาต่อตั้งแต่เริ่มต้นตลอดจนให้คำปรึกษา ข้อแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฉันทวิลาสวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร รวมถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และขอขอบพระคุณหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาให้กับผู้วิจัยตลอดช่วงที่ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณนิพัทธ์ ซื่อตรง กรรมการผู้จัดการบริษัทนิพัทธ์แอนด์แอสโซซิเอทส์ จำกัด สำหรับคำปรึกษาในการทำดัชนีสำหรับงานสถาปัตยกรรม และคุณเกชา ธีระโกเมน กรรมการผู้จัดการบริษัทบริษัท เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด สำหรับคำปรึกษาในการทำดัชนีสำหรับงานวิศวกรรมอาคารที่กรุณาให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้ไม่สามารถลุล่วงได้หากปราศจากความอนุเคราะห์จากหน่วยงาน และสถานศึกษาอันประกอบด้วยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยี่แห่งเอเชีย, Center of Excellence, คุณสินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, ดร. จญาดา บุณยเกียรติ, อ. พรรณจิรา ทิศาวิภาต, อ.มาดดี ตั้งพานิช, อ.รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, Dr. Saeed Zaki, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนินทร์ ทิพโยภาส, Andrew Chiu และ Dr. Chafia Ferhat รวมถึงนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีอาคารฯ และพนักงานของหน่วยงาน Center of Excellence ทุกท่านที่ที่ช่วยเหลือด้านวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยและตรวจทานภาษาอย่างดีรวมถึงเพื่อนสถาปนิกและวิศวกร ที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถาม ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบคุณ ณ ที่นี้ด้วย

**ท้ายที่สุดขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจ ขอขอบพระคุณบิดา มารดาซึ่งมีพระคุณต่อผู้วิจัยตั้งแต่ผู้วิจัยถือกำเนิดมาและเป็นแรงบันดาลใจในทุกสิ่งทุกอย่าง ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้คงทำให้ท่านภูมิใจบ้างไม่มากก็น้อย**

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

สารบัญแผนภูมิ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 3

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 6

1.3 ระเบียบวิธีและขั้นตอนการศึกษา..... 6

1.4 ขอบเขตการศึกษา..... 7

1.5 วิธีการสร้างดัชนี..... 7

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

บทที่ 2 ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

2.1 ทฤษฎีแนวทางการทำดัชนี..... 9

2.1.1 ความหมายของดัชนี..... 9

2.1.2 ประเภทของดัชนี..... 13

2.1.3 หลักการทั่วไปของการสร้างดัชนี..... 14

2.1.4 เกณฑ์คุณสมบัติมาตรฐานของดัชนี..... 16

2.2 การศึกษาดัชนีสำคัญที่ใช้ในภูมิภาคอื่น..... 18

2.2.1 ระเบียบการประเมินมาตรฐานและดัชนีคาร์บอน แซพ (The Standard Assessment Procedure and carbon index, SAP)..... 18

2.2.2 กระบวนการประเมินสภาพแวดล้อมของอาคาร บรีม (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM)..... 19

2.2.3 ดัชนีกรีนมาร์ค (Green Mark Rating) ..... 20

หน้า

2.2.4 ระบบการประเมินประสิทธิภาพสภาพแวดล้อมของสิ่งก่อสร้าง แคสบี้ (CASBEE)..... 20
2.2.5 ระบบการประเมินความเป็นผู้นำการออกแบบด้านพลังงานและสภาพแวดล้อม ลีด (LEED)..... 21
2.3 แนวทางการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น..... 27
2.3.1 ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม..... 29
2.3.2 รูปทรงและทิศทางอาคาร..... 34
2.3.3 เปลือกอาคาร..... 34
2.3.4 การรั่วซึมของอากาศ..... 38
2.3.5 การนำความร้อน..... 42
2.3.6 การใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ในอาคาร..... 43
2.3.7 อุปกรณ์งานระบบและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ภายในอาคาร... 44
2.3.8 ลักษณะการใช้งานในอาคารและภาระที่เป็นผลมาจากพฤติกรรมการใช้อาคาร..... 46
บทที่ 3 การจำแนกตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อดัชนี..... 48
3.1 สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์ในเขตร้อนชื้น..... 48
3.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร..... 54
3.3 การวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญที่สัมพันธ์กับภาระปรับอากาศ..... 57
3.4 แนวทางการกำหนดกรณีอาคารศึกษาที่นำมาประเมินค่าดัชนี..... 65
3.5 แนวทางการแบ่งคะแนนเพื่อประเมินค่าดัชนี..... 66
3.6 ค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี..... 68
บทที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของดัชนี..... 86
4.1 การวิเคราะห์ดัชนีเชิง ΔT..... 101
4.2 การวิเคราะห์ดัชนีในเชิง ∑U.A..... 105
4.3 การวิเคราะห์ดัชนีในเชิง SURFACE / USABLE AREA..... 109
4.4 การวิเคราะห์ดัชนีฯ ในเชิง 1/COP..... 113
4.5 การวิเคราะห์สัดส่วนดัชนีวัดประสิทธิภาพอาคาร..... 117
บทที่ 5 การทดสอบการประเมินค่าดัชนี..... 121

หน้า

5.1 การสร้างเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีอาคาร..... 121
5.2 ตัวอย่างแบบประเมินดัชนี..... 133
5.3 ตัวอย่างการประมวลผลและประเมินค่าดัชนี..... 140
5.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนี $I_{CUTS}$ กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้..... 144
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 148
6.1 บทสรุป..... 148
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 154
รายการอ้างอิง..... 162
ภาคผนวก..... 170
ภาคผนวก ก ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อนของวัสดุ..... 171
ภาคผนวก ข ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมแยกตามลักษณะพื้น ผนัง กระจก และหลังคาของอาคาร..... 176
ภาคผนวก ข1 ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของพื้นอาคาร..... 177
ภาคผนวก ข2 ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของผนังอาคาร..... 193
ภาคผนวก ข3 ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของกระจกอาคาร..... 199
ภาคผนวก ข4 ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของหลังคาอาคาร ..... 201
ภาคผนวก ค ข้อมูลสำรวจอาคารตัวอย่างในงานวิจัย..... 212
ภาคผนวก ง แบบประเมินดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร (BUILDING ENERGY PERFORMANCE INDEX CHECKLIST) 375
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 384

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | ดัชนี BREEAM และดัชนี CASBEE ไม่มีกลุ่มนวัตกรรม ทำให้แตกต่างจากดัชนี LEED และดัชนี Green Mark ..... | 23 |
| 2-2 | แสดงค่าขั้นต่ำของประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเปลือกอาคาร..... | 24 |
| 2-3 | แสดงปริมาณของอากาศรั่วซึมที่แรงดันแตกต่างปานกลาง ; 75 ปาสคาล (ระดับความดันแตกต่าง 0.3 นิ้วน้ำ)..... | 40 |
| 2-4 | แสดงอัตราอากาศรั่วซึมของอากาศที่ลดลง กรณีที่ใช้แผ่นยางเสริมเพื่อลดอัตราการรั่วซึม ..... | 41 |
| 3-1 | แสดงปัจจัยต่าง ๆ สำหรับภาวะน่าสบายของมนุษย์..... | 50 |
| 3-2 | Metabolism Rate and Activity Factor..... | 51 |
| 3-3 | Clo- value Factor ..... | 51 |
| 3-4 | ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์เมตริกซ์ระหว่างตัวแปรความน่าสบาย (Comfort Factors) กับภาความน่าสบาย (Comfort Zone) ของมนุษย์..... | 53 |
| 3-5 | แสดงรายละเอียดและความหมายค่าคะแนนดัชนีโดยเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐาน..... | 67 |
| 3-6 | ข้อมูลอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมงของภูมิภาคต่าง ๆ ในปี 2546..... | 69 |
| 3-7 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 11.30 น. สถานที่บ้านราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ..... | 70 |
| 3-8 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 12.30 น. สถานที่แม่น้ำเจ้าพระยา เขตคลองสาน กรุงเทพฯ..... | 71 |
| 3-9 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 13.30 น. สถานที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ..... | 72 |
| 3-10 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 12.30 น. สถานที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตพญาไท กรุงเทพฯ..... | 73 |
| 3-11 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 13.30 น. สถานที่บ้านรศ.ดร. ทิพย์สุดา ปทุมานนท์ ..... | 74 |
| 3-12 | แสดงผลค่า Temperature Difference Factors Index ($I_t$)..... | 75 |
| 3-13 | แสดงอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และค่า Enthalph ของลมกลับและลมจ่าย..... | 83 |

| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-14 | แสดงตารางเปรียบเทียบดัชนีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ($I_c$) ตามกฎหมาย..... | 84 |
| 3-15 | แสดงประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศที่กำหนดตามกฎหมาย..... | 85 |
| 4-1 | การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในอาคาร..... | 87 |
| 4-2 | แสดงรายละเอียดดัชนีข้อมูลเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์จากข้อมูลอาคารตัวอย่าง.... | 87 |
| 4-3 | แสดงการให้คะแนนค่าดัชนีเทียบกับค่าดัชนีมาตรฐาน (Index Scoring)..... | 96 |
| 4-4 | แสดงค่าต่ำสุด, สูงสุด, ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $I_{CUTS}$.. | 98 |
| 4-5 | แสดงข้อกำหนดหลักเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก... | 113 |
| 5-1 | แสดงข้อมูลของอาคารแยกตามสัดส่วนของพื้นที่ร้อยละของภูมิสถาปัตยกรรม... | 127 |
| 5-2 | แสดงข้อมูลของการให้คะแนนเพื่อประเมินดัชนีความแตกต่างอุณหภูมิ..... | 127 |
| 5-3 | แสดงความหมายของฉลากแสดงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อเทียบกับดัชนี | 131 |
| 5-4 | แสดงประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศ ตามอายุการใช้งาน..... | 131 |
| 6-1 | แสดงกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกตามประเภทอาคาร..... | 155 |
| 6-2 | แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารตัวอย่าง 4 หลัง..... | 158 |


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1-1 | แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั้นโอโซนที่ถูกทำลายในบรรยากาศบริเวณทวีปอาร์คติค ในช่วงปี ค.ศ. 1967- 1997…… | 2 |
| 1-2 | การใช้พลังงานของโลกจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ..... | 3 |
| 1-3 | แสดงปริมาณบริโภคพลังงานไฟฟ้าเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross domestic Product, GDP) ของประเทศไทย..... | 4 |
| 1-4 | แสดงสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ข้อมูลปี พ.ศ. 2549..... | 5 |
| 2-1 | แสดงการทำงานของ Balanced Scorecard เพื่อช่วยการตัดสินใจในการบริหาร... | 11 |
| 2-2 | แสดงลักษณะของ Management Cockpit) เพื่อช่วยการตัดสินใจ..... | 11 |
| 2-3 | แสดงตัวอย่างฉลากอาคาร ตามโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฯ ..... | 26 |
| 2-4 | แสดงตัวแปรต่าง ๆ 6 ประการที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนในภาวะปกติ.. | 28 |
| 2-5 | แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้ระดับความสูงต่าง ๆ เพื่อสร้างสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ…… | 33 |
| 2-6 | สภาพแวดล้อมที่ไม่ได้รับการปรับปรุง อุณหภูมิ 39-25 = 14 องศาเซลเซียส..... | 33 |
| 2-7 | สภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุง อุณหภูมิ 32-25 = 7 องศาเซลเซียส..... | 33 |
| 2-8 | แสดงบริเวณที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังบริเวณฉนวนที่อยู่ด้านในอาคาร ซึ่งยากแก่การควบคุม..... | 36 |
| 2-9 | แสดงจุดที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังบริเวณของฉนวนที่อยู่ด้านนอกของอาคาร ทำให้สามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่า..... | 36 |
| 2-10 | แสดงความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารต่อการรั่วซึมของอากาศ..... | 38 |
| 2-11 | แสดงระดับความสว่างของห้อง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากช่องเปิดอาคารและมุมตกกระทบของแสง..... | 43 |
| 2-12 | แสดงการใช้แสงประดิษฐ์ประกอบ พบว่ามีความต้องการแสงสว่างที่ต้องการเพียง 1/8 ของปริมาณแสงสว่างทั้งหมดที่ตกลงบนพื้นที่ใช้งานเท่านั้น..... | 44 |
| 2-13 | แสดงแนวคิดการนำลมธรรมชาติเข้ามาหมุนเวียนใช้ในอาคาร..... | 45 |
| 3-1 | แสดงขอบเขตภาวะน่าสบายของมนุษย์ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ..... | 48 |
| 3-2 | แสดงขอบเขตภาวะน่าสบายของมนุษย์แยกตามโซน..... | 52 |
| 3-3 | แสดงตัวอย่างรูปแบบสภาพแวดล้อมพื้นที่ A (Softscape) และพื้นที่ B (Hardscape) กับอาคารนั้นให้มีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัย..... | 57 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-4 | แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (° C) ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549..... | 59 |
| 3-5 | แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบปิรามิดฐานจัตุรัส มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย | 62 |
| 3-6 | แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบทรงกลม มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย..... | 62 |
| 3-7 | แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบลูกบาศก์สี่เหลี่ยมฐานจัตุรัส มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย..... | 62 |
| 3-8 | แสดงตัวอย่างผังพื้นกลุ่มอาคาร ที่มีลักษณะออกแบบมีลานโล่งกลางอาคาร..... | 63 |
| 3-9 | แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารที่มีลักษณะซับซ้อน (Complex Form)..... | 63 |
| 3-10 | แสดงตัวแปรของดัชนีพลังงาน (Energy Index Factors)..... | 64 |
| 3-11 | แสดงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากัน..... | 77 |
| 3-12 | แสดงฉลากระดับประสิทธิภาพมาตรฐานเบอร์ 5 ปี 2549..... | 84 |
| 4-1 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_C$, 1/ COP ..... | 98 |
| 4-2 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_U$, $\Sigma$U.S... ..... | 99 |
| 4-3 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_T$, $\Delta$T..... ..... | 99 |
| 4-4 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_S$, S/A..... ..... | 100 |
| 4-5 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_{CUTS}$ ..... ..... | 100 |
| 5-1 | ลักษณะปัจจัยร่มเงาของภูมิสถาปัตยกรรมที่มีผลต่ออาคาร..... | 122 |
| 5-2 | ลักษณะต้นไม้ทรงสูงและพุ่มใบหนาแน่นมาก ปานกลาง และน้อย..... | 123 |
| 5-3 | ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นมาก, ต้นแก้ว..... | 124 |
| 5-4 | ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นปานกลาง, ต้นโมกพวง..... | 124 |
| 5-5 | ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นน้อย, ต้นยี่เข่ง..... | 125 |
| 5-6 | แสดงลักษณะร่มเงาจากอาคารข้างเคียง..... | 125 |
| 5-7 | แสดงคำนวณหา U เฉลี่ยของพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคาร..... | 128 |
| 5-8 | แสดง Builldg Form Ratio จากพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย..... | 129 |

| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5-9 | แสดงรายละเอียดการคำนวณหา Buildg Form Ratio…….... | 129 |
| 5-10 | แสดงฉลากประหยัดไฟของเครื่องปรับอากาศ..... | 130 |
| 5-11 | แสดงอุปกรณ์ตรวจวัด Thermo Gun…… | 132 |
| 5-12 | แสดงอุปกรณ์ตรวจวัด Thermo Couple ……. | 132 |
| 6-1 | แสดงผังพื้นบ้านแบบ H-08 ชั้น 1 และ 2..... | 150 |


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญแผนภูมิ


| แผนภูมิ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | กระบวนการจัดทำร่างดัชนี..... | 14 |
| 2-2 | ดัชนี SAP (The Standard Assessment Procedura ( SAP) and Carbon Index) | 18 |
| 2-3 | การสร้างสภาวะแวดล้อมที่ดีจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยลดลงมาก ทำให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในอาคาร..... | 29 |
| 2-4 | แสดงอิทธิพลของทิศทางและความเร็วลมในเดือนเมษายน..... | 30 |
| 2-5 | แสดงอิทธิพลของทิศทางและความเร็วลมแต่ละช่วงเวลาของวันในเดือนเมษายน..... | 30 |
| 2-6 | การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายในเดือนเมษายน โดยใช้อิทธิพลของลมมาช่วย... | 31 |
| 2-7 | แสดงการเปรียบเทียบค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว.... | 35 |
| 2-8 | แสดงอัตราความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐหนา 4 นิ้ว ทั่วไป ประกอบกับการใช้ฉนวนที่มีความหนาแตกต่างกัน..... | 35 |
| 2-9 | แสดงช่วงคลื่นความถี่ของรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีที่ตามองเห็น และรังสีอินฟราเรด..... | 37 |
| 2-10 | แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นผ่านช่องเปิด..... | 38 |
| 2-11 | แสดงการใช้พลังงานในการปรับอากาศ..... | 45 |
| 2-12 | แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1.5 ตัน ความเย็น 1 เครื่องตลอดวัน โดยไม่เปิดพัดลม..... | 46 |
| 3-1 | แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อมีภาระในการทำความเย็นภายในบ้านน้อย | 55 |
| 3-2 | แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อมีภาระในการทำความเย็นภายในบ้านมาก | 55 |
| 3-3 | แสดงสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2548..... | 59 |
| 3-4 | แสดงสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2549..... | 60 |
| 3-5 | แสดงเกณฑ์การกำหนดค่าคะแนนดัชนีโดยเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐานกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... | 67 |
| 3-6 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิ เปรียบเทียบระหว่าง 4 ภาค กับกรุงเทพฯ และข้อมูลกรุงเทพฯ ของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2546..... | 68 |
| 3-7 | แสดงผลการวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบสัดส่วนภูมิสถาปัตยกรรมระหว่าง softscape และ hardscape..... | 75 |
| 3-8 | แสดงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคาร..... | 76 |

# สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

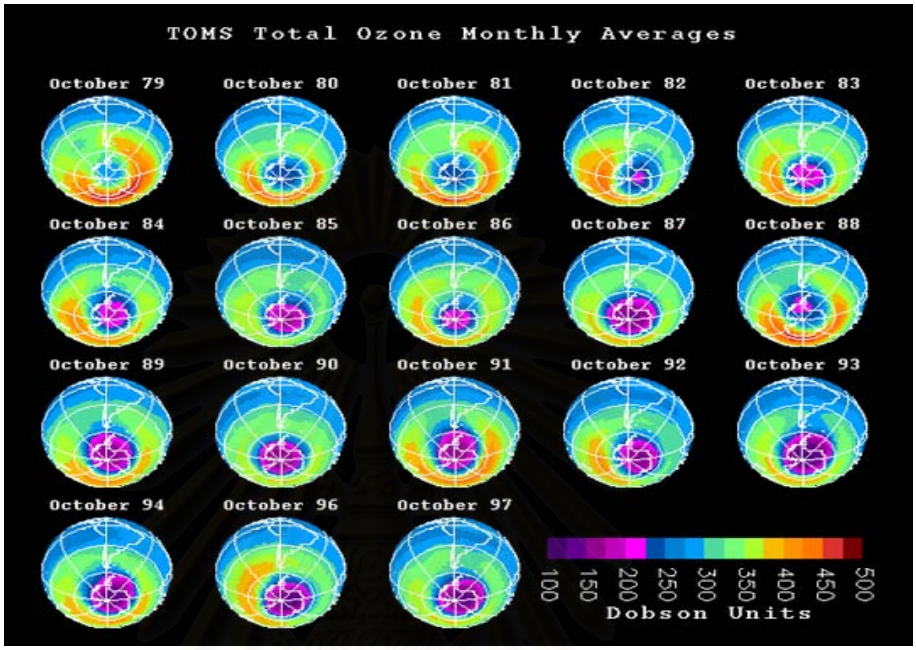

| แผนภูมิ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-9 | แสดงผลความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างค่า U-VALUE ของวัสดุอาคารแต่ละประเภท..... | 80 |
| 4-1 | แสดงค่าดัชนีประกอบ $I_{CUTS}$ จากสัดส่วนของดัชนีเดี่ยว $I_C$ $I_U$ $I_S$ และ $I_T$..... | 97 |
| 4-2 | แสดงค่าดัชนีตัวแปร $\Delta T$ ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution…….. | 102 |
| 4-3 | แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Delta T$ ..... | 103 |
| 4-4 | Normal Distrubution ของ $\Delta T$ ..... | 104 |
| 4-5 | แสดงค่าดัชนีตัวแปร $\Sigma U.S$ ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution…….. | 106 |
| 4-6 | แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Sigma U.S$ ..... | 107 |
| 4-7 | Normal Distrubution ของ $\Sigma U.S$ ..... | 108 |
| 4-8 | แสดงค่าดัชนีตัวแปร S/A ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution…….. | 110 |
| 4-9 | แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ S/A ..... | 111 |
| 4-10 | Normal Distrubution ของ S/A ..... | 112 |
| 4-11 | แสดงค่าดัชนีตัวแปร 1/COP ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution……... | 114 |
| 4-12 | แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ 1/COP ..... | 115 |
| 4-13 | Normal Distrubution ของ 1/COP ..... | 116 |
| 4-14 | แสดงค่าดัชนีตัวแปร $I_{CUTS}$ ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution……... | 118 |
| 4-15 | แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $I_{CUTS}$ ..... | 119 |
| 4-16 | Normal Distrubution ของ $I_{CUTS}$ ..... | 120 |
| 5-1 | แสดงข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิกับลักษณะของภูมิสถาปัตยกรรมรอบอาคารที่ได้จากการวัด..... | 126 |
| 6-1 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใช้สอยอาคารกับ Surface / Usable Area…… | 151 |
| 6-2 | แสดงความสัมพันธ์ของ $I_{CUTS}$ โดยนำมาแจกแจง NORMAL DISTRIBUTION.... | 152 |

# บทที่ 1
# บทนำ

กระแสของภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นปรากฏการณ์อันเนื่องจากการที่โลกไม่สามารถระบายความร้อนออกไปได้จึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ปัจจุบันโลกกำลังถูกปกคลุมด้วยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ที่มากเกินสมดุลของธรรมชาติจนเกิดความแปรปรวนต่อระบบนิเวศน์วิทยาอย่างรุนแรง เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกจะทำการเก็บกักความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยเฉพาะรังสีคลื่นสั้น (Infra Red) ที่ทะลุผ่านบรรยากาศเข้ามาไม่ให้สะท้อนออกนอกผิวโลก ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกทั้งส่วนที่เป็นพื้นดินและมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น โดยก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$), มีเทน ($CH_4$), ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$), คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน ($CFC_3$) และโอโซน ($O_3$) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลืองและไม่คุ้มค่า ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง และในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะสารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอนที่เป็นต้นเหตุสำคัญของการทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศจนเกิดเป็นช่องว่างในชั้นบรรยากาศที่ทวีปอาร์กติก จากภาพ 1-1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของชั้นโอโซนที่ถูกทำลายจนที่ขยายเป็นวงกว้างเป็นผลให้รังสีอุลตร้าไวโอเลตผ่านทะลุเข้ามายังโลกมากขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกและสภาพอากาศแปรปรวนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

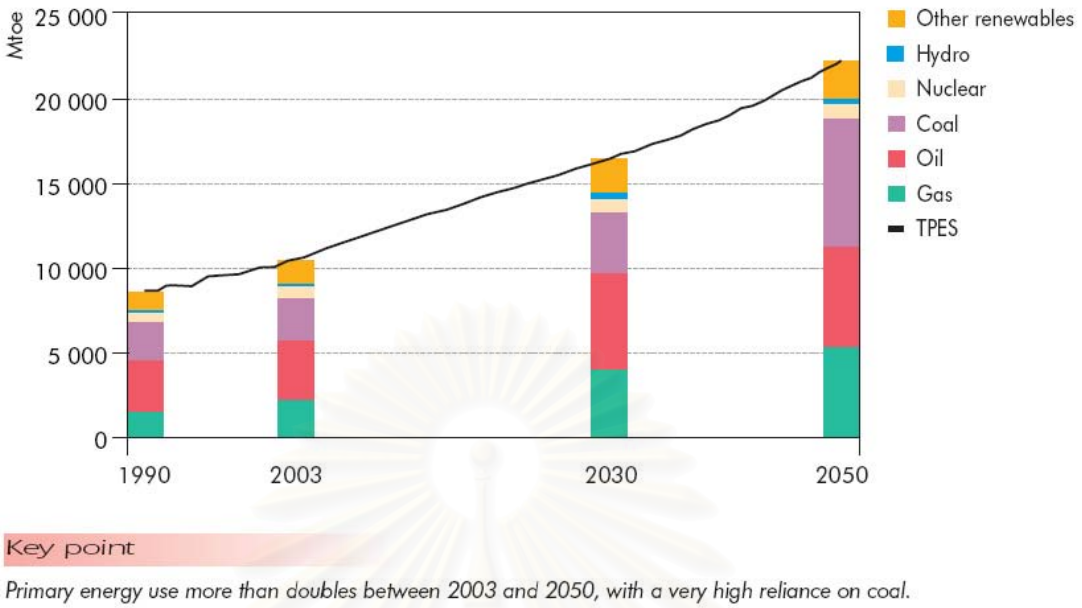
ผลที่กล่าวมา กลายเป็นประเด็นที่หลายประเทศในโลก หันมาใส่ใจและหาทางแก้ไข จึงก่อให้มีการร่วมมืออย่างจริงจัง ทำให้เกิดพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ขึ้นมา กำหนดให้ประเทศผู้ลงนาม อาทิ สหภาพยุโรป แคนาดา และญี่ปุ่น ฯลฯ ต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ต่ำกว่าระดับก๊าซที่เป็นมลพิษในปี 2533 โดยเฉลี่ย 5.2% ระหว่างปี 2551-2555และร่วมกันหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เปลี่ยนแปลงการผลิตที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก มาเป็นการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และใช้พลังงานอื่น ๆ เพื่อลดการเผาไหม้ ตัวการทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การหันมาใช้พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น ซึ่งมีผลบังคับใช้เมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2549 ต่อเนื่องมาถึงการรวมตัวของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ ในนาม คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ที่ตั้งขึ้นโดยองค์การสหประชาชาติ โดยรายงานว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับแรก ที่เผยแพร่เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ระบุว่า กิจกรรมของมนุษย์ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มาจากฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ทำให้ก๊าซ

เรือนกระจกถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ และกำลังทำให้โลกร้อนขึ้นเรื่อย ๆ มาถึงรายงานฉบับที่ 2 เผยแพร่เมื่อต้นเดือนเมษายน 2550 ระบุว่า อุณหภูมิโลกจะสูงขึ้น 6 องศาเซลเซียสภายในปี 2643 ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ทำลายพืชสัตว์หลายสายพันธุ์ หากไม่ลดการปล่อยก๊าซลงมา




ภาพ 1-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั้นโอโซนที่ถูกทำลายในบรรยากาศบริเวณทวีปอาร์คติคในช่วงปี ค.ศ. 1967 – 1997 (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

การแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นการแก้ปัญหาในระดับประเทศ แต่สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากขึ้นสุด คือ การใช้พลังงานอย่างเกินความจำเป็นของมนุษย์ ถึงแม้พลังงานเป็นตัวแปรที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาและหล่อเลี้ยงโลกให้คงอยู่และดำเนินต่อไป นับวันพลังงานที่ใช้ในโลกปัจจุบันกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอซซิล จากภาพ 1-2 แสดงให้เห็นว่าความต้องการพลังงานของโลกในปี 2050 จะมากถึงสองเท่า เมื่อเทียบกับปี 2003 ซึ่งพลังงานเหล่านี้จะมีราคาแพงขึ้นและจะหมดไปในไม่ช้า สิ่งที่โลกกำลังมองหาอยู่คือการหาแหล่งพลังงานทดแทนแบบใหม่ ที่ต้องนำมาใช้ในอนาคต อีกทั้งต้องมีราคาและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับพลังงานที่ใช้ในตอนนี้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานยังคงมีอยู่และนับวันมีแต่ความต้องการเพิ่มขึ้นตามตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นทุกฝ่ายต้องรีบดำเนินการที่จะมีการกำหนดมาตรการและนโยบายทุก ๆ ด้านที่จะส่งเสริมการอนุรักษ์และจัดการพลังงานอย่างเร่งด่วน เพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



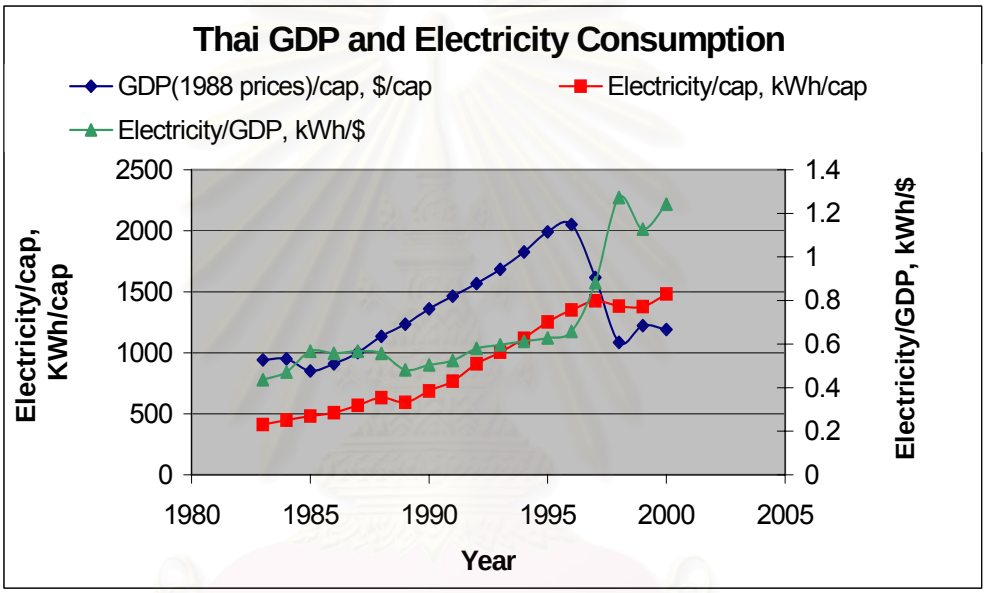

ภาพ 1-2 การใช้พลังงานของโลกจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ
(ที่มา: www.iea.org/Textbase/nptable/2006/ETP_f2_9.pdf)

จากข้อมูลปี 2548 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทั้งหมด 80,848 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) และมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ตาม (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 1996) เท่ากับ 189,803 พันตัน สู่บรรยากาศ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (กระทรวงพลังงาน, 2548) ดังนั้นควรที่จะมีแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ รวมทั้งลดการบริโภคพลังงานอันมีอยู่อย่างจำกัดลงมา คำนึงถึงการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้ได้ศักยภาพสูงสุดของตัวพลังงานนั้น รวมทั้งหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดมลภาวะเพื่อคงรักษาสิ่งแวดล้อมที่น่าอยู่อาศัยเหมือนเช่นที่เคยเป็นมาในอดีต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีแนวคิดเพื่ออนุรักษ์ควบคุมและพัฒนาการใช้พลังงานไปในแนวทางที่เหมาะสมก่อนที่จะวิกฤติเกินแก้

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานยังคงมีอยู่ และนับวันมีแต่ความต้องการเพิ่มขึ้นตามตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจ การใช้พลังงานส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปในการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องจักร กลไก ให้ทำงานให้ดีขึ้นกว่าเดิม แต่ใช้พลังงานน้อยลง และใช้พอเพียงต่อความต้องการเท่านั้น แต่ประเด็นสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามไปก็คือ การกำหนดแนวทางในการใช้พลังงานอย่างถูกต้อง ซึ่งควรจะต้องเป็นแบบในการใช้พลังงานที่ส่งเสริมการอนุรักษ์และจัดการพลังงาน

อย่างเร่งด่วน เพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สิ่งที่งานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะเสนอก็คือกระบวนการแก้ปัญหาที่สาเหตุการใช้พลังงานที่แท้จริงซึ่งก็คือการลดการบริโภคพลังงานและใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกับเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยยังคงพื้นฐานที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างพอเพียง ประเด็นพื้นฐานสำคัญก็คือ ต้องหากลไกหรือเครื่องมือซึ่งจะนำการเปลี่ยนแปลงอย่างหน้ามือเป็นหลังมือทั้งตัวบุคคล สังคม และระบบทุกอย่างที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปฏิบัติ ซึ่งจะเกิดผลกระทบเป็นจุดเปลี่ยนต่อการพลิกวิกฤติอันเลวร้ายของมนุษยชาติที่เผชิญอยู่ในขณะนี้ให้กลับมาดีขึ้น



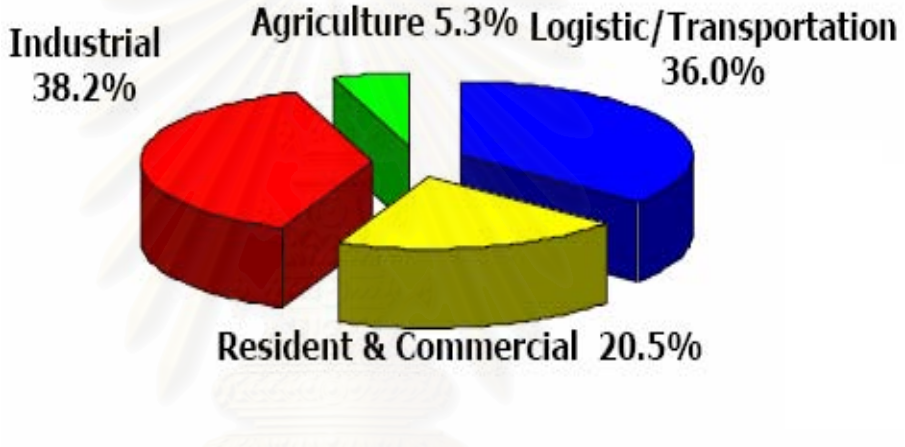

ภาพ 1-3 แสดงปริมาณบริโภคพลังงานไฟฟ้าเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross domestic Product, GDP) ของประเทศไทย

(ที่มา: www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/wpd/static/elec47/45contents-p1.pdf )

จากภาพ 1-3 พิจารณาปริมาณความต้องการไฟฟ้าเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (GDP) พบว่าส่วนต่างของการบริโภคพลังงานนั้นสูงขึ้นในทุกปี และแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงระหว่างปี 2526-2539 ซึ่งต้องมีการจัดหาพลังงานไฟฟ้ามาสนองต่อการเจริญเติบโต โดยตลอดเมื่อเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจในปี 2540 ค่า GDP ลดลงแต่ความต้องการไฟฟ้ากลับสูงขึ้นเร็วมากแสดงถึงความสูญเสียมหาศาลในการจัดหาพลังงานไฟฟ้ามาให้เพียงพอต่อการบริโภคของคนในประเทศ โดยพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยซึ่งแปรผกผันกับปริมาณการผลิตภัณฑ์มวลรวมในการสร้างรายได้ให้กับประเทศที่ลดลงมา ถ้าสถานการณ์เป็นแบบนี้ต่อไปคงไม่สามารถหาแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการในอนาคต อีกทั้งประเทศไทยจะมี

รายได้น้อยกว่ารายจ่ายเพื่อพลังงานไฟฟ้า จะส่งผลกระทบรุนแรงต่อเศรษฐกิจ สังคมและสภาพแวดล้อมในไม่ช้า

ประเทศไทยนำเข้าพลังงานน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน (2549) พบว่า มีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 10,330 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) โดยใช้ในสาขาอุตสาหกรรมมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 38.2% รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาขนส่ง สาขาธุรกิจการค้า บ้านพักอาศัย และสาขาเกษตรกรรม เป็นสัดส่วนร้อยละ 36.0 20.5 และ 5.3 ตามลำดับ เพื่อตอบสนองการบริโภคพลังงานและเป็นแรงขับเศรษฐกิจในประเทศให้เดินหน้าต่อไป จากภาพ 1-4 จะพบว่าการก่อสร้างอาคารและการใช้งานภายในอาคาร บริโภคพลังงาน คิดเป็นสัดส่วนถึง 20.5% ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดในแต่ละปี




ภาพ 1-4 แสดงสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ข้อมูลปี พ.ศ.2549
(ที่มา: http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2006/update/tha.asp)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะพบว่าการบริโภคพลังงานไฟฟ้าในส่วนของที่พักอาศัยและการพาณิชย์นั้นควรที่จะหาเครื่องมือมาชี้วัดควบคุม เพื่อที่จะลดการสูญเสียพลังงานไปแบบไร้ประโยชน์ ดังนั้น จึงควรสร้างดัชนีเพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร การพัฒนาเครื่องมือหรือดัชนีชี้วัดในอดีตนั้นมักจะเป็นเรื่องวิสัยทัศน์ที่ชี้นำหรือใช้เพื่อตอบสนองหรือเพื่อบรรลุถึงความต้องการของสังคมในขณะนั้น ด้วยเหตุนี้ ดัชนีชี้วัดดังกล่าวจึงเป็นคำตอบว่าผลของการกระทำที่ผ่านมาสามารถทำให้บรรลุถึงความปรารถนาที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในแต่ละช่วงเวลานั้น ๆ งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการที่จะพัฒนาดัชนีชี้วัด โดยคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและตอบสนองต่อการอยู่อาศัยในสภาวะปัจจุบัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการพิจารณารูปแบบของดัชนีอย่างเป็นระบบและสามารถใช้เป็นเครื่องมือชี้วัดที่ดีต่อไปด้วย

อนึ่ง ดัชนีที่ใช้ชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเป็นวิธีการที่สามารถแสดงให้เห็นหรือเป็นการสื่อสารให้บุคคลทั่วไปเข้าใจภาพรวมของการประหยัดพลังงาน โดยมีการแปลงลักษณะของสถาปัตยกรรมที่เห็นให้มาอยู่ในรูปของตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถวัดและแสดงระดับของประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน การนำดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยวที่วัดผลเฉพาะด้านให้มาประมวลเป็นลักษณะดัชนีชี้วัดรวม (Composite Index) จะแสดงผลได้อย่างชัดเจนมากกว่าดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยว (Singular Index)

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเบื้องต้น เพื่อลดภาระการปรับอากาศ

1.2.2 พัฒนาวิธีการประเมินผลสำหรับผู้ออกแบบที่สามารถประเมินผลเบื้องต้นในอาคารปรับอากาศ

1.2.3 นำดัชนีไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบประเมินผล เพื่อแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ

## 1.3 ระเบียบวิธีและขั้นตอนการศึกษา

1.3.1 ศึกษาเกณฑ์และข้อกำหนดที่สามารถกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

1.3.1.1 ศึกษาดัชนีหรือเกณฑ์ที่ชี้วัดทางด้านพลังงานที่ใช้ในเขตภูมิภาคอื่นและประเทศไทย เปรียบเทียบวิธีการและเทคนิคที่ใช้

1.3.1.2 ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารและวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมกับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

1.3.1.3 ศึกษาและวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารกลุ่มตัวอย่างแยกออกตามตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้พลังงานในอาคารซึ่งความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

1.3.2 สร้างดัชนีเบื้องต้นในการประเมินอาคารโดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างอาคาร โดยการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะสร้างดัชนีที่ใช้ชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (Building Energy Performance Index) ของภูมิภาคร้อนชื้นในลักษณะที่เป็นดัชนีชี้วัดรวม (Composite Index) โดยจะประกอบด้วยดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยว (Singular Index) ตามตัวแปรที่ได้ศึกษาไว้

1.3.3 นำดัชนีไปตรวจสอบอาคารเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการออกแบบเบื้องต้น

1.3.3.1 ทดสอบโดยการจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) วิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่างซึ่งความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านี้จะนำไปใช้ประเมินในการหาค่าดัชนีใช้พลังงาน

1.3.3.2 วิเคราะห์การใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในอาคารพร้อมทั้งพัฒนากรรมวิธีในการกำหนดค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารโดยแยกตามประเภทของตัวแปร

1.3.3.3 สรุปแนวทางพัฒนาและการใช้ดัชนีจนไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

1.3.3.4 ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ และประเมินผลการใช้ดัชนีฯเบื้องต้นนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารประเภทอื่น ๆ ทดสอบประสิทธิภาพของดัชนีที่สร้างขึ้น สรุปหาข้อดีและข้อด้อยต่าง ๆ โดยการเลือกกรณีศึกษาจากข้อมูลอาคาร เพื่อให้ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาดัชนีในขั้นต่อไป

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 การศึกษานี้ทำการศึกษาเฉพาะอาคารปรับอากาศในเขตร้อนชื้นเท่านั้น โดยกำหนดเงื่อนไขของผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายตลอดการใช้งาน

1.4.2 ดัชนีที่ทำการศึกษาจะไม่คำนึงถึงตัวแปรทางด้านอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature), ความเร็วลม (Wind Speed), การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) อิทธิพลจากแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) อัตราการเผาผลาญของร่างกาย (Metabolism Rate) และเสื้อผ้าที่ผู้ใช้งานสวมใส่ (Clo-Value) นำมาสร้างเป็นความสัมพันธ์เบื้องต้น

1.4.3 คำนึงถึงสภาพภูมิอากาศ วัสดุและเทคโนโลยีก่อสร้างปัจจุบันเท่านั้น แต่สามารถแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ในลักษณะดัชนีที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic Index) ที่เหมาะสมกับสถานการณ์

## 1.5 วิธีการสร้างดัชนี

1.5.1 ศึกษากรอบแนวคิดและทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับภูมิภาคร้อนชื้นอย่างเหมาะสม

1.5.2 ศึกษาลักษณะดัชนีเชิงเดี่ยวแต่ละประเภทที่มีปัจจัยสำคัญเบื้องต้นของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น มาพัฒนาผลต่อเนื่องจากการศึกษา จากข้อ 1.3.3.1 นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางสถิติ มีค่าของดัชนีชี้วัดมาตรฐาน (Benchmark Index) ของดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยว และ ดัชนีชี้วัดรวมกำหนดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

1.5.3 กำหนดกรอบในการสร้างดัชนีประสิทธิภาพอาคารรวมจากผลของดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยวและ ดัชนีชี้วัดรวม ที่ได้ศึกษานำมาสร้างเป็นแบบประเมินดัชนีอาคารอย่างง่ายสำหรับบุคคลทั่วไป

**1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.6.1 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรสำคัญที่ส่งผลให้ใช้พลังงานในอาคารในเขตร้อนชื้น

1.6.2 ทำให้ได้ดัชนีประเมินผลอาคารเบื้องต้นที่สามารถ เข้าใจได้ง่ายและเหมาะแก่การออกแบบเบื้องต้นเป็นเครื่องมือใช้ในการอธิบาย (Explanation) ทำนาย (Prediction) ควบคุม (Control) และออกแบบ (Design) อาคารประหยัดพลังงานในภูมิภาคร้อนชื้นอย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.3 ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ และประเมินอิทธิพลสำคัญในการออกแบบตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอาคารจนถึง สภาพแวดล้อม

ดัชนีที่สร้างจะใช้ชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเพื่อการออกแบบเบื้องต้น รวมถึงใช้ในการปรับปรุงอาคารเดิมให้มีศักยภาพในการใช้พลังงานดีขึ้น โดยสามารถใช้แบบประเมินดัชนีชี้วัด (Building Energy Performance Checklist) มาช่วยในการตัดสินใจ และมีส่วนร่วมในการเข้าใจถึงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำหรับบุคคลทั่วไป อีกทั้งพัฒนาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้สถาปนิก วิศวกร มัณฑนากร ผู้ออกแบบรวมไปถึงผู้เชี่ยวชาญด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องใช้ประเมินอาคารได้แม่นยำยิ่งขึ้น เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ซึ่งคำนึงการสนองต่อความต้องการของคุณภาพชีวิตของมนุษย์ปัจจุบันโดยไม่ทำให้มนุษย์รุ่นหลังเสียโอกาสในการพัฒนาด้วยเช่นกัน เพื่อที่จะลดการใช้พลังงานในปัจจุบันลงและป้องกันการขาดแคลนพลังงานของประเทศไทยในอนาคตด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2
# ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎีแนวทางการทำดัชนี

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนับได้ว่ามีความสำคัญต่อการสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศ เพื่อก้าวสู่สังคมเศรษฐกิจฐานความรู้ในทศวรรษนี้ ในการกำหนดนโยบายรวมทั้งแนวทางและมาตรการเพื่อให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามเป้าหมายที่วางไว้ จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่จะช่วยให้มีการเข้าใจเป็นระบบได้ดีขึ้น นั่นคือดัชนีที่ใช้ชี้วัดที่บ่งชี้สถานภาพ ศักยภาพ และประสิทธิผลที่ชัดเจนและใช้เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการประเมินผลที่มีความเป็นเอกภาพและมีความเข้าใจตรงกันของผู้ใช้ข้อมูลกับเรื่องที่ต้องการศึกษา

### 2.1.1 ความหมายของดัชนี

คำว่า “ดัชนีชี้วัด” กับ “ดัชนี” มีความแตกต่างกัน และมักจะใช้ปะปนกันบ่อยครั้ง ซึ่งจะได้กล่าวถึงคำจำกัดความของทั้ง 2 คำศัพท์ดังนี้

#### 2.1.1.1 คำจำกัดความของ ดัชนี

ดัชนี (ดรรชนี) (คณิต) น. จำนวนที่เขียนไว้บนมุมขวาของอีกจำนวนหนึ่งซึ่งเรียกว่า ฐาน เพื่อแสดงการยกกำลังของฐานนั้น เป็น $3^2$ 2 เป็นดรรชนีของ 3; ตัวเลขอัตราส่วนซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาหนึ่ง เช่น ดรรชนีค่าครองชีพ; ดัชนีก็ใช้ (อ. index number)

ดัชนี (ดรรชนี) น. บัญชีคำเรียงตามลำดับอักษรที่พิมพ์ไว้ส่วนท้ายของหนังสือเล่ม รวบรวมคำสำคัญ ๆ ซึ่งมีกล่าวถึงในหนังสือเล่มนั้น โดยบอกเลขหน้าที่มีคำนั้น ๆ ปรากฏอยู่เพื่อสะดวกแก่การค้น, ดัชนี ก็ใช้ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2539)

#### 2.1.1.2 คำจำกัดความของดัชนีชี้วัด

ดัชนีชี้วัดหรือตัวชี้วัด เป็นคำศัพท์ที่ยังไม่มีการบัญญัติไว้ในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน แปลมาจากภาษาอังกฤษว่า Index หรือ Indicator ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะในงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแผนกลยุทธ์ การขอจัดตั้งงบประมาณ การประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการดำเนินงานขององค์กรต่างๆ อย่างไรก็ดี องค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic and Cooperation Development, OECD) ได้กล่าวถึงคำจำกัดความของดัชนีชี้วัดหรือตัวชี้วัด ดังนี้

ตัวแปรจำกัด หรือ ค่าที่ได้จากตัวแปรหลายตัวแปร ซึ่งแสดงข้อมูลหรืออธิบายเกี่ยวกับสภาพปรากฏการณ์สิ่งแวดล้อมในขอบเขตที่ขยายนัยยะสำคัญ นอกเหนือจากความสำคัญโดยตรงกับค่าตัวแปรจำกัดที่เกิดขึ้น "A parameter, or a value derived from parameters, which points to/provides information about/describes the state of a phenomenon/environment/area with a significance extending beyond that directly associated with a parameter value." (Organization for Economic and Cooperation Development [OECD], 1994)

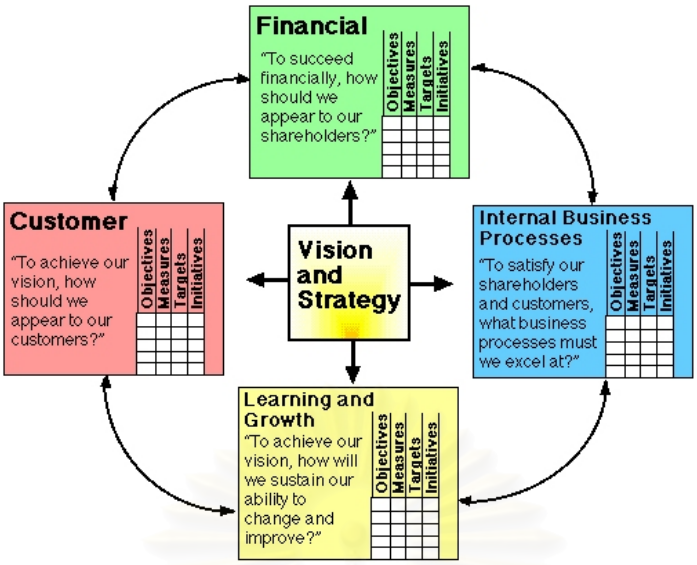
(ซึ่งในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย"ดัชนี"ครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้คำจำกัดความของ "**ดัชนีชี้วัด**" เพื่อความเข้าใจตรงกัน)

ซึ่งดัชนี เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้เปรียบเทียบหรือชี้วัดลักษณะของกลุ่มศึกษา ว่ามีผลเทียบเคียงเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับเกณฑ์อ้างอิงหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์ของการวัด ดัชนีมีใช้อย่างแพร่หลายมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งานยกตัวอย่างเช่น

- Key Performance Indicators (KPIs) หรือ Key Success Indicators (KSIs) คือ ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จทางธุรกิจ นิยมใช้ทั้งทางด้านการเงินและการบริหารจัดการ (ดนัย เทียนพุฒ, 2545)

- Benchmark หรือ Benchmarking มีที่มาจากการใช้วัดพิกัดทางตำแหน่งภูมิศาสตร์ว่าอยู่ตำแหน่งไหนเมื่อเทียบกับจุดอื่นที่ต้องการทราบ เป็นการเทียบเคียงเพื่อใช้ประโยชน์ระบุอ้างอิง

- Balanced Scorecard (BSC) หรือ Scorecard แปลความหมายก็คือ บัตรคะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระบบข้อมูลหรือสิ่งสนับสนุนว่าดัชนีชี้วัดในแต่ละด้านนั้นทำได้จริงไม่ใช่มีเฉพาะตัวเลข เป็นเครื่องมือการจัดการที่ใช้ในการบริหารธุรกิจ เพื่อสนับสนุนให้การบริหารให้สามารถบรรลุวิสัยทัศน์และเป้าหมายที่มุ่งหวังได้รวดเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้ทุกหน่วยภายในองค์กรมีเป้าหมายและปฏิบัติงานสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันด้วยจากภาพ 2-1 โดยประกอบด้วยตัวแปรหลักสี่ตัวได้แก่ ด้านการเงิน ,ด้านลูกค้า, ด้านกระบวนการภายใน และด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นเครื่องมือการบริหารที่มองไปข้างหน้า โดยเน้นเป้าหมายและความสำเร็จทั้งในปัจจุบันและอนาคต และเป็นการสร้างการยอมรับในความสำคัญของงานต่างๆที่ไม่ได้แสดงผลในระยะสั้นๆ โดยเป็นการลดจุดอ่อนของการบริหารแบบเดิมที่มุ่งวัดผลความสำเร็จด้านการเงินเพียงอย่างเดียว




ภาพ 2-1 แสดงการทำงานของ Balanced Scorecard เพื่อช่วยการตัดสินใจในการบริหาร
(ที่มา: http://www.balancedscorecard.org/basics/bsc1.html)

- Management Cockpit เป็นเครื่องมือตัดสินใจของผู้บริหารที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพในองค์กร สร้างเหตุการณ์จำลองเหมือนอยู่ในห้องบังคับการ ยกตัวอย่างตามภาพ 2-2 มีลักษณะเป็นห้องประชุม โดยใช้แสดงโอกาสและอันตรายของสิ่งที่กลุ่มคนนั้นหรือหน่วยงานนั้น กระทำอยู่นำมาแสดงอย่างชัดเจนโดยใช้รูปภาพขนาดใหญ่ และจอแสดงทั้ง 4 ด้านนั้น โดยแต่ละจอมี 6 คำถาม และแต่ละคำถามจะมีตัวบ่งชี้ อยู่ 6 จุดใหญ่ๆ แต่ละตัวบ่งชี้จะมีสัญลักษณ์เป็นของมันเอง แต่ละสัญลักษณ์จะมี 3 สถานะ คือ สีแดง หมายถึง แย่, สีเหลือง หมายถึง พอใช้, สีเขียว หมายถึง ดี เพื่อนำมาตัดสินใจสำหรับคำตอบที่ดีที่สุดของคำถามนั้น

ภาพ 2-2 แสดงลักษณะของ Management Cockpit เพื่อช่วยการตัดสินใจ
(ที่มา: http://www.management-cockpit.net/en/index.html)

ลักษณะของ Management Cockpit จะเหมือนกับห้องบัญชาการรบ (War Room) ในกองทัพ ซึ่งเป็นการใช้เทียบเคียงกับสิ่งที่ตนเองเป็นศูนย์กลางหลัก กับสิ่งอื่นอื่น เหมาะสำหรับการบริหารที่ต้องการแข่งขันสูงลดความเสี่ยงในการตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจ

ในความเห็นของผู้วิจัย การที่ดัชนีนี้นำปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดมาแจกแจงให้ชัดเจนและหาทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหานั้น เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเพราะทำให้ดัชนีนั้นมีมิติในการเกิดสัมพันธภาพต่อกัน การแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งด้วยวิธีการเดียวกันอาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมาด้วย ดังนั้น จึงเป็นจุดเด่นของดัชนีประเภทนี้

- Warnings เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับปริมาณมักใช้บ่งบอกระดับดัชนีเกี่ยวกับความปลอดภัยเป็นส่วนใหญ่ เช่น ระดับความสูงของคลื่นในทะเลที่จะเกิดสึนามิ ระดับค่าไขมันในเส้นเลือด ระดับค่าปริมาณน้ำฝน เป็นต้น โดยปกติถ้าค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมักจะไม่มีการดำเนินการใด แต่ถ้าเกิดกรณีค่าที่วัดได้มากกว่า ค่ามาตรฐาน จะกลายเป็นตัวส่งสัญญาณชี้เตือนให้ผู้วัดกระทำการแก้ไขต่อไป

- Index หรือ Indicator เป็นดัชนีที่มักเกี่ยวข้องกับสถิติเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพและทำนายแนวโน้มล่วงหน้า ยกตัวอย่างเช่น ดัชนีหุ้น ดัชนีการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศเป็นต้น คุณสมบัติของดัชนีประเภทนี้ แยกย่อยออกเป็นสามแบบด้วยกัน โดยมีลักษณะสัมพันธ์กับช่วงของเวลาที่ต้องการศึกษาได้แก่

- Coincident Index เป็นดัชนีที่ใช้วัดสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (ในทางเศรษฐศาสตร์ จะใช้คำเรียกว่า “ดัชนีพ้องเศรษฐกิจ “)

- Leading Index เป็นดัชนีที่ใช้ทำนายแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หรือเป็นดัชนีที่ใช้ชี้นำในสิ่งที่เกิดขึ้น

- Lagging Index เป็นดัชนี ที่ใช้ตรวจสอบสิ่งที่เกิดขึ้นมาในอดีต เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุถึงปรากฏการณ์ดังกล่าว

จากประเภทของดัชนีทั้งหมดที่กล่าวมา จะพบว่า ดัชนีทั้งหมดที่เป็นเครื่องมือสามารถนำไปประยุกต์การจัดการหลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านสังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งทุกดัชนีจะมีคุณลักษณะร่วมกัน คือ การสามารถเทียบเคียงหรือคุณสมบัติของสิ่งของที่จะวัดในขณะนั้น เทียบกับสิ่งของในลักษณะเดียวกัน เพื่อนำไปจัดการหรือดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ในการจัดทำดัชนีนั้นต่อไป

2.1.2 ประเภทของดัชนี (Index)

ดัชนีอาจมาจากดัชนีที่มีตัวแปรเพียงตัวเดียวเป็นดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยว (Singular Index) หรือมาจากดัชนีชี้วัดรวม (Composite Index) ที่เกิดจากดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยวมากกว่าสองดัชนีที่มีความสัมพันธ์ต่อกันโดยสามารถนำมาจำแนกตามวัตถุประสงค์ของข้อมูลที่ใช้ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ดัชนีเชิงปริมาณ (Quantitive Index)

เป็นดัชนีที่ใช้วัดในเชิงกายภาพที่สามารถใช้ปริมาณหรือตัวเลขมาบ่งชี้ความแน่นอนของสิ่งที่วัด ยกตัวอย่าง เช่น ดัชนีราคาสินค้า ดัชนีหุ้น ดัชนีผลผลิตมวลรวมของประเทศ ดัชนีคุณภาพอากาศ มักจะใช้ในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์

2.1.2.2 ดัชนีเชิงคุณภาพ (Qualitative Index)

เป็นดัชนีที่ใช้วัดในเชิงคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งบางครั้งต้องแปรข้อมูลเชิงคุณภาพมาเป็นข้อมูลทางกายภาพเพื่อการประเมินดัชนีจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยใช้การเทียบเคียง ยกตัวอย่าง เช่น ดัชนีความสุข ดัชนีคุณภาพชีวิต โดยดูลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นว่ามีลักษณะของตัวแปรเกี่ยวข้องกันอย่างไร ดัชนีประเภทนี้มักนิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์

2.1.2.3 ดัชนีเชิงสถิติ (Statistic Index)

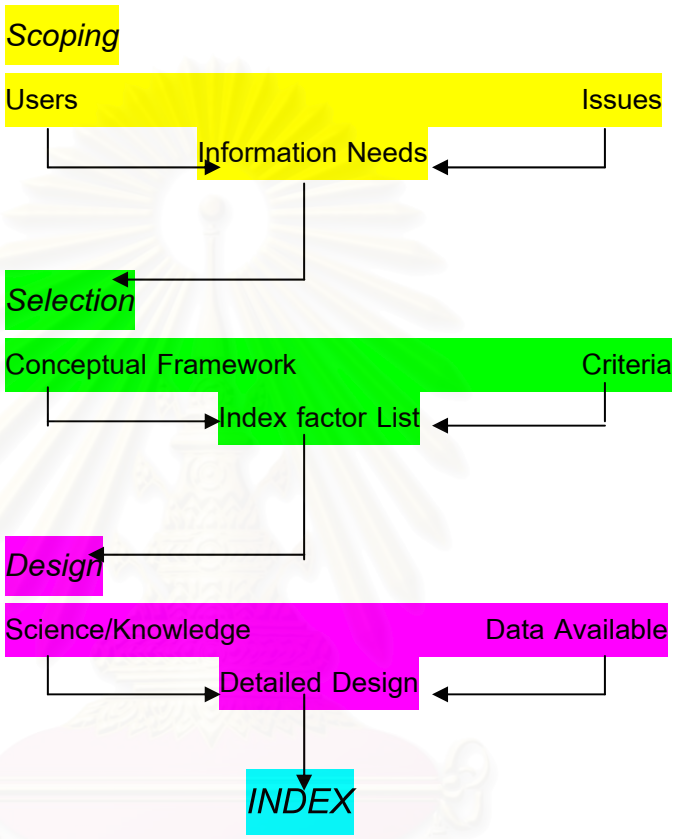
ใช้สำหรับข้อมูลวัดที่มีลักษณะตัวแปรมากและซับซ้อน เป็นดัชนีที่นำหลักการทางสถิติมาตรวจสอบ เพื่อที่จะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของการชี้วัดได้ชัดเจนขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ดัชนีปริมาณเงินทุนสำรอง ดัชนีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ดัชนีชี้วัดเรื่องไทยเที่ยวไทย เป็นต้น

2.1.2.4 ดัชนีที่เคลื่อนไหวได้ (Dynamic Index)

ใช้สำหรับข้อมูลวัดที่มีลักษณะตัวแปรเด่นที่มีลักษณะของจำนวน ช่วงเวลา และเปรียบเทียบสิ่งเก่ากับสิ่งใหม่ เข้ามาเกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น ดัชนีราคาวัตถุโบราณ ซึ่งถ้าวัตถุโบราณมีจำนวนน้อย หายาก จะมีแนวโน้มของดัชนีราคาเพิ่มขึ้นตามอายุของวัตถุโบราณนั้น ในทางกลับกัน ยกตัวอย่างดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร มักจะเทียบเคียงกับอาคารอื่นในเวลาปัจจุบันนั้น และถ้าเวลาเปลี่ยนไป การใช้พลังงานในอาคารนั้นอาจจะมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจาก ความเสื่อมของวัสดุอาคารหรือเครื่องกลที่ล้าสมัย เมื่อนำมาเปรียบเทียบอาคารใหม่ที่นำเทคโนโลยีการออกแบบทันสมัยมาก่อสร้างมากขึ้น ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเหล่านั้นจะมีแนวโน้มลดลง

2.1.3 หลักการทั่วไปของการสร้างดัชนี

ขั้นตอนแรกของกระบวนการจัดทำดัชนีนั่นคือ การกำหนดขอบเขต (Scoping) ซึ่งหมายถึง การกำหนดความจำเป็นหรือขอบเขตการจัดทำดัชนี (Information Needs) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดร่างกลุ่มดัชนีหรือองค์ประกอบหลักของชุดดัชนีที่จะพัฒนาตามความจำเป็น




แผนภูมิ 2-1 กระบวนการจัดทำร่างดัชนี

หลักการทั่วไปเชิงวิชาการของกระบวนการจัดทำดัชนีมี ทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน (Briggs, 2003) ได้แก่ การกำหนดขอบเขต (Scoping) การคัดเลือก (Selecting) และการออกแบบ (Design) ดังแผนภูมิ 2-1 เพื่อที่จะวางโครงร่างดัชนีที่ต้องการศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1.3.1 การกำหนดขอบเขต (Scoping)

- ผู้ใช้ (Users)

หมายถึง ขั้นตอนการกำหนดว่าใครคือผู้ใช้ข้อมูลดัชนีชุดนี้และจะใช้ด้วยวัตถุประสงค์ใด การระบุหรือทราบว่าบุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงานใดจะเป็นผู้ใช้ เป็นการเริ่มต้นของการเลือกและออกแบบชุดดัชนีที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการได้มาซึ่งข้อมูลที่สอดคล้องหรือ

ตรงตามความต้องการ ทั้งนี้เพราะแต่ละบุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงาน มีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบและความเข้าใจที่แตกต่างกัน

- ประเด็นปัญหา (Issues)

โดยทั่วไปการกำหนดประเด็นที่เป็นปัญหา หรือประเด็นสำคัญ มิอาจกระทำได้โดยง่าย การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง (Priority) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อเลือกประเด็น อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ได้ปรากฏข้อโต้แย้งเช่นกันเนื่องจากผู้มีส่วนได้เสียหรือผู้กำหนดประเด็นส่วนใหญ่มีปัจจัยพื้นฐานหลายประการที่ต่างกัน อาทิ หน้าที่ความรับผิดชอบ มุมมองต่อประเด็นปัญหาอันเป็นผลจากประสบการณ์หรือภูมิหลัง รวมถึงความสนใจ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยพื้นฐานเหล่านี้ ควรใช้ได้รับการกำหนดเป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์ที่ใช้เพื่อการเลือกประเด็นที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดขอบเขตการจัดทำ (ร่าง) ดัชนี

2.1.3.2 การคัดเลือก (Selecting)

ผลลัพธ์ที่สำคัญของขั้นตอนการคัดเลือกคือ การได้มาซึ่งข้อรายการตัวแปรดัชนี (Index factor list) ที่สามารถให้ข้อมูลได้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความจำเป็นในขั้นตอนที่ผ่านมา อนึ่งการคัดเลือกตัวแปรดัชนี มิอาจได้มาด้วยวิธีการสุ่ม หรือเลือกจากความน่าจะเป็นหรือสัญชาติญาณ โดยทั่วไป วิธีที่ได้รับการยอมรับเพื่อการคัดเลือกตัวแปรดัชนี มีทั้งสิ้น 2 วิธี ได้แก่ การคัดเลือกดัชนีจากกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) และการคัดเลือกดัชนีโดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกเบื้องต้น (Criteria) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- เกณฑ์คัดเลือกแบบมีกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework)

โดยทั่วไปรูปแบบของแนวคิด (Conceptual Model) ที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการคัดเลือกดัชนี (Choosing Indicators) มี 2 รูปแบบ (Rantanen , 2001) ได้แก่

1) Concept-driven Indicators เป็นวิธีเลือกดัชนีบนพื้นฐานทฤษฎี ซึ่งนำเสนอโครงสร้างแห่งเหตุและผลที่มีความหมายและมีความเชื่อมโยงกันขององค์ความรู้ โดยมิได้คำนึงถึงข้อมูลเดิมที่มีอยู่ (Availability of Data) หรือความเป็นไปได้ในการนำดัชนีไปประยุกต์ใช้ (Practicability) ส่งผลให้ดัชนีที่ถูกเลือกโดยวิธีนี้ มีความสอดคล้องกันอย่างสมเหตุผล สามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันระหว่างดัชนีได้

2) Data-driven Indicators เป็นวิธีเลือกดัชนีบนพื้นฐานของความเป็นไปได้ (Feasible) นั่นคือ เลือกดัชนีจากชุดข้อมูลที่มีอยู่จริงเพื่อความเป็นไปได้สูงในการประยุกต์ใช้

- เกณฑ์คัดเลือกแบบมีข้อกำหนด (Criteria)

เกณฑ์คัดเลือกดัชนีที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นมาตรฐานหรือเชื่อถือได้ในเชิงวิชาการ (Scientific Respectability) เพื่อให้ได้มาซึ่งดัชนีในอุดมคติ (Ideal Index)

2.1.3.3 การออกแบบ (Design)

การออกแบบดัชนี (Index design) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการจัดทำดัชนีเพื่อเติมเต็มร่างดัชนีให้มีความสมบูรณ์เพียงพอกับการนำไปทดลองใช้หรือเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จริง อาทิ การลดความซ้ำซ้อนของข้อรายการดัชนี การพิจารณาที่ขนาดของชุดดัชนีที่ไม่ควรยาวเกินไป (Long List) ดังนั้น ขั้นตอนนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำหนดรายละเอียดชุดดัชนี (Detailed Design) จาก 2 วิธี ได้แก่ การหามาได้ของข้อมูล (Data Available) และความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูล อันยังประโยชน์สู่กระบวนการให้ความหมายหรือสร้างองค์ความรู้ที่เหมาะสม (Sciences / Knowledge) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- Data Available ประเด็นการหามาได้ของข้อมูล (Data Available) แม้เป็นคุณสมบัติประการหนึ่งที่ผ่านการพิจารณาในขั้นตอนการกำหนดเกณฑ์ (Criteria) เพื่อคัดเลือกดัชนี หากเมื่อได้มาซึ่งร่างดัชนีแล้ว (Index Outline) ประเด็นนี้กลับมีความสำคัญขึ้นมาอีกครั้ง อนึ่งการออกแบบชุดดัชนีในขั้นตอนสุดท้ายนี้ จำเป็นต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับการหามาได้ของข้อมูล มากยิ่งกว่าการพิจารณาที่จำนวนดัชนี (The Number of Indicators) โดยปัญหาหลักที่พบคือ ความไม่สม่ำเสมอในการเก็บบันทึกข้อมูล นิยามที่ใช้เพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่ตรงกันในแต่ละพื้นที่ การแก้ไขปัญหาส่วนใหญ่เมื่อไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ตามร่างดัชนีที่กำหนดไว้ ก็คือ ประการแรก คัดเลือกดัชนีใหม่ที่ยังคงมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่เข้ามาแทนที่ หรือสุดท้าย คัดดัชนีนั้นออกไปจากชุดรายการ นอกจากนี้ การแสวงหาแหล่งข้อมูลที่มีคุณภาพ (A Potential Data Sources) เป็นอีกประเด็นที่ต้องพิจารณา

- Sciences/ Knowledge เป็นขั้นตอนการออกแบบดัชนีเพื่อความน่าเชื่อถือในเชิงวิชาการนั่นคือการรวบรวมข้อมูลที่ได้รับการจัดเก็บตามดัชนีชี้วัด จากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่บ่งชี้สถานการณ์ได้ตรงตามเป้าประสงค์ของการจัดทำชุดดัชนี ดังนั้นขั้นตอนนี้ จึงมุ่งให้ความสำคัญกับขอบเขตของพื้นที่ที่ครอบคลุมการเก็บข้อมูล ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล การคำนวณ การจัดทำรูปแบบของรายงานเพื่อการนำเสนอข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล

2.1.4 เกณฑ์คุณสมบัติมาตรฐานของดัชนี

ดัชนีที่ดีนั้น (ดนัย เทียนพุฒ , 2544.)ต้องมีลักษณะชัดเจนไม่คลุมเครือเป็นเกณฑ์ชี้วัดที่แม่นยำอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นสามารถทำนายหรือแสดงผลลัพธ์ที่วัดเทียบได้ภายใต้เงื่อนไขซึ่งผลลัพธ์หรือความสำเร็จเป็นหลักสำคัญและควรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.4.1 ความตรง /ถูกต้อง (Validity)

ดัชนีสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้อง นั่นคือความสอดคล้องระหว่างผลจากการวัดกับเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของสิ่งที่ต้องการวัด

2.1.4.2 ความเที่ยง (Reliability)

คือความคงที่ (Stability) ของการวัด ซึ่งมีนัยยะว่า เมื่อใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกันไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ตามย่อมได้ผลคงที่ ดังนั้นดัชนีที่มีความเที่ยงจะมีประโยชน์ยิ่งต่อวัดเชิงเปรียบเทียบในช่วงเวลาและสถานที่ที่ต่างกัน

2.1.4.3 ความเป็นปรนัย (Objective)

มีผลลัพธ์ที่ได้มีความแน่นอน หรือคล้ายกัน แม้ประเมินตัดสินด้วยบุคคล หรือกลุ่มบุคคลที่ต่างกัน ซึ่งมีนัยยะว่า ความรู้สึกส่วนบุคคล มิได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับการประเมินตัดสิน

2.1.4.4 ความไว (Sensibility)

ดัชนีควรมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ต้องการวัด

2.1.4.5 ความเฉพาะเจาะจง (Specificity)

ดัชนีควรมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในสภาวะที่ต้องการวัดเท่านั้น

2.1.4.6 ความเป็นไปได้ (Feasibility)

นั่นคือดัชนีควรมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติซึ่งมีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ข้อมูลที่นำมาสร้างดัชนีควรมีความเป็นไปได้ในการจัดเก็บ กระบวนการ/ระเบียบวิธีการจัดเก็บไม่ซับซ้อนจนกลายเป็นภาระงานและต้นทุนในการจัดเก็บที่ไม่มากจนเกินไป

2.1.4.7 การหามาได้ของข้อมูล (Data Available)

เป็นเกณฑ์คัดเลือกดัชนีที่มีอยู่บนพื้นฐานความเป็นไปได้ในการปฏิบัติเช่นกัน นั่นคือข้อมูล (Data) ที่จะนำมาสร้างดัชนีควรหามาได้ง่าย หรือเป็นข้อมูลที่มีอยู่หรือได้รับการจัดเก็บไว้แล้ว

2.1.4.8 ความสอดคล้อง (Relevance)

ดัชนีที่ได้รับคัดเลือกควรให้ข้อมูลที่มีความสอดคล้องหรือเชื่อมโยงกับนโยบายหรือบริบทที่ต้องการศึกษา

โดยสรุปการจัดทำดัชนีชี้วัด ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอาคารสำหรับงานวิจัยนี้ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ Index หรือ Indicator เป็น ดัชนีเชิงปริมาณ ที่มีลักษณะหลักเป็น Coincident Index เพราะสามารถบ่งบอกรวมไปถึงเปรียบเทียบกับสภาวะการใช้พลังงาน โดยใช้เชิงสถิติศาสตร์มาตรวจสอบความถูกต้อง สามารถทำนายแนวโน้ม (Leading Index) เคลื่อนไหวได้ ตามลักษณะข้อมูลและเวลาที่เปลี่ยนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อีกด้วย เพื่อที่จะประเมินประสิทธิภาพได้ตรงตามความเป็นจริงและนำกรอบการวิเคราะห์ที่ได้จาก

การศึกษาวิจัยดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบาย แผนงาน การบริหารจัดการและตัดสินใจในการดำเนินต่อนโยบายสาธารณะอื่นที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนต่อไป

## 2.2 การศึกษาดัชนีสำคัญที่ใช้ในภูมิภาคอื่น

การศึกษาค้นหาดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับภูมิภาคร้อนชื้นนั้น ได้ศึกษาหลักการของดัชนีสำคัญอื่นๆ ที่ใช้ในภูมิภาคต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 ระเบียบการประเมินมาตรฐานและดัชนีคาร์บอน, แซพ (The Standard Assessment Procedure and Carbon Index, SAP)

ดัชนี แซพ;SAP (The Standard Assessment Procedure,2006) เป็นมาตรฐานหนึ่งของประเทศออสเตรเลีย คือ การคำนวณประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย โดยกำหนดเป็นระดับ 1 ถึง 120 โดยมีมาตรฐานตามกฎหมายอยู่ที่ 100 โดยอาคารที่ได้ดัชนี 120 จะเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด

แผนภูมิ 2-2 ดัชนี SAP (The Standard Assessment Procedure (SAP) and Carbon Index)
(ที่มา: http://projects.bre.co.uk/sap2005/)

ส่วนดัชนีคาร์บอน (Carbon Index) นั้น คำนวณมาจากการประหยัดพลังงานภายในอาคารโดยมีความสัมพันธ์กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย อ้างอิงจากเกณฑ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รายปี ดัชนีที่ได้จะแสดงเป็นมาตรา 1 ถึง 10 โดยที่ตัวเลขสูงจะแสดงถึงการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมาเพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดี ในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม เพื่อลดภาระโลกร้อนอันเกิดจากก๊าซเรือนกระจก

2.2.2 กระบวนการประเมินสภาพแวดล้อมของอาคาร, บรีม(The Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM) เป็นมาตรฐานของประเทศอังกฤษ ที่พัฒนาจากองค์กรวิจัยอาคาร (The Building Research Establishment, BRE,) เพื่อทำการชี้วัดอาคารประเภทต่าง ๆ ทั้งการปรับปรุงอาคารเก่าและอาคารที่สร้างใหม่ด้วย ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย 9 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย ดังนี้

2.2.2.1 การจัดการ (Management) คำนึงถึงนโยบายการจัดการโดยรวม (Commissioning Site Management and Procedural Issues)

2.2.2.2 สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (Health & Well Being) คำนึงถึงการเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตที่ดี เช่น มีการใช้แสงธรรมชาติ รวมถึงการป้องกันเสียงที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับผู้ใช้อาคาร มีพื้นที่เป็นสัดส่วนอย่างเหมาะสม

2.2.2.3 พลังงาน (Energy) คำนึงถึงปริมาณก๊าซ $CO_2$ ที่เกิดขึ้น การวัดประสิทธิภาพของกรอบอาคาร การคำนวณพื้นที่ตากผ้า การใช้อุปกรณ์ที่มีการระบุว่ามีการประหยัดพลังงาน และการใช้แสงสว่างของอาคาร

2.2.2.4 การขนส่ง (Transport) คำนึงถึงเรื่องระยะทางในการเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชนเข้ามาประเมินพร้อมทั้งระบบสาธารณูปโภค สาธารณูปการที่รองรับใกล้เคียง รวมถึงพื้นที่ในการจอดรถจักรยานด้วย

2.2.2.5 การอุปโภคน้ำ (Water Consumption) คำนึงถึงลักษณะการใช้น้ำทั้งภายในและภายนอกอาคาร

2.2.2.6 การใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง (Material) คำนึงถึงวัสดุไม้ที่นำมาจากป่าไม้ที่มีการจัดการหรือมีการปลูกทดแทน การนำวัสดุมาใช้ใหม่และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุที่ใช้ในอาคาร

2.2.2.7 การใช้ที่ดิน (Land Use) คำนึงถึงพื้นที่สร้างอาคารต่อพื้นที่ดินที่ปลูกสร้าง (Building Footprint) สัดส่วนของพื้นที่สีเขียว (Green Fields) กับพื้นที่ปล่อยรกร้าง

(Brown Fields) ซึ่งสัดส่วนของพื้นที่ทั้งสองนี้จะถูกนำมาคิดในการประเมินสภาพแวดล้อมของอาคารด้วย

2.2.2.8 ระบบนิเวศวิทยา (Ecology) คำนึงถึงคุณค่าและการปรับปรุงระบบนิเวศน์นั้นรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

2.2.2.9 มลภาวะ (Pollution) คำนึงถึงการปล่อยสารเคมีที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การระบายน้ำทิ้งสู่สาธารณะ

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมาเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาพรวมเป็นเครื่องมือในการประเมินมาตรฐานอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม(Building Environmental Assessment Tool) ทั้งหมดโดยสอดคล้องกับมาตรฐานอนุกรม ISO 14020 ในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม ที่เกิดจากอาคารและผู้ใช้งานในอาคาร เพื่อให้มีสภาพเป็นอยู่ที่ได้มาตรฐานต่อตนเองและรับผิดชอบต่อสังคมในขณะเดียวกัน จนไปถึงส่งเสริมการนำวัสดุจากแหล่งที่กลับนำมาใช้ใหม่

2.2.3 ดัชนีกรีนมาร์ค (Green Mark Rating) เป็นมาตรฐาน ของประเทศสิงคโปร์ ประกอบด้วย 5 กลุ่ม ได้แก่

2.2.3.1 กลุ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน (Energy Efficiency)

2.2.3.2 กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)

2.2.3.3 กลุ่มการพัฒนาและการบริหารโครงการ (Site /Project Development & Management)

2.2.3.4 กลุ่มคุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคารและการรักษาสภาพแวดล้อม (Indoor Environmental Quality & Environmental Protection)

2.2.3.5 กลุ่มนวัตกรรม (Innovation)

การจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1. กรีนมาร์ค แพลตทินัม (Green Mark Platinum) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 85 ขึ้นไป
2. กรีนมาร์ค โกลด์ พลัส (Green Mark Gold plus) มีระดับคะแนน 80-85
3. กรีนมาร์ค โกลด์ (Green Mark Gold) มีระดับคะแนน 75-80
4. กรีนมาร์ค อะวอด (Green Mark Award) มีระดับคะแนน 55-70

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมา เพราะประเทศสิงคโปร์ เป็นประเทศที่บริโภคพลังงานจากภายนอกประเทศ ทั้งไฟฟ้า และ น้ำ ดังนั้น ดัชนี นี้จึงมีจุดประสงค์ที่ลดการบริโภคเหล่านี้ให้น้อยลง

อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างมาช่วย และรักษาสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคารให้ดีขึ้น

2.2.4 ระบบการประเมินประสิทธิภาพสภาพแวดล้อมของสิ่งก่อสร้าง, แคสบี้ (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, CASBEE) เป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีวัตถุประสงค์มุ่งหวังที่จะสร้างสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดี ตั้งแต่เริ่มออกแบบไจนถึงก่อสร้างประกอบด้วย 2 กลุ่มหลัก คือกลุ่มดัชนีประสิทธิภาพของอาคารจากสภาพแวล้อมได้แก่

2.2.4.1 กลุ่มการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ (Resource Consumption)

2.2.4.2 กลุ่มการใช้สิ่งแวดล้อม (Environmental Loadings)

2.2.4.3 กลุ่มสิ่งแวดล้อมภายนอก (Off-site Environment)

และกลุ่มมลดการใช้พลังงานลงมา ซึ่งดัชนี CASBEE มีการจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ C (ระดับต่ำ), B-, B+, A, S (ระดับดีเยี่ยม)

ดัชนีประเภทนี้สร้างขึ้นมา เน้นเรื่องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาคารจะมีเกณฑ์พิจารณาครอบคลุมทุกด้านอย่างละเอียด โดยอาคารจะถูกนำมาพิจารณาในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ( Economic and Ecological Design) ใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า เชื่อมโยงการรักษาสิ่งแวดล้อมต่อผู้ใช้อาคาร และทางแคสบี้ ยังมุ่งหวังจะให้ดัชนี เป็นมาตรฐานการแข่งขันของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร

2.2.5 ระบบการประเมินความเป็นผู้นำการออกแบบด้านพลังงานและสภาพแวดล้อม (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) เป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 8 กลุ่ม ได้แก่

2.2.5.1 กลุ่มความสัมพันธ์กันระหว่างที่ตั้ง (Location & Linkages)

2.2.5.2 กลุ่มสถานที่ตั้ง (Site)

2.2.5.3 กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)

2.2.5.4 กลุ่มคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในและการรักษาสภาพแวดล้อม (Indoor Environmental Quality & Environmental Protection)

2.2.5.5 กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง (Material)

2.2.5.6 กลุ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) (Owner)

2.2.5.7 กลุ่มนวัตกรรม (Innovation)

ดัชนี LEED มีการจัดลำดับและการให้คะแนนแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ แพลตทินั่ม (Platinum), โกล์ด (Gold), ซิลเวอร์ (Silver), และผ่านเกณฑ์ (Certified) : ซึ่งทางประเทศแคนาดาได้นำหลักการและรายละเอียดไปพัฒนา และเรียกชื่อว่า LEED Canada ประกอบด้วย 5 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มสถานที่ตั้งที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน (Sustainable Sites)
2. กลุ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)
3. กลุ่มพลังงานและการส่งผลต่อชั้นบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
4. กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และแหล่งที่มา (Meterials and Resources)
5. คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)

โดยดัชนี LEEDถือได้ว่าเป็นแม่แบบในการริเริ่มในการประยัดพลังงานในอาคาร โดยมีพื้นฐานจาการคำนึงถึงการออกแบบตัวอาคารเพื่อประหยัดพลังงานเป็นหลัก เนื่องจากความต้องการในการลดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าในภาพรวม โดยกำหนดเป็นนโยบายหลักเพื่ออนุรักษ์การใช้พลังงานในอาคารให้น้อยลงโดย มีแรงจูงใจทางด้านตัวแปรเศรษฐกิจเป็นตัวผลักดันเช่น การลดภาษี การส่งเสริมการขาย การสร้างความภูมิใจให้กับอาคารของตนโดยการได้ชื่อเสียงและสิทธิพิเศษต่างๆ ซึ่ต่อมาดัชนีLEED ได้นำแนวความคิดทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเสริมตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การก่อสร้าง การใช้งาน โดยการใช้งานในอาคารเป็นช่วงที่อาคารใช้พลังงานและทรัพยากรมากที่สุด

จากตาราง 2-1 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีสำคัญ โดยเปรียบเทียบเกณฑ์การพิจารณามาตรฐานจนถึงค่าคะแนนที่ได้รับ โดยทั้งหมดจะเน้นเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของอาคารอย่างยั่งยืนเพื่อสิ่งแวดล้อมและอาคารในขณะเดียวกัน เพื่อรักษาทรัพยากรที่มีอยู่ ลักษณะของดัชนีชี้วัดที่เกิด เป็นลักษณะดัชนีชี้วัดรวม (Composite Index) ที่เกิดจากดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยว (Singular Index) มาประกอบกันจากค่าคะแนนของแต่ละดัชนีฯ เมื่อสังเกตุในด้านพลังงาน จะพบว่าเป็นแค่เพียงหนึ่งส่วนจากภาพดัชนีรวมทั้งหมด ซึ่งดัชนีเหล่านี้น่าจะเหมาะสมสำหรับการใช้โครงการอาคารสาธารณะ มากกว่าบ้านพักอาศัย เพราะเนื่องจากขนาดของโครงการและการส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ตาราง 2-1 ดัชนี BREEAM และดัชนี CASBEE ไม่มีกลุ่มนวัตกรรม ทำให้แตกต่างจากดัชนี LEED และดัชนี Green Mark

| | BREEAM | LEED | Green Mark | CASBEE |
|---|---|---|---|---|
| Origin | U.K. | U.S. | Singapore | Japan |
| Assessment items | 1. Management<br>2. Health & Well Being<br>3. Energy<br>4. Transport<br>5. Water Consumption<br>6. Material<br>7. Land Use<br>8. Ecology<br>9. Pollution | 1. Sustainable site<br>2. Water Efficiency<br>3. Energy & Atmosphere<br>4. Material & Resources<br>5. Indoor Environment Quality<br>6. Innovation Process | 1. Building Management<br>2. Energy Efficient<br>3. Water Efficient<br>4. Indoor Environmental Quality Performance & Environment Protection<br>5. Innovation | Q Quality of building<br>Q1. Indoor Env.<br>Q2. Quality of service<br>Q3. Outdoor Env. On site<br>L Environmental Load<br>L1. Energy<br>L2. Resources & Material<br>L3. Off-site Env. |
| Score | Pass<br>Good<br>Very good<br>Excellent | Certified 30-49<br>Silver 50-69<br>Gold 79-89<br>Platinum 90-108 | Green Mark Award 55-70<br>Green Mark Gold 70-80<br>Green Mark Gold plus 80-85<br>Green Mark Platinum 85 and above | C (poor)<br>B-<br>B+<br>A<br>S (Excellent) |

ในส่วนของประเทศไทยนั้น การประหยัดพลังงานเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐ โดยมีการออกพระราชกฤษฎีกำหนดอาคารควบคุมกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2535) โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV) คือ การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม มาจากค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากผนังภายนอกที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารเข้ามา ส่วนค่าการถ่ายเท

ความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) นั้นคือการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมโดยผ่านหลังคาเท่านั้น สำหรับพื้นที่ปรับอากาศ โดยกำหนดให้อาคารที่สร้างหลังปี พ.ศ. 2536 จะต้องมีค่า OTTV ไม่เกิน 45 วัตต์/ตร.ม. และ RTTV จะต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการหามาตรการในการชี้วัดการใช้พลังงาน แต่เมื่อเทียบถึงดัชนีชี้วัดที่ใช้ในภูมิภาคอื่นแล้วยังคงต้องการพัฒนาในแนวทางที่ถูกต้องเป็นอย่างมาก และสิ่งสำคัญก็คือผู้ใช้อาคาร และผู้ออกแบบ มีความสนใจในการประหยัดพลังงานไม่มากเท่าที่ควร นอกจากหน่วยงานที่รับผิดชอบหรือ บริษัทสถาปนิกที่ต้องทำมาตรฐานเดียวกับต่างประเทศ และการประเมินอาคารแบบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คำนวณ OTTV และ RTTV เป็นเรื่องซับซ้อนสำหรับบุคคลทั่วไปที่จะเข้าใจ เนื่องจากต้องมีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ และศัพท์เทคนิคในการประหยัดพลังงาน แม้กระทั่งข้อจำกัดหลายอย่างของโปรแกรมซึ่งคำนึงถึงเพียงการลดภาระการใช้พลังงานในอาคารผ่านเปลือกอาคารให้ผ่านตามกฎหมายเท่านั้

ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ ได้ร่วมกับกรมโยธาธิการและผังเมืองกำลังจะมีการปรับปรุงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฯหรือปรับปรุง OTTV และ RTTV ขึ้นมาใหม่ โดยจัดทำร่างกฎกระทรวงว่าด้วยการก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน สำหรับอาคารใหม่ (http://www.tei.or.th/hotnews/070918-energy1-matichon.htm) ที่มีพื้นที่ 2,000 ตร.ม. ขึ้นไป ที่ขออนุญาตก่อสร้าง จะต้องแสดงแบบการก่อสร้างอาคารที่ใช้วัสดุพื้นผิวและระบบประหยัดพลัง งานด้วย อาคารที่อยู่ในข่ายที่ต้องควบคุม ได้แก่

ประเภทที่ 1 อาคารสำนักงาน, สถานศึกษา, ที่พักอาศัย

ประเภทที่ 2 ห้างสรรพสินค้า, ร้านค้าย่อย, ศูนย์การค้าหรือซุปเปอร์สโตร์

ประเภทที่ 3 โรงแรม, โรงพยาบาล, สถานพักฟื้น

เฉพาะอาคารที่มีพื้นที่ต่ำกว่า 2,000 ตร.ม.นั้นสามารถเข้าโครงการประหยัดพลังงานโดยติดฉลากประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องประหยัดพลังงานได้ไม่ต่ำกว่า 10% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) แสดงรายละเอียดตาราง 2-2

ตาราง 2-2 แสดงค่าขั้นต่ำของประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเปลือกอาคาร

| ประเภทอาคาร | ชม.การใช้ต่อปี | OTTV (วัตต์/ตร.ม.) | RTTV (วัตต์/ตร.ม.) |
|---|---|---|---|
| สำนักงาน หรือ โรงเรียน | 2,340 | < 50 | < 15 |
| ห้างสรรพสินค้า | 4,380 | <40 | <12 |
| โรงแรม หรือ โรงพยาบาล | 8,760 | <30 | <10 |

อาคารที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวันมาก เช่น อาคารประเภทสำนักงาน (8.00-17.00) จะถูกเพิ่มค่า OTTVและ RTTV มากกว่าเดิม 5 วัตต์/ตร.ม. ส่วนอาคารที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนและใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง จะถูกกำหนดค่าต่ำลงมาตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้นจากแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลัก โดย

- ค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดสำหรับอาคารประเภทที่ 1 สูงสุด 14 วัตต์/ตร.ม. ประเภทที่ 2 สูงสุด 12 วัตต์/ตร.ม. ประเภทที่ 3 สูงสุด 18 วัตต์/ตร.ม.

- ค่ามาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศ แบ่งตามขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก, ขนาดใหญ่ และเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller)

- ค่ามาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ผลิตความร้อน และ

- ค่ามาตรฐานการใช้พลังงานโดยรวม

การเพิ่มเติมมีขึ้นในส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ และภาระการใช้ไฟฟ้าจากดวงโคม รวมถึงชั่วโมงการใช้งานของอาคาร ดังนั้น อาคารประเภทสำนักงาน อาคารประเภทห้างสรรพสินค้าและอาคารประเภทโรงแรม โรงพยาบาลจึงกำหนดมาตรฐานค่า OTTV และ RTTV (S. Chirarattananon; 2549) ไม่เท่ากัน เพื่อที่จะทำให้การกำหนดค่าต่างๆของอาคารมีมาตรฐานที่ชัดเจนต่อการใช้พลังงานยิ่งขึ้น

สำหรับ OTTVและ RTTV ใหม่นี้ จะมีประโยชน์สำหรับผู้เข้าใจและคุ้นเคยกับกฎหมายเดิม สามารถนำไปแจกแจงผลได้ละเอียดขึ้น นอกเหนือจากการลดภาระใช้พลังงานในอาคารผ่านเปลือกอาคารเหมือนเดิม แต่เพิ่มความซับซ้อนสำหรับบุคคลทั่วไปที่จะเข้าใจมากขึ้นไปอีก

ซึ่งในปัจจุบันมีการริเริ่มที่ใช้แบบประเมินพลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย โดยทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จัดทำโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยมีแนวทางใช้แบบประเมินเริ่มจาก แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสำหรับประเทศไทย(Thailand Energy and Environmental Assessment Method; TEEAM)เมื่อปี พ.ศ.2549 (ธนิต จินดาวณิค, พรรณชลัท สุริโยธิน และ วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์,2550) และพัฒนาต่อเนื่องมาโดยการติดฉลากให้กับอาคาร โดยมีโครงหลักของการประเมินคล้ายคลึงกับดัชนี LEED ของสหรัฐอเมริกาที่มักนำไปใช้กันทั่วโลก โดยแยกออกเป็น 9 หมวดย่อยได้แก่

- สถานที่ตั้งอาคาร
- ผังบริเวณและงานภูมิสถาปัตยกรรม
- เปลือกอาคาร
- ระบบปรับอากาศ
- ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
- พลังงานทดแทนและการจัดการพลังงาน

- ระบบสุขาภิบาล
- วัสดุและการก่อสร้าง
- เทคนิคการออกแบบและกลยุทธ์ประหยัดพลังงานรักษาสภาพแวดล้อม

โครงการนี้เป็นโครงการที่ประเมินศักยภาพของอาคาร ให้ประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ที่กำหนดของแบบประเมินอาคารดังกล่าว ซึ่งเมื่อผ่านเกณฑ์ประเมินแล้วแต่ละขั้นจะได้รับฉลากติดอาคาร ตามภาพ 2-3 เป็นระดับดีเด่นจะได้ฉลากทอง ระดับดีมากได้ฉลากเงิน และระดับดีได้ฉลากทองแดง

ภาพ 2-3 แสดงตัวอย่างฉลากอาคาร ตามโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฯ
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน; 2550)

ลักษณะของแบบประเมินนี้เป็นการวัดในเชิงปริมาณทั้งหมด ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการทำรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการนำไปใช้ และเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ และมีมาตรฐานสูงกว่า กฎหมายอนุรักษ์พลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในขณะเดียวกัน

ตามความเห็นของผู้วิจัยสำหรับแบบประเมินดังกล่าวมีรายละเอียดประกอบที่มีศักยภาพค่อนข้างสูง เกณฑ์การประเมินชี้นำในการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ดี แยกทุกอย่างเป็นส่วน ๆ ออกจากกันและกระจายความสำคัญการให้น้ำหนักคะแนนในแต่ละหมวดและนำมารวมในภายหลัง สิ่งสำคัญของแบบประเมินนี้ยังยากเกินไปสำหรับบุคคลทั่วไปแม้กระทั่งสถาปนิก วิศวกร หรือผู้ออกแบบที่เกี่ยวข้อง เหมาะสำหรับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะมาประเมินเท่านั้น ซึ่งจะทำให้การใช้แบบประเมินไม่แพร่หลายในวงกว้าง

**2.3 แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น**

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี และมีช่วงของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงถึง 6 - 7 เดือน ใน 1 ปี โดยสามารถสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพอากาศเฉลี่ยโดยทั่วไปของประเทศได้ดังนี้

2.3.1 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิมีน้อย ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใน 1 ปี เฉลี่ยเพียง 12.2 °C และในแต่ละวัน ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิแตกต่าง 3.3 °C และฤดูหนาว 7.2 °C

2.3.2 แสงแดดมีตลอดทั้งปี โดยช่วงที่มีแดดมีประมาณ 66% ของชั่วโมงที่มีดวงอาทิตย์ใน 1 ปี ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมทางทิศเหนือในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ประมาณ 4 เดือน และโคจรอ้อมทางทิศใต้ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนเมษายนประมาณ 8 เดือน

2.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอน้ำในบรรยากาศ เฉลี่ยที่ 18 mm. Hg และสูงถึง 20 (มม. ปรอท) ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม

2.3.4 ทิศทางลมตลอดทั้งปีพัดมาจากทุกทิศทาง

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า การทำให้สภาพอากาศของประเทศไทยเย็นขึ้นไม่ใช่เรื่องง่าย เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์มีอยู่มากในอากาศ ทำให้อัตราส่วนการระเหยของเหงื่อเป็นไปได้ยาก จึงต้องการกระแสลมเข้ามาช่วยเร่งอัตราการระเหยของเหงื่อให้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการมีปริมาณแสงแดดมากก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในวัสดุต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย

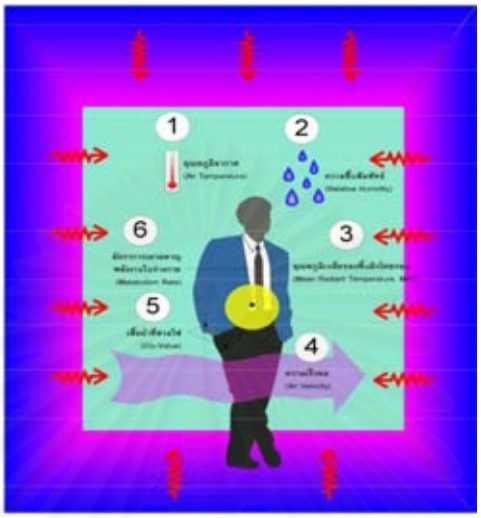
การพิจารณาตัวแปรเกี่ยวกับความรู้สึกสบายของมนุษย์มีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารได้รับประโยชน์จากปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์(Comfort Zone)[1] ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ในสภาวะร่างกายปกติ 6 ตัวแปรด้วยกัน ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
4. ความเร็วลม (Air Velocity)
5. เสื้อผ้าสวมใส่ (Clo-value)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate)

---

[1] สภาวะน่าสบายของมนุษย์ คือ สภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบาย โดยไม่สามารถระบุได้ว่ารู้สึกร้อนหรือหนาว โดยทำการสำรวจจากตัวอย่างประชากรโลกชนชาติต่าง ๆ จนได้ข้อสรุปซึ่งเป็นที่ยอมรับว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกชนชาติ แม้จะอาศัยอยู่ในเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยมีค่าที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิ 25 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

ดังนั้น การปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงคือ การออกแบบสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมกับสภาพอากาศโดยป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร การติดตั้งระบบภายในอาคารให้เอื้อต่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศ และมีการใช้อาคารให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่เกิดขึ้น




ภาพ 2-4 แสดงตัวแปรต่าง ๆ 6 ประการที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนในภาวะปกติ
(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ปัจจุบันการออกแบบยังไม่มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากในปัจจุบันสภาพแวดล้อมเต็มไปด้วยมลภาวะต่าง ๆ เช่น ความร้อนของอากาศในเมืองที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น สถาปัตยกรรมต่าง ๆ ที่เคยเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการใช้ชีวิตในอดีต จึงไม่สามารถตอบสนองต่อประโยชน์ใช้สอยและคุณภาพชีวิตของคนไทยในปัจจุบันได้ รวมถึงบางส่วนที่มีการนำรูปแบบอาคารตลอดจนการใช้วัสดุจากต่างประเทศโดยไม่ได้ปรับให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นจนก่อให้เกิดปัญหาของการใช้พลังงานอาคารขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการประยุกต์ใช้นโยบายการสร้างดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของอาคารมากยิ่ง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการกำหนดนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร และมีความเข้าใจเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น ดังจะเห็นได้ว่าจากหลักการในการออกแบบนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญ ได้แก่

2.3.1 ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม

2.3.2 รูปทรงและทิศทางอาคาร

2.3.3 เปลือกอาคาร

2.3.4 การรั่วซึมของอากาศ

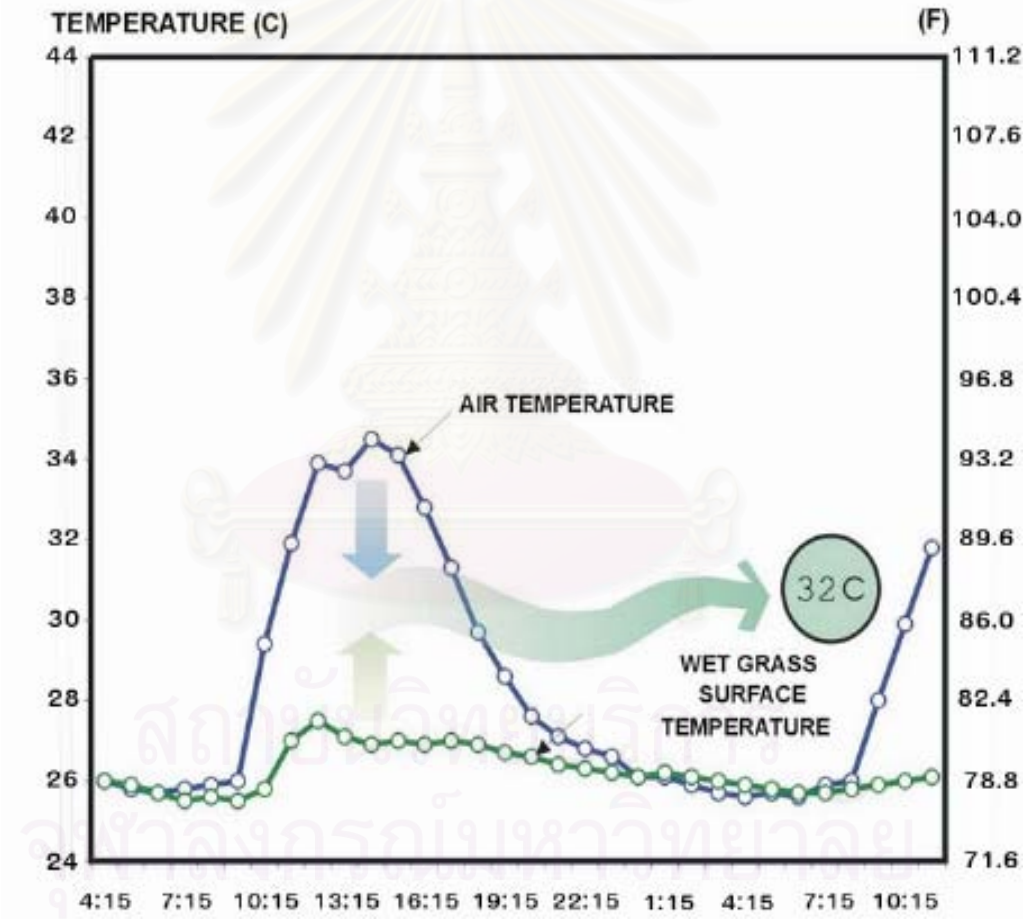
2.3.5 การใช้แสงธรรมชาติ และแสงประดิษฐ์ในอาคาร

2.3.6 อุปกรณ์งานระบบและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ภายในอาคาร

2.3.7 ลักษณะการใช้งานในอาคารและภาระที่เป็นผลมาจากพฤติกรรมการใช้อาคาร

2.3.1 ที่ตั้งและสภาพแวดล้อม

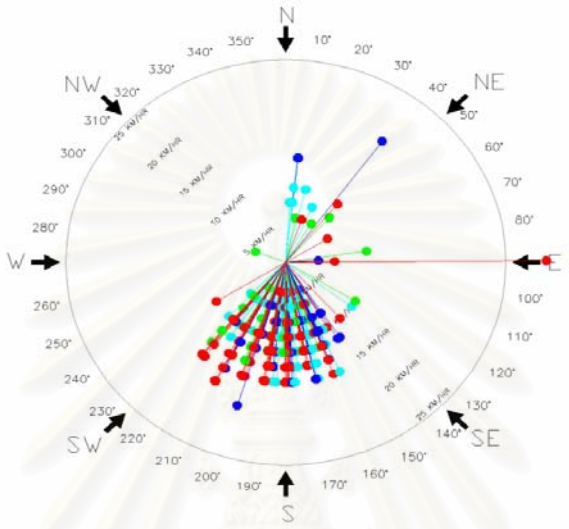
การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร เป็นปัจจัยที่มีทั้งการบั่นทอนสภาวะของอาคารให้เลวร้ายหรือเอื้อประโยชน์ได้ หากมีการปรุงแต่งที่ถูกต้อง ความเข้าใจในสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เนื่องจากเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไปของสภาพดังกล่าวส่งผลให้สภาพแวดล้อมของอาคารแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะประเทศไทยที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งมีลักษณะปัจจัยที่สำคัญต่อการออกแบบ คือ



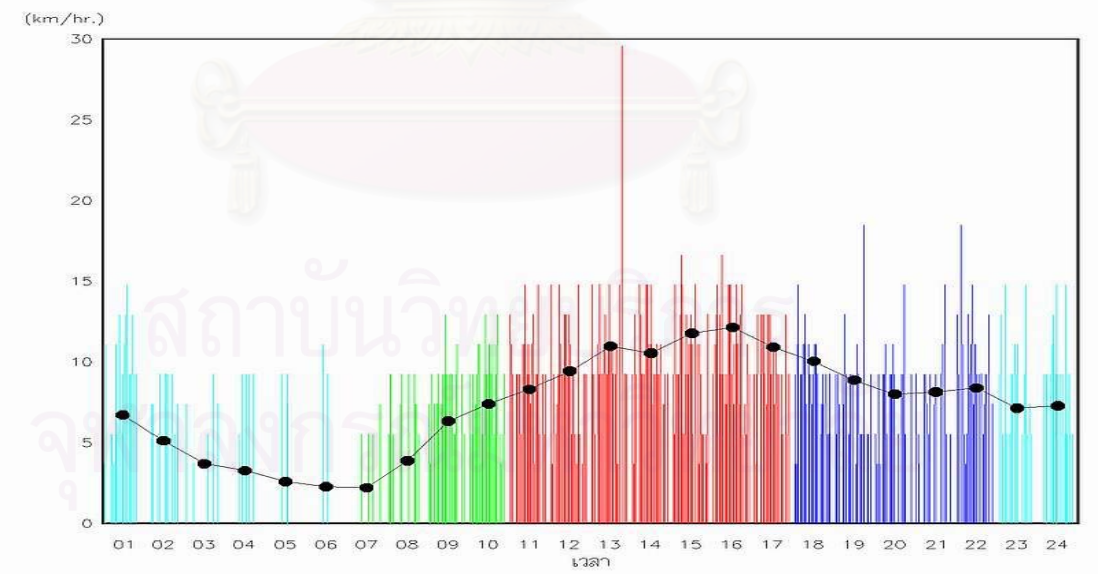

แผนภูมิ 2-3 การสร้างสภาวะแวดล้อมที่ดีจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยลดลงมาก ทำให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2.3.1.1 อิทธิพลของลมและอุณหภูมิ

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) พบว่า เมื่อผนวกเอาอุณหภูมิอากาศภายนอกและอิทธิพลของความเร็วลมมาใช้แล้ว หากได้ผลว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ ก็ควรนำเอาอากาศจากภายนอกมาใช้เพื่อสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศตามธรรมชาติ



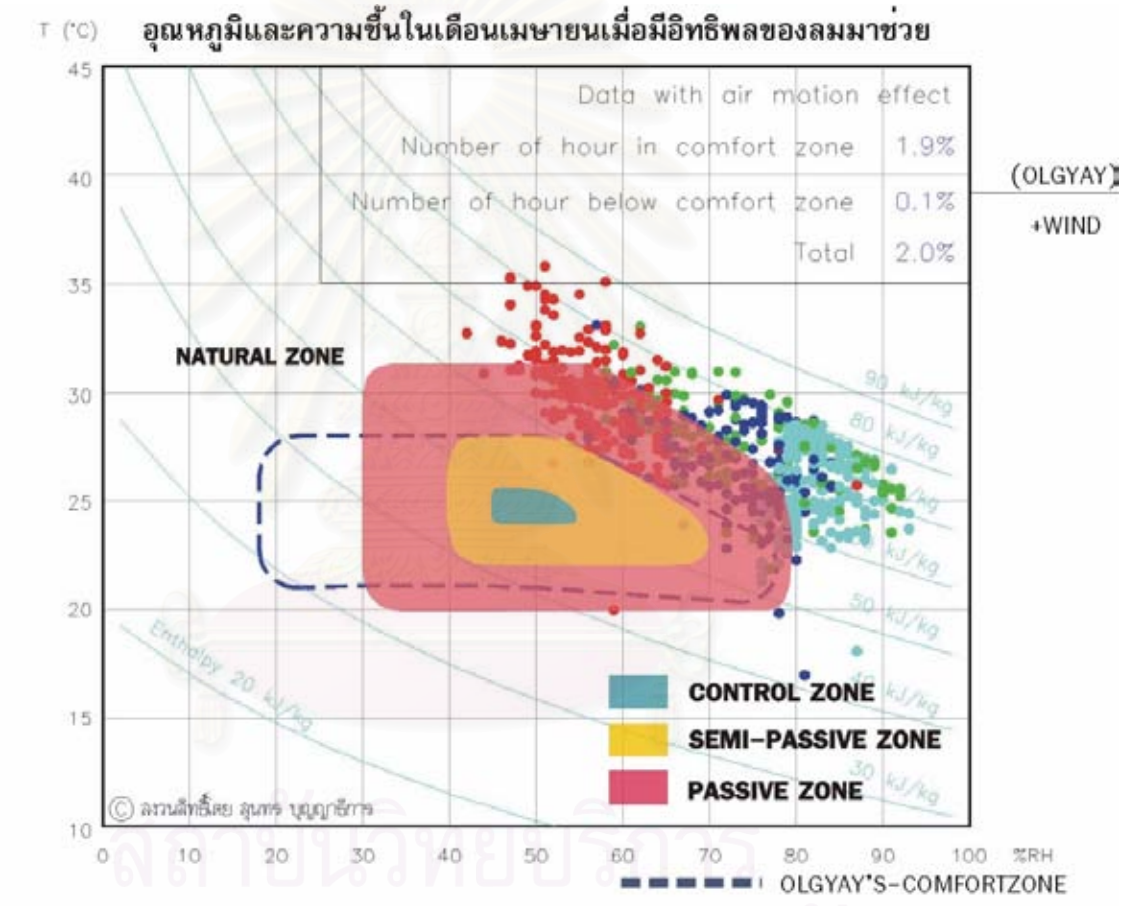

แผนภูมิ 2-4 แสดงอิทธิพลของทิศทางและความเร็วลมในเดือนเมษายน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)




แผนภูมิ 2-5 แสดงอิทธิพลของทิศทางและความเร็วลมแต่ละช่วงเวลาของวันในเดือนเมษายน
(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

สำหรับกรณีของสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครจะพบว่า ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมเป็นช่วงเวลาที่ภูมิอากาศเหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงานมาก

ที่สุดส่วนเป็นช่วงที่มีความเป็นไปได้ในการนำระบบธรรมชาติมาใช้ รองลงไปก็คือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ สำหรับในช่วงเดือนอื่นๆ ที่เหลือนั้นพบว่า สภาพอากาศโดยทั่วไปมีความชื้นค่อนข้างสูง ขณะที่การลดความชื้นและลดอุณหภูมิให้กับอากาศที่เข้าสู่อาคาร ในกรณีที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ ควรหลีกเลี่ยงอากาศที่มีความชื้นสูงเป็นอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบในที่นี้ ควรมุ่งเน้นกลวิธีในการนำปัจจัยธรรมชาติทุกรูปแบบมาใช้ รวมถึงการนำเอาระบบปรับอากาศที่เป็นระบบเครื่องกลมาช่วยในกรณีที่สภาพภูมิอากาศภายนอกไม่เอื้ออำนวย



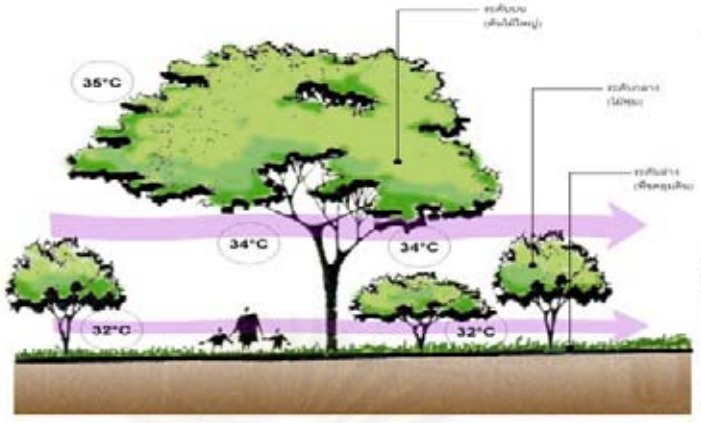

แผนภูมิ 2-6 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายในเดือนเมษายน โดยใช้อิทธิพลของลมมาช่วย
(สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของความชื้นต่อการออกแบบ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) พบว่า ระดับความชื้นในประเทศไทยโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก ความชื้นจึงกลายเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร ในเกือบตลอดทั้งปี เมื่อนำอากาศจากภายนอกมาปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะสบายภายในห้องปรับอากาศ จะต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาลในการลดความชื้นในรูปของความร้อนแฝง (Latent Load) และลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Load) หากจะเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้เมื่อนำเอาอากาศจากภายนอกมาปรับสภาพให้อยู่ในระดับที่ต้องการภายในอาคารโดยใช้ระบบปรับอากาศจะพบว่าพลังงานส่วนใหญ่ต้องใช้ในการลดความชื้นในอาคารมากกว่าลดอุณหภูมิให้กับอากาศหลายเท่า โดยมีปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในเวลากลางวันและกลางคืนแตกต่างกันไม่มากนักเนื่องมาจากอิทธิพลของความชื้นที่สะสมอยู่ในอากาศ

พืชพันธุ์และองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม ตัวอย่างเช่น ต้นไม้ขนาดใหญ่ เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้อาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตโดยการดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปรสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบ กระบวนการดังกล่าวเรียกว่ากระบวนการสังเคราะห์แสง ต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200 บีทียู) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอน้ำ

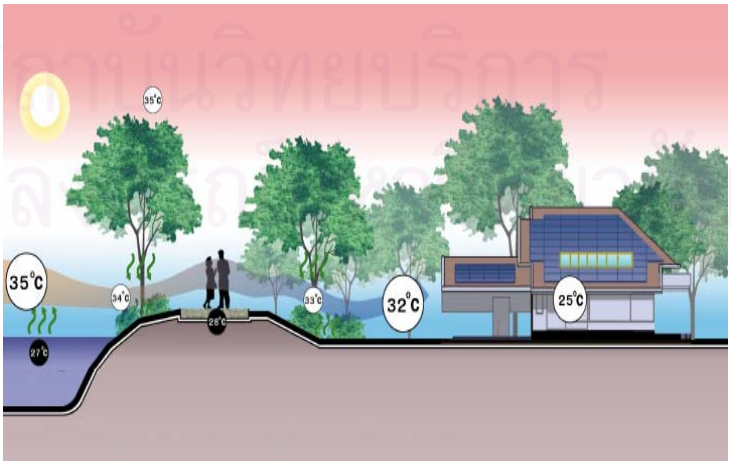
การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน ซึ่งทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหยทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบของพุ่มไม้อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet - Bulb Temperature) ซึ่งจะทำให้ดินบริเวณนั้นเย็นและความเย็นดังกล่าวก็จะถูกดูดซับเข้าสู่ผิวดินจนทำให้ดินในบริเวณนั้นสามารถส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องกันไปถึงพื้นที่ใต้อาคารได้ เป็นต้น

ส่วนการใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน นอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดินแล้ว การเลือกใช้วัสดุผิวดินที่เหมาะสมก็จะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ โดยควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูงหรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี และควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสีเข้มและมีค่าการดูดความร้อนสูง เช่น ผิวยางมะตอย ถนนคอนกรีตโดยเฉพาะในที่มีร่มเงา ไม่มีลมพัดผ่านเพราะจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนไว้มาก




ภาพ 2-5 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้ระดับความสูงต่าง ๆ เพื่อสร้างสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ภาพ 2-6 สภาพแวดล้อมที่ไม่ได้รับการปรับปรุง อุณหภูมิ 39-25 = 14 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2547)




ภาพ 2-7 สภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุง อุณหภูมิ (สุนทร บุญญาธิการ, 2547)

2.3.2 รูปทรงและทิศทางอาคาร

การพิจารณารูปแบบของอาคารทั้งในด้านรูปทรงและการวางทิศทางอาคาร โดยการควบคุมความรุนแรงของธรรมชาติที่จะส่งผลกระทบต่อสภาวะภายในอาคารในเรื่องของการควบคุมแสงแดด และความชื้น มีดังนี้

2.3.2.1 การออกแบบอาคารในแง่ของการกันแดด ต้องคำนึงถึงผลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในมุมต่าง ๆ เป็นสำคัญ เนื่องจากความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารโดยการแผ่รังสีความร้อนมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร การสร้างส่วนที่กั้น (Buffer Zone) ไม่ให้ผนังโดนแดด ในกรณีที่ต้องการกันแดด 100% ตลอดจนหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดที่ผนังด้านทิศตะวันตกให้มีน้อยที่สุด เพื่อลดความรุนแรงจากการนำแสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบอาคารโดยตรง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบแผงกันแดด

2.3.2.2 การป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานภายในอาคาร เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารแปรผันโดยตรงกับปริมาณพื้นที่เปลือกอาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารมากจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารเพิ่มขึ้นจนทำให้ความร้อนภายในห้องเกินขอบเขตสภาวะน่าสบาย ทั้งนี้อาจประมาณได้จากสัดส่วนพื้นที่ผิวเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เมื่อมีค่ามาหมายถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารมีค่าค่อนข้างสูง

2.3.2.3 การออกแบบอาคารในแง่ของการพัดผ่านของกระแสลม ตัวอย่างหนึ่งก็คือ การเจาะช่องหน้าต่างในด้านที่มีความกดอากาศสูง (Positive Pressure) จะทำให้ลมที่พัดผ่านสามารถเข้าสู่ตัวอาคาร และระบายออกสู่ด้านความกดอากาศต่ำ (Negative Pressure) เทคนิคในการนำลมเข้าสู่อาคารโดยใช้การเจาะช่องเปิดด้านความกดอากาศสูง และช่องเปิดในด้านความกดอากาศต่ำที่มีความกดอากาศต่างกัน ทำให้ลมพัดผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้โดยตลอด

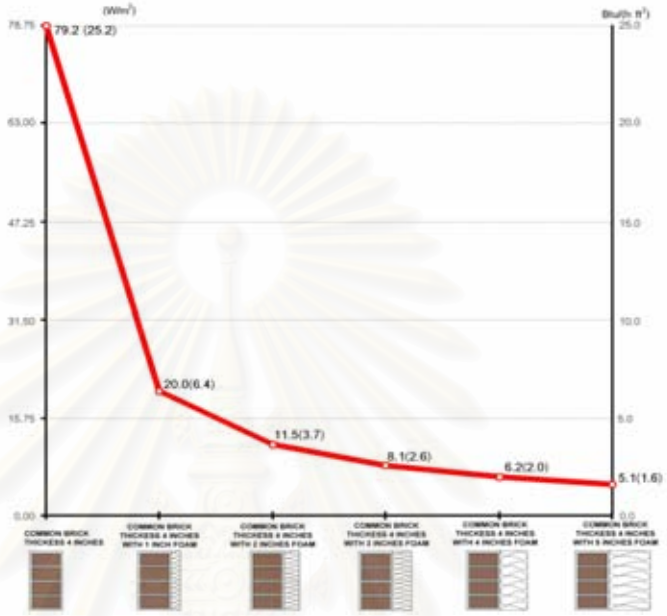
2.3.2.4 การออกแบบอาคารในแง่ของการรั่วซึมของความชื้น เกี่ยวเนื่องจากการสร้างความแตกต่างของความกดอากาศ เป็นผลให้เกิดการรั่วซึมของความชื้นเข้าสู่อาคารผ่านเปลือกของอาคารได้

2.3.3 เปลือกอาคาร

การพิจารณาการใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับเปลือกอาคาร เนื่องจากวัสดุเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในอาคารได้ ทั้งเพื่อตอบสนองต่อการใช้งานและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ยกตัวอย่างเช่น

วัสดุผนังหรือวัสดุปิดผนัง เป็นส่วนสำคัญและมีพื้นที่มากกว่าส่วนอื่น ๆ ของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ซึ่งมีผลต่อ

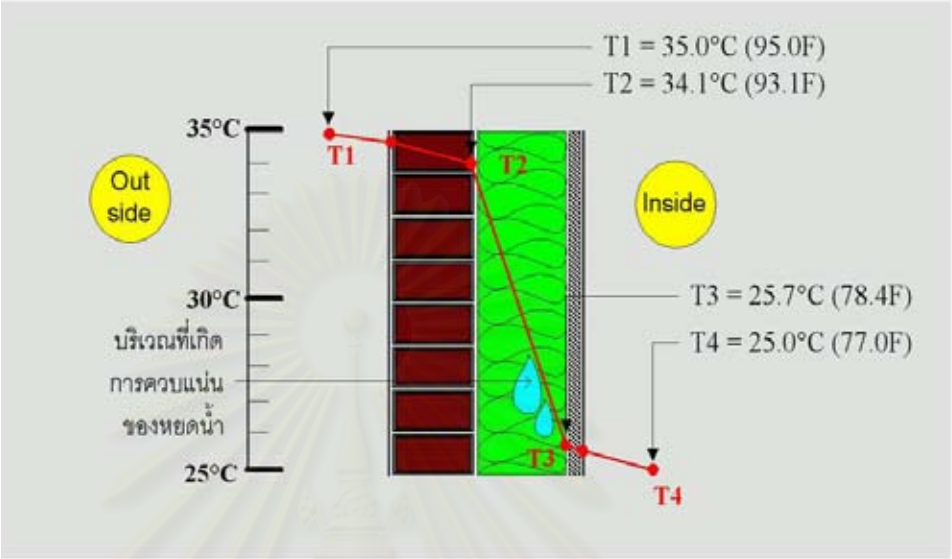
การถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีปัจจุบันจะเอื้ออำนวยจึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก วัสดุที่ควรพิจารณาคือวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่เก็บสะสมความร้อนหรือมีค่าความจุความร้อนไม่สูง



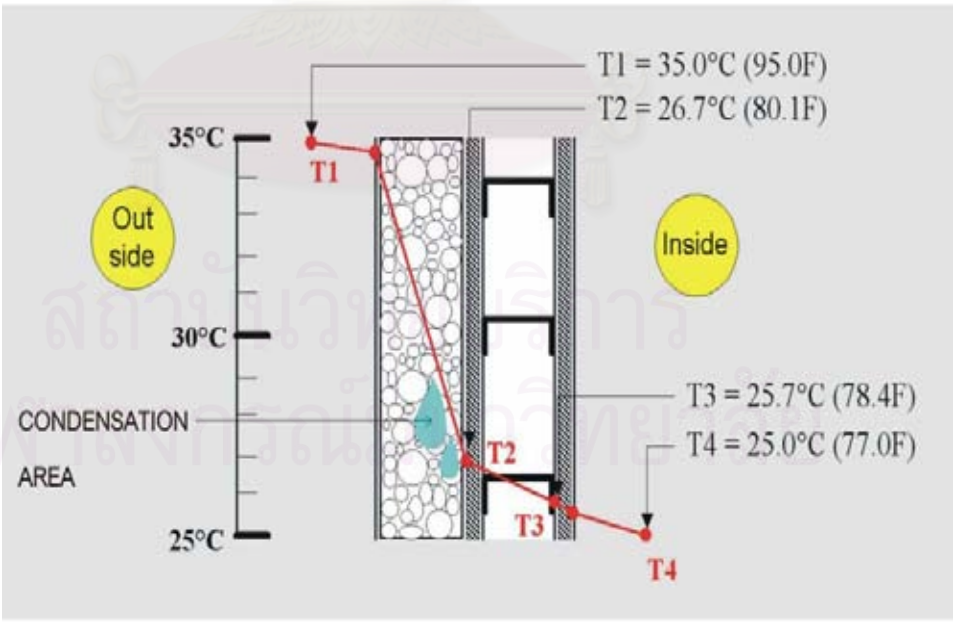

แผนภูมิ 2-7 แสดงการเปรียบเทียบค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

แผนภูมิ 2-8 แสดงอัตราความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐหนา 4 นิ้วทั่วไป ประกอบกับการใช้ฉนวนที่มีความหนาแตกต่างกัน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

เนื่องจากการควบคุมการเกิดควบแน่นของหยดน้ำในผนังเป็นเรื่องสำคัญและยากต่อการป้องกันการออกแบบจึงควรแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ โดยพิจารณาเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถป้องกันการเกิดการควบแน่นภายในผนัง

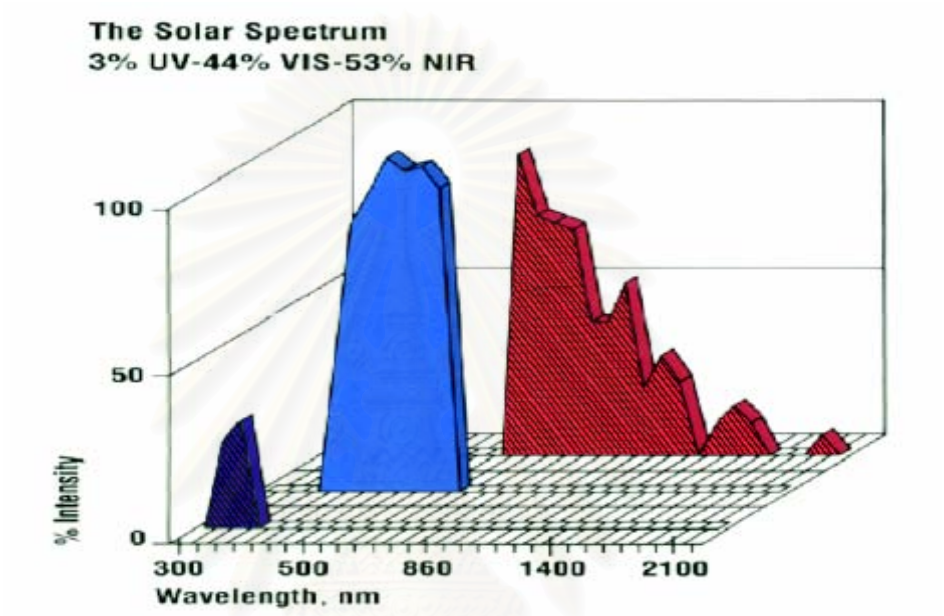



ภาพ 2-8 แสดงบริเวณที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังบริเวณฉนวนที่อยู่ด้านในอาคาร ซึ่งยากแก่การควบคุม (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

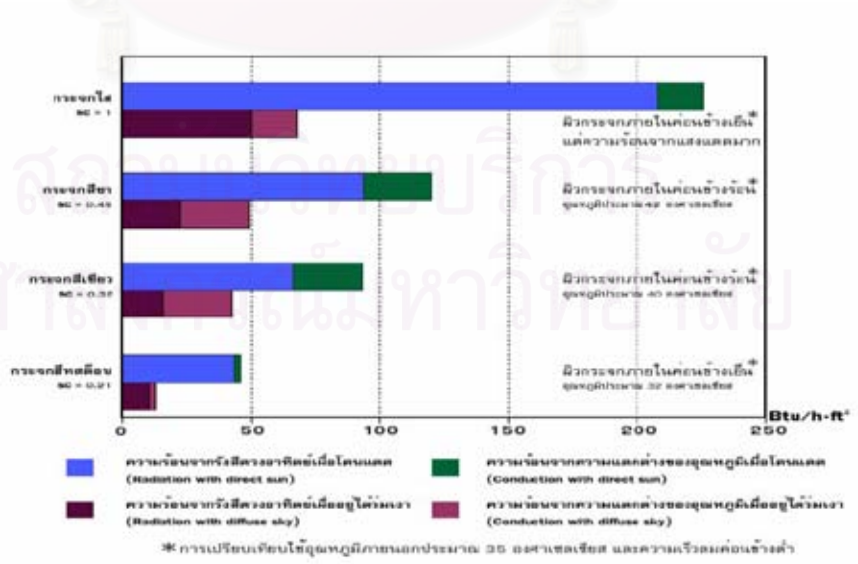



ภาพ 2-9 แสดงจุดที่เกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังบริเวณของฉนวนที่อยู่ด้านนอกของอาคาร ทำให้สามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

กระจก เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการก่อสร้างปัจจุบัน กระจกมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น โปร่งใสสามารถมองทะลุได้แต่กระแสลมหรือฝนไม่สามารถเข้าได้ เป็นต้น เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) รังสีอินฟาเรด (INR) ซึ่งเป็นรังสีความร้อนที่ไม่สมควรนำเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้น สิ่งที่เป็นปัญหาก็คือการนำเอาความร้อนเข้าสู่อาคารจากแสงธรรมชาติ ควรหลีกเลี่ยงการรับแสงธรรมชาติผ่านเข้าทางกระจกโดยตรง




แผนภูมิ 2-9 แสดงช่วงคลื่นความถี่ของรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีที่ตามองเห็น และรังสีอินฟราเรด (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

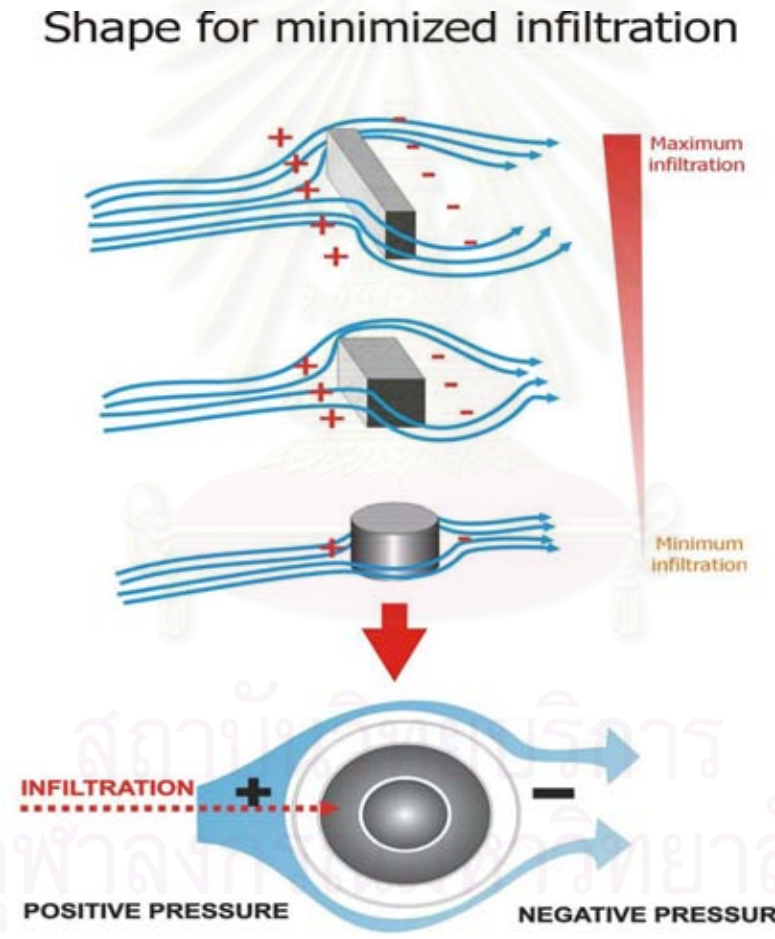



แผนภูมิ 2-10 แสดงการเปรียบเทียบภาระทำความเย็นผ่านช่องเปิด (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2.3.4 การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

การรั่วซึมของอากาศคือ การไหลผ่านเข้าสู่อาคารของอากาศภายนอกผ่านทางรอยต่อของช่องเปิดและวัสดุเปลือกอาคาร รวมถึงผ่านทางการใช้งานปกติของประตูและหน้าต่าง การรั่วซึมของอากาศ เกิดขึ้นโดยตามธรรมชาติ จากความเร็วลมภายนอกที่ปะทะเปลือกอาคาร รวมไปถึงการเกิดขึ้นจากการสร้างความแตกต่างของความดันอากาศในอาคารโดยเครื่องกล

รูปทรงของอาคารจะมีผลต่อการเกิดการรั่วซึมของอากาศ ดังเช่น รูปทรงที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวปะทะลมนั้น จะเกิดการรั่วซึมของอากาศสูงที่สุด โดยอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงกระบอกและรูปทรงกลมเกิดการรั่วซึมของอากาศน้อยลงตามลำดับ ดูภาพ 2-10




ภาพ 2-10 แสดงความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคารต่อการรั่วซึมของอากาศ(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ช่องเปิดอาคาร จากข้อมูลการทดลองวิจัย (ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ, 2543) พบว่า พลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมของอากาศผ่านทางช่องเปิดประเภทต่างๆ สามารถเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ บานเกล็ด บานเปิด บานเลื่อน และบานติดตาย เมื่อพิจารณาผลของข้อมูลแล้ว ถ้าเลือกที่จะออกแบบโดยใช้ช่องเปิดแบบบานติดตายทั้งหมดในอาคาร เพื่อลดภาระการทำความเย็น ยังต้องคำนึงถึงพระราชบัญญัติการก่อสร้างและควบคุมอาคารที่กำหนดช่องบานเปิดขั้นต่ำไว้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามการรั่วซึมของอากาศยังเกิดขึ้นที่วัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุ ดังนั้นถึงแม้การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) จะมีผลต่อการทำความเย็นในอาคาร แต่เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีความแปรปรวนซับซ้อน จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นเรื่องละเอียดอ่อนที่จะนำมาใช้เป็นตัวแปรเบื้องต้นในการหาความสัมพันธ์ของดัชนีจึงไม่อยู่ในขอบเขตวิจัยมาวิจัยในครั้งนี้

ผลการวิจัย (ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ, 2543) สรุปได้ว่า การรั่วซึมของอากาศนั้นมีปัจจัยสำคัญคือ ประเภทของช่องเปิดและความเร็วลมภายนอกที่กระทำต่ออาคาร ควรหลีกเลี่ยงช่องเปิดประเภทบานเกล็ด ซึ่งมีอัตราการรั่วซึมของอากาศสูงสุดเท่ากับ 3,390 ตันต่อชั่วโมงต่อปีตารางเมตร มากกว่าบานเลื่อนประมาณ 17 เท่า และควรปิดรอยต่อระหว่างผนังประตูและหน้าต่างเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ซึ่งในส่วนนี้เป็นเทคนิคในการออกแบบและการก่อสร้างอาคาร

เนื่องจากกระแสลมที่พัดมาตลอดปี (กูสกานา กูบาฮา และ สุทธิพงศ์ เนื่องเยาว์: 2550) ของช่องเปิดอาคารในประเทศไทย พบว่า ค่าสูงในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับมาตรฐาน (Energy Star) ที่กำหนดในอเมริกาและยุโรป โดยวิธีการคำนวณอัตราการรั่วซึมของอากาศเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จากผลรวมของการรั่วซึมของหน้าต่างและประตูแต่ละประเภทส้นรอยรั่ว (Crack Length)ทั้งหมดของประตูหน้าต่างตามสมการดังนี้

$$AL_{avg} = (\Sigma CL * AL)/ \Sigma CL$$

(กรมการพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

เมื่อ $AL_{avg}$ = อัตราการรั่วของอากาศเฉลี่ย โดยดูจากประเภทหน้าต่าง,ประตูตามรายละเอียดดังตาราง (ลิตร/วินาที-เมตร)

CL = ความยาวของเส้นรอบรั่วของหน้าต่าง,ประตู (ม.)

ตาราง 2-3 แสดงปริมาณอากาศรั่วซึมที่แรงดันแตกต่างปานกลาง; 75 ปาสคาล (ระดับความดันแตกต่าง 0.3 นิ้วน้ำ)

| ประเภทช่องเปิด | ประเภทกรอบ | อุปกรณ์เพิ่มเติม | ชนิด/แบบ | ปริมาณอากาศรั่วซึม (l/s-m) |
|---|---|---|---|---|
| หน้าต่าง | อลูมิเนียม | มีแผ่นยางกันซึม | บานเปิด | 0.73 |
| | “ | “ | บานเปิดบานรั้ง | 0.94 |
| | “ | “ | บานกระทุ้ง | 0.67 |
| | “ | “ | บานรั้ง | 0.67 |
| | “ | “ | บานเลื่อน(แนวตั้ง) | 0.80 |
| | “ | | บานเลื่อน(แนวนอน) | 0.72 |
| | “ | | ปิดตาย | 0.37 |
| | ไม้ | | บานเปิด | 0.67 |
| | “ | | บานเปิดบานรั้ง | 0.87 |
| | “ | | บานเลื่อน(แนวนอน) | 1.00 |
| | “ | | บานพลิก | 1.00 |
| | “ | | บานกระทุ้ง | 0.65 |
| | “ | | บานรั้ง | 0.64 |
| | “ | | บานเลื่อน(แนวตั้ง) | 0.75 |
| | “ | | บานเกล็ด | 1.60 |
| | PVC | | บานเปิด | 0.72 |
| | “ | | บานเปิดบานรั้ง | 0.87 |
| | “ | | บานเลื่อน(แนวนอน) | 0.74 |
| | “ | | บานพลิก | 0.90 |
| | “ | | บานกระทุ้ง | 0.65 |
| | “ | | บานรั้ง | 0.64 |
| | “ | | บานเลื่อน(แนวตั้ง) | 0.74 |
| | เหล็ก | | บานเปิด(เหล็ก) | 1.16 |
| ประตู | ไม้ | | บานเปิด | 1.93 |
| | อลูมิเนียม | | บานเปิด(สวิง) | 1.93 |

ถ้ากรณีที่มีการใช้แผ่นยางเสริมเพื่อลดการรั่วซึมให้ นำค่าในตาราง 2-4 มาคูณค่าอัตราการรั่วของอากาศเดิม (AL) จะได้ค่าอัตรารั่วของอากาศลดลง

ตาราง 2-4 แสดงอัตราอากาศรั่วซึมของอากาศที่ลดลง กรณีที่ใช้แผ่นยางเสริมเพื่อลดอัตราการรั่วซึม (กูสกานา กูบาฮา: 2550)

| ประเภทกรอบ | ปริมาณอากาศรั่วซึม | | ลดลง |
|---|---|---|---|
| | เดิม | หลัง | (%) |
| หน้าต่างบานเปิด(เหล็ก) | 1.16 | 0.65 | 44 |
| ประตูบานเปิด(ไม้) | 1.93 | 1.20 | 38 |

ดังนั้นจะพบว่า

ภาระทำความเย็นที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศ ($Q_l$)= W ($h_0 - h_l$)

โดยที่ ( Latent Load) $Q_l$ = Air Change load, kW

W = Mass flow rate of air entering space,kg/s

$h_0$ = Enthalpy of outside air, kJ/kg

$h_l$ = Enthalpy of inside air, kJ/kg

แต่ภาระที่เกิดนอกเหนือจากความร้อนแฝงแล้วยังมีจากความร้อนสัมผัสด้วย

$\Sigma Q = Q_l + Q_S$

=Latent Load + Sensible Load

= ภาระที่เกิดจากช่องเปิด + ภาระที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคาร

ภาระความเย็นที่เกิดจากช่องเปิดเนื่องจากความร้อนแฝง (Latent Load ) นั้นสามารถคำนวนหาได้ตามความสัมพันธ์ข้างต้น ส่วนภาระที่เกิดจากเปลือกของอาคารเนื่องจากความร้อนสัมผัส(Sensible Load )นั้น อ้างถึงงานวิจัยแนวทางการประเมินของผนัง5 ชนิด(สมพงษ์ นามทวีสุข, 2547) พบว่า ผนัง 5 ชนิด ผนังไม้ตีซ้อนเกล็ด ผนังไม้อัด ผนังคอนกรีตมวลเบา ผนังก่ออิฐ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก สามารถประเมินได้ว่า ผนังไม้ซ้อนเกล็ด มีภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมมากที่สุดถึง 955.39 Btu/hr.-$m^2$ และผนังระบบฉนวนกันความร้อน

ภายนอก มีค่าน้อยสุด 0.05 Btu/hr.-$m^2$ อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างของการวิจัยการรั่วซึมของผนังผ่านวัสดุในประเทศไทยที่มาสนับสนุนการทำดัชนีให้สมบูรณ์นั้นยังไม่เพียงพอจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในขั้นต่อไป เพื่อนำไปประกอบการคำนวนดัชนีฯ การประเมินได้ชัดเจนขึ้น

การประเมินวิธีนี้เหมาะสำหรับอาคารที่อยู่ในระหว่างขั้นตอนออกแบบเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำไปตรวจสอบประมาณค่าการรั่วซึมของอากาศของอาคารที่สร้างแล้วมีความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี ว่ามีความคลาดเคลื่อนสูง (เทพฤทธิ์ ทองชุบ : 2546) เพราะตัวแปรของอาคารที่ก่อสร้างแต่ละหลังจะมีความแตกต่างกันทั้งสถานที่ตั้ง กระแสลมที่ผ่าน เทคนิคการก่อสร้างอาคาร อายุการใช้งาน ประเภทของวัสดุจนไปถึงการใช้งานของคนในอาคาร ซึ่งต้องการเทคนิคการประเมินขั้นสูงและซับซ้อนเพื่อผลการวัดที่แม่นยำขึ้น

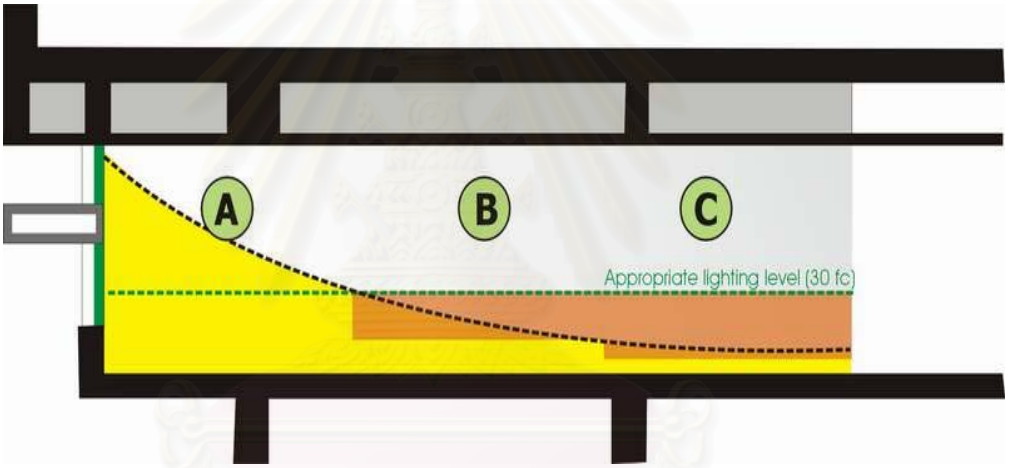
2.3.5 Conductivity

นั่นแสดงว่า การที่อาคารมีการออกแบบโดยใช้ Thermal Mass สูง หรือ High Conductivity จะต้องคำนึงถึงศักยภาพของผนังและการเปิด-ปิดเข้าออกอาคารจากผู้ใช้ไม่ให้ความเย็นในอาคารนั้นสูญเสียไปจากการใช้งาน ตรงกันข้ามกับอาคารที่มีการออกแบบโดยใช้ Thermal Mass ต่ำ หรือ Low Conductivity เป็นบ้านไม้ทรงไทย อุณหภูมิของอาคารนี้จะแปรผันตามสภาพอากาศภายนอก เป็นไปตามระบบธรรมชาติมาปรุงแต่งสภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งอาคารที่มีค่าความเป็นฉนวนของวัสดุอาคารต่ำ แต่มีการใช้เครื่องกลเพื่อปรับสภาพอากาศให้น่าสบาย จะมีการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า เนื่องจากอาคารได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ในระบบ Passive Design โดยเฉพาะอาคารหลายแห่งในกรุงเทพฯ ที่ได้รับการออกแบบดังกล่าว โอกาสที่เกิดภาวะน่าสบายตามธรรมชาติแทบเป็นไปไม่ได้ ยกตัวอย่างเช่น บ้านหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน ที่มีนโยบายลดการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยลงให้น้อยที่สุด หรือหากต้องใช้พลังงานก็ใช้อย่างมีประโยชน์มากที่สุดควบคู่กันไป (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2546) แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกในเมืองมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าภาวะน่าสบาย ทำให้ผู้ที่นำแบบบ้านไปใช้ต้องตัดเครื่องปรับอากาศทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอย่างมากจากการประเมินผลของภาควิชาเคหะการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า 70% ของบ้านที่ใช้จริง ต้องมีการติดเครื่องปรับอากาศเพิ่ม ดังนั้น บ้านหาร 2 จึงกลายเป็นบ้านผลาญสองตลอดการใช้งาน (สุนทร บุญญาธิการ, 2548)

2.3.6 การใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ในอาคาร

2.3.6.1 การใช้แสงธรรมชาติ

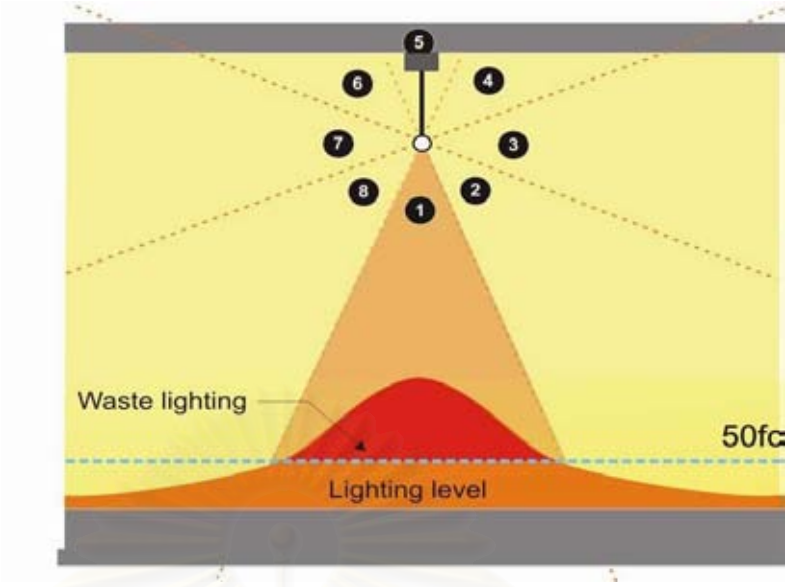
แนวทางการใช้แสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร สมควรพิจารณาไม่ใช้แสงธรรมชาติโดยตรงเข้าสู่ภายในอาคารเนื่องจากเป็นแหล่งความร้อนจำนวนมหาศาล ปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคารขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องแสงและคุณสมบัติของกระจกที่เลือกใช้ ซึ่งในการออกแบบอาคารควรกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดที่เหมาะสมและเลือกกระจกที่มีคุณสมบัติที่ดี คือ ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ข้อดีของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารนั้นจะช่วยลดจำนวนดวงโคมที่ต้องติดตั้ง จึงเป็นการประหยัดพลังงานจากการใช้งานหลอดไฟ และช่วยประหยัดงบประมาณสำหรับติดตั้งดวงโคมอีกด้วย เนื่องจากแสงธรรมชาติ มีประสิทธิภาพถึง 140 ลูเมนต์ต่อวัตต์ ในขณะที่หลอดคอมแพคฟลูออเลสเซนต์มีประสิทธิภาพเพียง 40-50 ลูเมนต์ต่อวัตต์




ภาพ 2-11 แสดงระดับความสว่างของห้อง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากช่องเปิดอาคารและมุมตกกระทบของแสง โดยที่
พื้นที่ A เป็นพื้นที่ที่มีความสว่างเนื่องจากแสงธรรมชาติมาก
พื้นที่ B เป็นพื้นที่ที่แสงสว่างเนื่องจากแสงธรรมชาติอยู่ในระดับที่ต้องการ
พื้นที่ C เป็นพื้นที่ที่มีความสว่างเนื่องจากแสงธรรมชาติน้อยกว่าระดับที่ต้องการ คือ 30 Foot candle(สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

2.3.6.2 การใช้แสงประดิษฐ์

หากไม่สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารแล้ว จะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟเพื่อให้มีปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานจากการใช้งานหลอดไฟแล้วความร้อนที่เกิดจากการใช้งานหลอดไฟยังไปเพิ่มภาระให้กับเครื่องปรับอากาศอีกด้วย




ภาพ 2-12 แสดงการใช้แสงประดิษฐ์ประกอบ พบว่ามีความต้องการแสงสว่างที่ต้องการเพียง 1 / 8 ของปริมาณแสงสว่างทั้งหมดที่ตกลงบนพื้นที่ใช้งานเท่านั้น (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดของหลอดให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงการนำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ เช่น การนำหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพ 40 - 50 ลูเมนต์ต่อวัตต์มาใช้แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพเพียง 8 - 20 ลูเมนต์ต่อวัตต์ แสดงว่าเมื่อสูญเสียพลังงานไฟฟ้า 1 วัตต์ สำหรับหลอดอินแคนเดสเซนต์จะได้พลังงานแสงสว่าง 8 - 20 ลูเมนต์ แต่ถ้าเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะได้พลังงานแสงสว่างมากกว่าคือ 40 - 50 ลูเมนต์ หมายความว่า หากต้องการแสงสว่างเท่ากันจะต้องใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นจำนวนมากกว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ จึงเป็นการสิ้นเปลืองทั้งในด้านการลงทุนค่าติดตั้งและค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้หลอดไฟและดวงโคมประสิทธิภาพสูงจะช่วยประหยัดพลังงานได้ ซึ่งระบบแสงสว่างที่มีแนวความคิดสำคัญคือ การลดการใช้พลังงานสำหรับแสงประดิษฐ์หรือหลอดไฟต่าง ๆ ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน และควรพิจารณาการใช้แสงธรรมชาติที่มีอยู่ในช่วงกลางวันให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดก่อนแล้วจึงควรพิจารณาให้แสงประดิษฐ์ช่วย

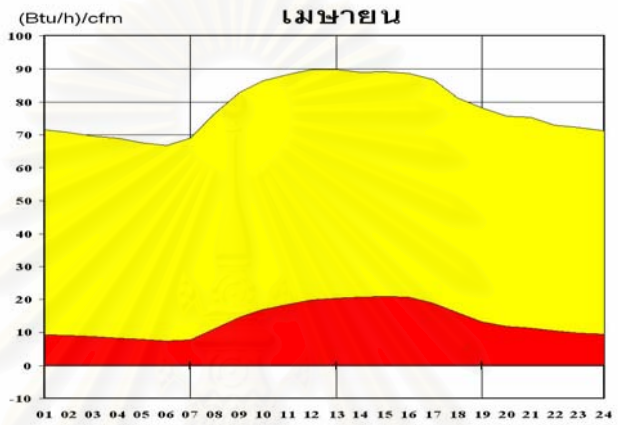
2.3.7 อุปกรณ์งานระบบและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ภายในอาคาร

การพิจารณาถึงอุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ เครื่องกลต่าง ๆ เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่ออาคารในการที่จะแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคาร ดังนั้นการลดการรั่วซึมของอากาศเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารควรพิจารณาปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นในอาคาร ได้แก่

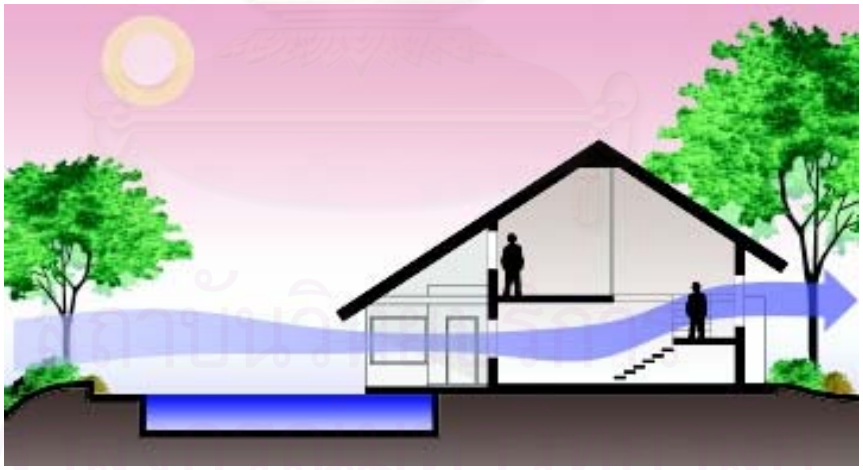
การลดความร้อนสัมผัส (Sensible Load) เพื่อลดอุณหภูมิ และ

การลดความร้อนแฝง (Latent Load) เพื่อลดความชื้นจากการวิจัย (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) พบว่า การปรับอากาศโดยรวมของเดือนเมษายนมีพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้น (สีเหลือง) มากกว่าพลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ (สีแดง) ประมาณ 3 เท่า ดังแสดงในแผนภูมิ 2-6

การใช้ระบบธรรมชาติ ทั้งในเรื่องของการระบายอากาศ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อีกทั้งยังสามารถฟอกกลิ่น ละอองต่าง ๆ ในอากาศได้ในระดับหนึ่งด้วย




แผนภูมิ 2-11 แสดงการใช้พลังงานในการปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

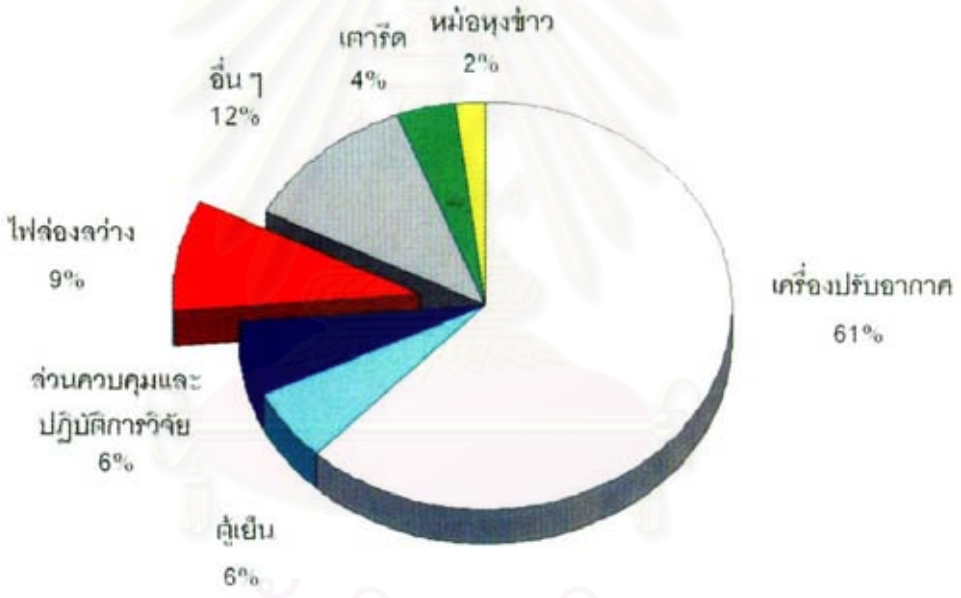


ภาพ 2-13 แสดงแนวคิดการนำลมธรรมชาติเข้ามาหมุนเวียนใช้ในอาคาร

เมื่อกล่าวถึงการระบายอากาศ มนุษย์ต้องการออกซิเจนในการหายใจเข้าและหายใจออกเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากในอากาศมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 0.5 % ก็เริ่มจะมีผลร้ายต่อมนุษย์แล้ว การระบายอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญมากอย่างหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการระบายอากาศโดยอาศัยช่องเปิดหรือพัดลมระบายอากาศก็ตาม

2.3.8 ลักษณะการใช้งานในอาคารและภาระที่เป็นผลมาจากพฤติกรรมการใช้อาคาร

เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น เตาอบ หม้อหุงข้าว หากนำมาใช้งานในห้องที่มีการปรับอากาศก็จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นเนื่องจากการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวจะทำให้เกิดความร้อน ความชื้น ซึ่งกลายเป็นภาระที่เพิ่มขึ้นของระบบปรับอากาศจึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น ดังนั้น จึงควรที่จะแยกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งความร้อนออกจากห้องที่มีการปรับอากาศ รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง จะช่วยลดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าลงได้ หรือแม้กระทั่งการคำนึงถึงเครื่องกล เครื่องจักรขนาดใหญ่ต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ตัวอย่างรูปแบบการควบคุมสภาวะภายในบ้านโดยการใช้ระบบปรับอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานของ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ (2542) พบว่า ในกรณีเมื่อมีภาระในการทำความเย็นภายในบ้านน้อย เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศ 1 ตัว ขนาด 1.5 ตัน จะใช้พลังงานเพียง 52,325 วัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นสัดส่วน ดังแสดงในแผนภูมิ 2-7




แผนภูมิ 2-12 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1.5 ตัน ความเย็น 1 เครื่องตลอดวันโดยไม่เปิดพัดลม (สุนทร บุญญาธิการ,2547)

จากสัดส่วนดังกล่าวมีความเหมาะสมในการใช้งานและมีการใช้งานบ่อยที่สุดเพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะภายในบ้านได้อย่างสมบูรณ์ เป็นต้น

การพิจารณาถึงการบำรุงรักษา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ก็คือการบำรุงดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีสมบูรณ์อยู่เสมอ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงวิธีการและระยะเวลาในการปฏิบัติอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ

ปัจจัยข้างต้นล้วนมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้พลังงาน ซึ่งจะเป็นผลดีหากมีการใช้อย่างเหมาะสม และเป็นผลเสียหากใช้อย่างไม่ถูกต้อง เนื่องจากความไม่เข้าใจอย่างแท้จริงของผู้ออกแบบ เพื่อเน้นถึงการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุและการประยุกต์ใช้งานได้จริง ตลอดจนศักยภาพในการตรวจสอบประเมิน (Audit) อาคารที่ใช้งานจริง โดยจะตรวจสอบประเมินควบคู่ไปกับการใช้พลังงานจริง สำหรับอาคารใหม่เน้นประสิทธิภาพที่การออกแบบ จากดัชนีชี้วัดข้างต้น และการประเมินผลโดยอาศัยคอมพิวเตอร์วิเคราะห์โดยการประมวลผลจากการสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพทางฟิสิกส์ (Physical Simulation) ให้เห็นเป็นรูปธรรม ง่ายต่อความเข้าใจและสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุง หรือออกแบบได้โดยง่าย ดังนั้นนโยบายดังกล่าวจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อสร้างข้อมูลที่สนับสนุนการสร้างดัชนีดังกล่าว

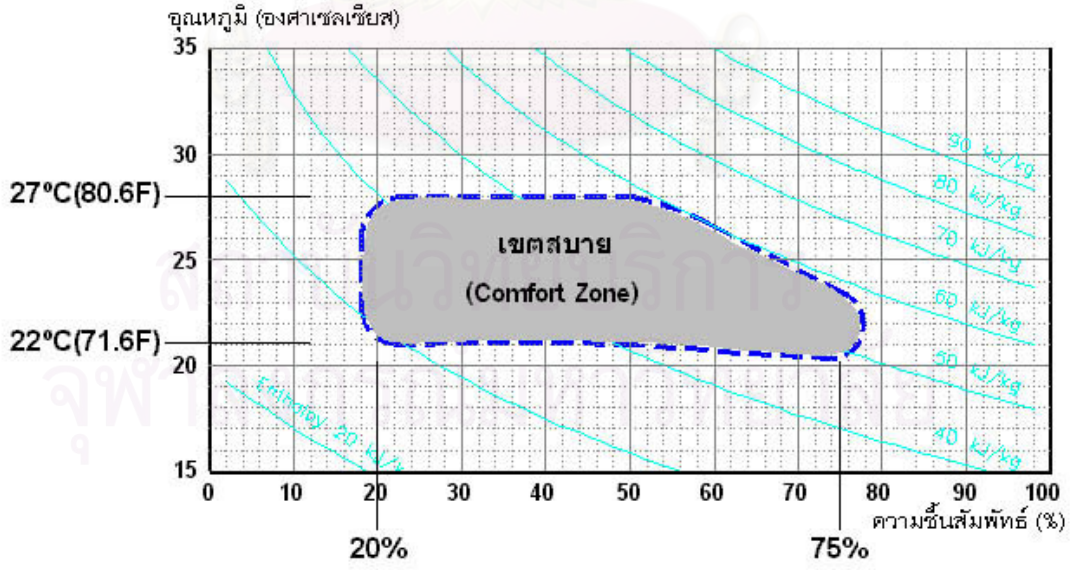
มาตรการประหยัดพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน โดยการลดอุปสงค์ด้านพลังงานลง (Energy Demand Reduction) ด้วยการเลือกใช้เทคโนโลยีและการออกแบบที่เหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมหรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานขึ้นมา (Improving Energy Efficiency)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 3
# การจำแนกตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อดัชนี

## 3.1 สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์ในเขตร้อนชื้น

ประเทศไทยอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งปี จากข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548 ที่กรมอุตุนิยมวิทยาทำการวัดและบันทึกไว้เป็นรายชั่วโมงแสดงให้เห็นว่า ในระยะ 1 ปี ที่มีจำนวนชั่วโมงทั้งหมด 8,760 ชั่วโมง มีจำนวนชั่วโมงที่สภาวะของอากาศภายนอกบ้านอยู่ในเขตสบาย ซึ่งหมายถึง มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22 – 27°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20 – 75°C เพียง 645 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 7.36% เมื่อเทียบกับจำนวนชั่วโมงทั้งหมด และมีจำนวนชั่วโมงที่สภาวะของอากาศอยู่ต่ำกว่าเขตสบาย ซึ่งหมายถึงมีอุณหภูมิต่ำกว่า 22°C เพียง 85 ชั่วโมงเท่านั้น ในขณะที่มีจำนวนชั่วโมงมากถึง 8,031 ชั่วโมง ที่สภาวะอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 27°C หรือคิดเป็น 91.68% เมื่อเทียบกับจำนวนชั่วโมงทั้งหมด เมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายของแต่ละเดือนพบว่า เดือนธันวาคมมีจำนวนชั่วโมงอยู่ในเขตที่สบายมากที่สุด คือ 44.8%หรือคิดเป็น 14 ชั่วโมง ส่วนสภาวะของอากาศตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคมรวม 7 เดือนนั้นไม่มีชั่วโมงใดเลยที่สภาวะของอากาศอยู่ในเขตสบาย




ภาพ 3-1 แสดงขอบเขตภาวะน่าสบายของมนุษย์ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ
(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

จากกระบวนทัศน์ (Paradigm) ที่มองมนุษย์เป็นศูนย์กลางสำหรับพื้นฐานความสบายที่ต้องการข้างต้น นำมาเป็นหลักของการพิจารณาในการจัดการสภาวะแวดล้อมให้น่าอยู่ ถ้าตัวแปรของสภาวะน่าสบายทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเดิมอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นที่จะไปปรุงแต่งใด ๆ เพิ่มเติมอีก เนื่องจากเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานและอยู่อาศัย แต่ตามความเป็นจริงอย่างยิ่งในสภาวะปัจจุบัน สิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จากตาราง 3-1 จะพบว่าการที่ตัวแปรสภาวะน่าสบายทุกตัวจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความพึงพอใจของมนุษย์เป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีกลุ่มตัวแปรความสบายทางด้านจิตใจ (Psychological Factors) เช่น ในเรื่องของความประทับใจเป็นเรื่องพิจารณารับรู้ในระดับปัจเจกย่อยของมนุษย์ซึ่งจะมีความหลากหลายแตกต่างตามประสบการณ์ที่สั่งสมมา อารมณ์ความรู้สึกใจร้อนหรือใจเย็น (ทิพย์สุดา ปทุมานนท์, 2549) ย่อมส่งผลต่อความรู้สึกร้อนเย็นทางกายขึ้นมาด้วยนอกเหนือจากประสาทรับรู้ร้อนหนาว (Exterioceptors) เรื่องความสบายในการสัมผัส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3-1 แสดงปัจจัยต่าง ๆ สำหรับสภาวะน่าสบายของมนุษย์

| Human Comfort Factors | |
|---|---|
| Thermal Comfort Conditions | ระดับที่สบายต่อมนุษย์ |
| Environmental Factors | |
| Air Temperature | 23-27°c |
| Relative Humidity | 50% |
| Mean Radiant Temperature | < 5 °c |
| Air Velocity | ≤1 กม./ชม. |
| Human Factors | |
| Metabolism Rate and Activity | various |
| Clo- value | various |
| Visual and Lighting Comfort หรือ ทวาร6 (พระธรรมปิฎก, 2544) | |
| รูป(Vision) | |
| Illumination Level | depend on task level |
| Glare | จุดที่มืดที่สุดและสว่างสุด (Brightness contrast) อยู่ในอัตราส่วนไม่เกิน1:10* |
| Outlook | สบายตาและสดชื่นแจ่มใส |
| เสียง(Noise) | ไม่ควรเกิน≤ 70 เดซิเบลเอ |
| กลิ่น(Smell) | |
| Indoor Air Quality | fresh and clean ไม่มีก๊าซพิษ (CO, $SO_2$, $NO_2$) หรือก๊าซที่ส่งกลิ่น ($CH_4$) รวมทั้งฝุ่นละอองมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ |
| รส(Taste) | ความพอใจในรส |
| โผฏฐัพพะหรือสัมผัส(Touch) | ความพอใจในสิ่งที่ต้องกาย |
| ธรรมารมณ์(Temper) | ความพอใจในสิ่งกระทบใจ |
| Safety Comfort | คุ้มครองจากภัยธรรมชาติและมีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน |
| Appliances Comfort | มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอย่างน้อยตามปัจจัยสี่ พื้นฐานของมนุษย์ |
| Others | |
| Seasonal Acclimatization | มีความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมนั้น |
| Cultural Factors | ตามความเชื่อและประเพณี |

*Flynn, Segil, and Steffy, 1988

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้านอุปกรณ์อำนวยความสะดวก (Appliances Comfort) ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อสร้างความสะดวกสบายให้กับมนุษย์ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องเป่าผม เครื่องเสียงโทรทัศน์ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้กลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้ชีวิตในสังคมปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามความสบายในส่วนนี้ จะแปรผันกับปัจจัยตัวแปรทางเศรษฐกิจและความต้องการของมนุษย์นั้น ๆ

การควบคุมกลุ่มตัวแปรต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาวะที่กำหนดโดยเฉพาะจะเน้นในกลุ่มของตัวแปรกายภาพ (Physical Factors) จากประสาทการรับรู้ (Exterioceptors) และต่อมไทรอยด์สื่อสารไปยังสมองส่วนกลาง (Hypothalamus) แปรเป็นความรู้สึกร้อนหนาว ซึ่ง Fanger (1970) ได้กำหนดไว้ 6 ตัวแปร เป็นตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม 4 ตัวแปร และตัวแปรด้านบุคคล 2 ตัวแปร คือ

ตัวแปรทางการเผาผลาญในร่างกายและกิจกรรมของมนุษย์ (Metabolism Rate and Activity Factor) แบ่งค่าออกเป็น 3 ระดับตามตาราง 3-2

ตาราง 3-2 Metabolism Rate and Activity Factor (FANGER, 1970)

| **Metabolism rate and activity factors** | **Metabolic rate/Body surface area $M/A_{DU}$ (kcal/hr $m^2$** |
|---|---|
| 1. Sedentary | 50 |
| 2. Medium Activity | 100 |
| 3. High Activity | 150 |
| Metabolic rate = the internal heat production in the human body+ external mechanical power (kcal/hr) | |

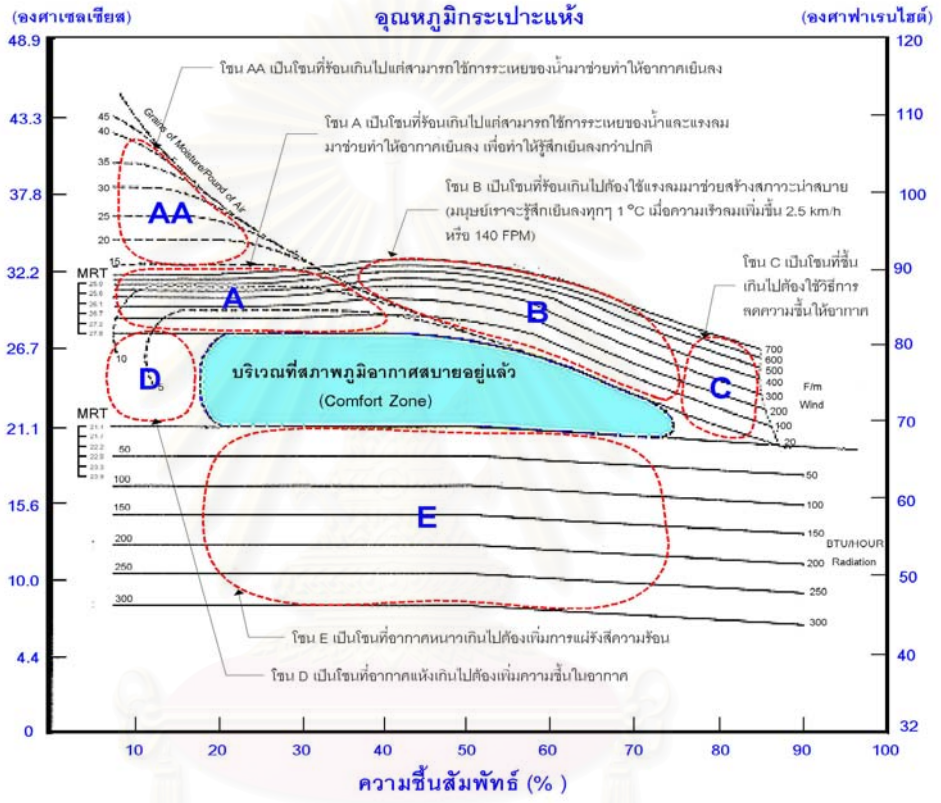
ตาราง 3-3 Clo-value Factors (FANGER, 1970)

| **Clo-value Factors** | **= $R_{cl}$/0.18 (clo)** |
|---|---|
| 1. Nude | 0.0 |
| 2. Light clothing | 0.5 |
| 3. Medium clothing | 1.0 |
| 4. Heavy clothing | 1.5 |
| $R_{cl}$ = the total heat transfer resistance from skin to outer surface of the clothed body (m2 hr °C/kcal) | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวแปรทางด้านเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-value) สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับตามตาราง 3-3 ดังต่อไปนี้

ทั้งสองตารางเมื่อพิจารณาจากภาพ 3-2 ในอุณหภูมิอากาศแห้ง 25°C และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 17°C มีความชื้นสัมพัทธ์ 50% พบว่ากรณีที่ Metabolism Rate and Activity factors ระดับปานกลางประกอบกับประเทศไทยมีภูมิอากาศร้อนชื้นการสวมใส่เสื้อผ้าบาง (Light Clo-value Factors) พบว่ามนุษย์ยังคงอยู่ในสภาวะน่าสบาย




ภาพ 3-2 แสดงขอบเขตภาวะน่าสบายของมนุษย์แยกตามโซน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ตัวแปรของมนุษย์ (Human Factors) นั้น แปรผันโดยตรงกับการจัดการรูปแบบของการใช้ชีวิตของมนุษย์ปกติให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ วิทยานิพนธ์นี้จะศึกษากลุ่มองค์ประกอบสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) ซึ่งสามารถนำมาใช้พัฒนาการออกแบบสถาปัตยกรรมและช่วยปรุงแต่งสิ่งแวดล้อมให้มีสภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์เกิดขึ้น

กรณีภูมิภาคร้อนชื้นแบบประเทศไทยนั้น มีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี และมีช่วงของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงถึง 6 - 7 เดือนใน 1 ปี โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับที่สูงกว่าสภาวะที่น่าสบายของมนุษย์ ซึ่งสามารถสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพอากาศเฉลี่ยโดยทั่วไปของประเทศได้ดังนี้

การใช้ปัจจัยทางธรรมชาติเพื่อให้มนุษย์อยู่ในสภาวะน่าสบายนั้นอาจไม่เพียงพอ จึงควรพิจารณาในรายละเอียดของตัวแปรทั้ง 4 ในกลุ่มองค์ประกอบสภาพแวดล้อม พบว่าเมื่อต้องการควบคุมความเร็วลม (Wind Speed) ให้อยู่ในสภาวะลมสงบหรือมีความเร็วน้อยกว่า 1 กม. / ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ประมาณ 50 % และอุณหภูมิอันเนื่องจากความร้อนจากการแผ่รังสีของวัสดุรอบข้างใกล้เคียงหรือเท่ากันกับอุณหภูมิอากาศ (Mean Radiant Temperature) จำเป็นที่จะมีการจัดการให้อยู่ในสภาวะที่สามารถควบคุมได้จึงจำเป็นต้องใช้ระบบเครื่องกลปรับสภาพอากาศเข้ามาช่วย (Active Concept) เพื่อตอบสนองความสบายด้านความรู้สึกร้อน - หนาวของมนุษย์ (Comfort Zone) เพียงอย่างเดียว แต่ผลที่ตามมาคือ การสิ้นเปลืองการบริโภคพลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับสภาพอากาศนั้นสูงขึ้นไม่มีที่สิ้นสุด จึงเป็นภาระเพิ่มขึ้นต่อสภาพแวดล้อมภายนอก ดังนั้น การจัดกระบวนทัศน์ใหม่ในการแก้ปัญหานั้นจะต้องค้นหาแนวความคิดผสมผสานเทคโนโลยีสมัยใหม่และการประยุกต์สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ (Hybrid Concept) เพื่อคุณภาพชีวิตมนุษย์และอนุรักษ์พลังงานรวมถึงสภาพแวดล้อมนำมาบูรณาการให้ได้ประโยชน์อย่างสูงสุด

สำหรับการสร้างสภาวะความน่าสบายของมนุษย์ โดยพิจารณาแต่ละตัวแปรความน่าสบายพบว่า ถ้าทำการควบคุมความสบายเนื่องจากการมองเห็นและแสงสว่าง (Visual and Lighting Comfort) คุณภาพเสียง (Acoustics Comfort) และคุณภาพอากาศ (Air Quality Comfort) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมผสานกันก็ยังคงไม่สามารถทำให้มนุษย์ตกอยู่ในสภาวะน่าสบาย นอกจากสามารถควบคุมตัวแปรด้านอุณหภูมิน่าสบาย (Comfort Temperature) เพียงตัวแปรเดียวให้อยู่ในระดับน่าสบาย ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมการปรับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรที่เหลือ คือ แสง เสียงและกลิ่น จะถูกปรับแปรผันตามให้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้โดยง่ายขึ้น (Dominated Comfort Factors) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่แท้จริง (Non-spurious Correlation)

ตาราง 3-4 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์เมตริกซ์ระหว่างตัวแปรความน่าสบาย (Comfort Factors) กับภาวะความน่าสบาย (Comfort Zone) ของมนุษย์

| Comfort Zone | Comfort Factors | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Comfort Temp. | Visual | Acoustics | Air quality |
| √ | √ | √ | √ | X |
| √ | √ | √ | X | √ |
| √ | √ | X | √ | √ |
| X | X | √ | √ | √ |

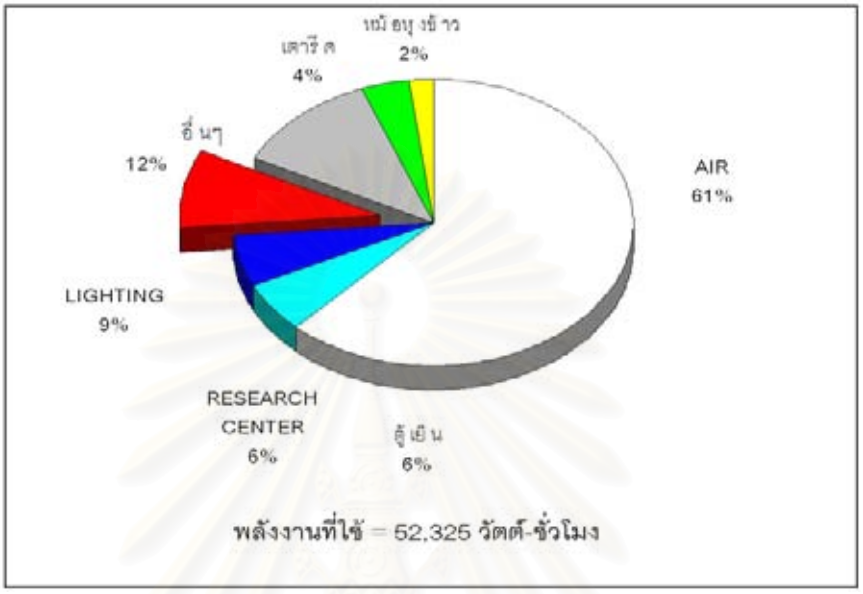
ดังนั้น จากตาราง 3-4 ถ้ามีการจัดการควบคุมอุณหภูมิน่าสบายอย่างเหมาะสมสำหรับมนุษย์แล้ว ถึงแม้ว่าตัวแปรอื่นๆจะไม่อยู่ในเขตสบาย มนุษย์ก็จะยังรู้สึกสบายอยู่ นอกจากนี้แล้วสภาวะภายนอกอาคารส่วนใหญ่นั้นมีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิน่าสบาย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้มากที่เกือบตลอดทั้งปีในกรุงเทพมหานครนั้น มีเฉพาะการปรับสภาวะอากาศภายในอาคารโดยใช้ระบบเครื่องกลหรือเครื่องปรับอากาศเป็นหลักเท่านั้น ที่ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดลงจนอยู่ในเขตสบาย นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานในการนำอากาศจากภายนอกมาปรับสภาพให้อยู่ในเขตสบายโดยเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะต้องใช้พลังงานปริมาณมหาศาลในการลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และลดความชื้นที่อยู่ในรูปแบบของความร้อนแฝง (Latent Heat) เพราะโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ก่อสร้างระบบทั่วไป จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเกือบตลอดเวลา ยกเว้นแต่จะมีเทคนิคการออกแบบโดยใช้ประโยชน์จากมวลสาร (Thermal Mass) เพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นอาคารที่จะมีดัชนีที่มีประสิทธิภาพในด้านการปรับอากาศที่ดี สามารถพิจารณาได้จากภาระในการกระทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารนั่นเอง

### 3.2 **สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร**

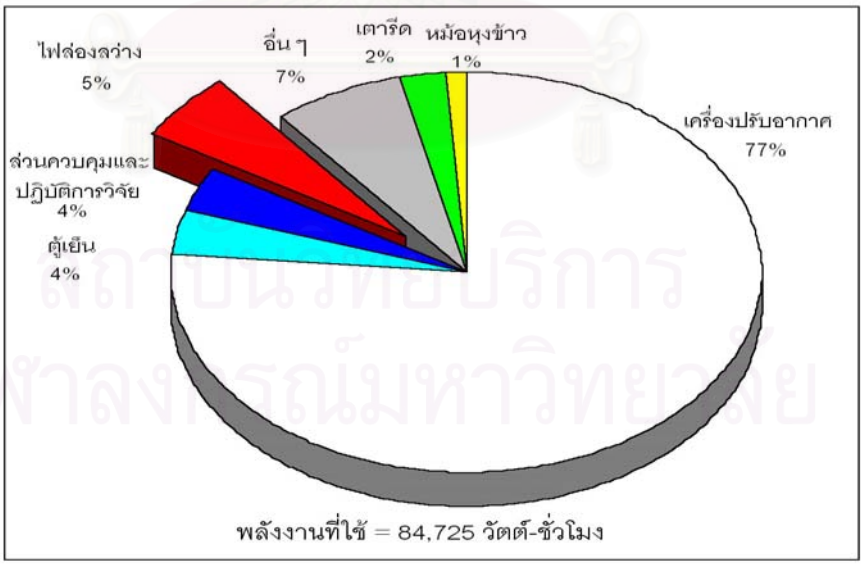
พลังงานที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อสนองความต้องการในด้านต่าง ๆ นั้น มีมากมายหลายชนิดและหลายรูปแบบ แต่ในปัจจุบันพลังงานที่นำมาใช้ในอาคารซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตประจำวันส่วนใหญ่นั้นก็คือ พลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่กระแสไฟฟ้าสามารถเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึง การนำกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้านี้ไปใช้งานเกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการเริ่มตั้งแต่การเดินระบบสายส่งไฟฟ้าเชื่อมต่อจากแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า มาถึงยังบ้านพักอาศัยและอาคารสาธารณะต่างๆ ที่มีความต้องการ จากนั้นจึงนำพลังงานไฟฟ้านั้นไปแปรรูปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานที่แตกต่างกัน ในสภาพปัจจุบันที่มนุษย์ต้องการความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันอย่างสมบูรณ์ พลังงานจึงกลายเป็นความจำเป็นของการใช้ชีวิตภายในบ้านอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หากจะกล่าวถึงรูปแบบของการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองต่อการใช้ชีวิตในยุคนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การใช้พลังงานในการปรับสภาวะในบ้านให้อยู่ในเขตสบาย (Comfort Zone) โดยกำหนดให้เขตสบายเป็นขอบเขตของสภาวะที่เหมาะสมกับร่างกายของมนุษย์ โดยไม่ทำให้รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป ไม่แห้งหรือชื้นจนเกินไป ซึ่งต้องคำนึงถึงตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ 4 ประการ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วลม จากการศึกษาถึงสภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบาย (Olgyay , 1973) พบว่ามนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22 – 27°C (ประมาณ 71.6 – 80.6°F) และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20 – 75% โดยมีความเร็วลมค่อนข้างสงบ คือตั้งแต่ประมาณ 0 -

1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน บุคคลอยู่ในอิริยาบถผ่อนคลาย และสวมใส่เสื้อผ้าในแบบลำลอง ดังนั้นการใช้พลังงานในรูปแบบแรกนี้จึงเป็นการแปลงพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ




แผนภูมิ 3-1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อมีภาระในการทำความเย็นภายในบ้านน้อย (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)




แผนภูมิ 3-2 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อมีภาระในการทำความเย็นภายในบ้านมาก(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2. การใช้พลังงานระบบแสงสว่าง (Lighting Load) สามารถแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร (Internal) หมายถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ ภายในอาคาร ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดไฟแต่ละชนิด การเลือกใช้หลอดไฟภายในอาคาร นอกจากจะมีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยตรงแล้ว ยังมีผลโดยทางอ้อมต่อภาระการกระทำความเย็นในอาคารด้วย เนื่องจากมีผลกระทบของความร้อนจากหลอดไฟ

2.2 ระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร (External) หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ ภายนอกอาคาร ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดไฟแต่ละชนิด การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกบ้านโดยทั่วไปจะมีน้อยกว่าภายในบ้าน อีกทั้งยังมีจำนวนชั่วโมงการทำงานน้อยกว่าอีกด้วย จึงกำหนดค่าน้ำหนักของระบบแสงสว่างภายนอกอาคารน้อยกว่าระบบแสงสว่างภายในอาคารค่อนข้างมาก

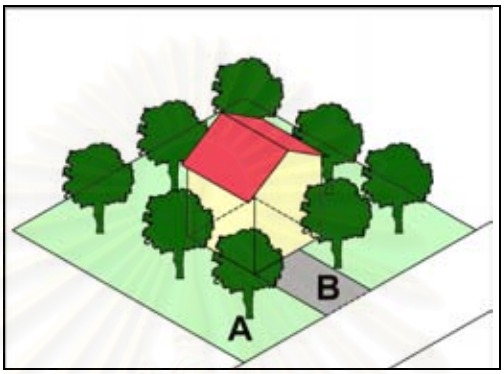
3. การใช้พลังงานในการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ฟ้าอื่น ๆ ที่นอกเหนือไปจากสองข้อแรก อาทิเช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องใช้ในครัว ซึ่งรูปแบบของการใช้ชีวิตในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะต้องใช้พลังงานในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับกระบวนการออกแบบและผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เหล่านี้ ส่วนมากไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเท่าใดนัก รูปแบบของการใช้พลังงานในส่วนนี้จึงให้ค่าน้ำหนักมากกว่าการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างเล็กน้อย

จากแผนภูมิ 3-1 และ 3-2 กล่าวได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิต่อการใช้พลังงานในบ้าน 3 ประการนั้น จะพบว่าปัจจัยในด้านที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด เพราะการเพิ่มหรือลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ จะมีผลต่อปริมาณพลังงานโดยรวมที่ใช้ในอาคารมากที่สุด จากผลการวิจัยที่ผ่านมา(Reference) อยู่ในช่วง 61%-77% ของพลังงานทั้งหมด ดังนั้น งานวิจัยดัชนีนี้จึงมุ่งเน้นในส่วนภาระปรับอากาศของอาคาร ซึ่งการใช้พลังงานอีก 2 ส่วน ได้แก่ แสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น สามารถหาสัดส่วนประมาณการเพื่อที่จะลดการใช้พลังงานลงได้ เช่น พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างขึ้นอยู่กับการใช้แสงธรรมชาติและอุปกรณ์ประหยัดไฟ รวมไปถึงเทคนิคการออกแบบดวงโคมอย่างเหมาะสม ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับผู้ใช้อาคารให้เลือกประสิทธิภาพเท่ากับหรือสูงกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ และใช้อุปกรณ์อย่างจำเป็นและใช้งานเฉพาะตอนที่ต้องการเท่านั้น แม้กระทั่งการจัดวางตำแหน่งเครื่องไฟฟ้าที่สร้างความร้อนออกมาเช่นตู้เย็น เตาไฟฟ้าอย่างถูกที่ ไม่อยู่ในส่วนที่ปรับอากาศในอาคารก็จะเป็นปัจจัยช่วยเสริมการลดภาระการใช้ไฟฟ้าในอาคารได้เป็นอย่างดี

### 3.3 การวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญที่สัมพันธ์กับภาระปรับอากาศ

จากความสัมพันธ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ (Air-conditioning Load) ตามแผนภูมิ 3-1 และ 3-2 จะพบว่า กลุ่มตัวแปรหลักสำคัญที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบของการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถแยกย่อยตัวแปรออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

3.3.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่ตั้งของโครงการ (Site and Location Factor)




ภาพ 3-3 แสดงตัวอย่างรูปแบบสภาพแวดล้อมพื้นที่ A (Softscape) และ พื้นที่ B (Hardscape) กับอาคารนั้นให้มีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัย

อิทธิพลของตัวแปรกลุ่มนี้เป็นปัจจัยอันเกิดมาจากสถานที่ตั้งและสิ่งแวดล้อมโดยรอบของอาคารว่าเอื้ออำนวยต่อการลดภาระทำความเย็นและก่อให้เกิดความน่าสบายในอาคารได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งถ้าสามารถปรับแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร โดยปลูกต้นไม้ยืนต้นให้ร่มเงา (Shading) กับอาคาร จะเป็นแนวความคิดที่ดีที่สุดในกรณีที่ไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ (Passive Design) เพราะเป็นเพียงวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะช่วยปรับสภาวะภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบายของมนุษย์โดยไม่ใช้เครื่องกลเช่นในกรณีที่พักอาศัยแบบเรือนไทยในสมัยโบราณ เป็นต้น แต่ในที่นี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารในสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่แตกต่างจากอดีต โดยกำหนดเงื่อนไขให้อาคารนั้นต้องสามารถปรับสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบายตลอดเวลา จึงมีเพียงการใช้ระบบเครื่องกลเท่านั้นที่จะช่วยปรับแต่งสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่2 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการใช้ตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมบางตัวแปร เช่น การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ พืชคลุมดิน และแหล่งน้ำขนาดใหญ่อย่างเหมาะสม สามารถช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้ถึงประมาณ 2 – 3°C (สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค, 2538) เปรียบเทียบกับความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ถ้าในกรณีที่มีความแตกต่างอุณหภูมิประมาณ 15°C ก็แสดงว่าจะสามารถช่วยลดปริมาณพลังงานความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านผนังอาคาร ที่คำนวณได้จาก

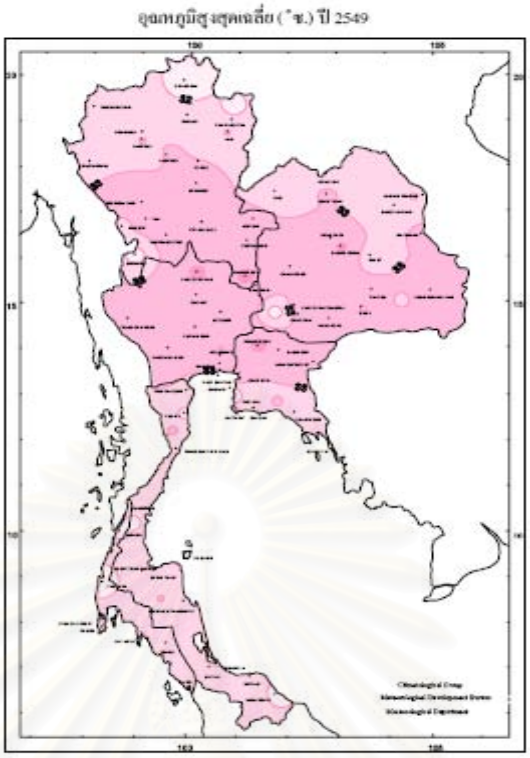
สมการที่มีตัวแปรของความแตกต่างอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นถ้าอุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง 2 – 3°C ก็จะทำให้ปริมาณพลังงานความร้อนลดลงประมาณ 13% ถึง 20% แต่การที่จะปรับสภาพแวดล้อมให้ได้ผล จนกระทั่งสามารถลดอุณหภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งโครงการลงจากเดิมได้มากถึง 2 – 3°C นั้น จำเป็นต้องมีอาณาบริเวณที่ดินในบริเวณอาคาร อ้างถึงกฎหมายควบคุมการก่อสร้างอาคาร สำหรับอาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่นั้นจะเว้นที่ว่างไม่ต่ำกว่า 3 เมตรจากช่องเปิดของอาคารห่างจากแนวเขตที่ดิน ส่วนอาคารขนาดใหญ่ จะมีการควบคุมด้วยกฎหมายของผังเมืองในเรื่องอัตราส่วนของที่ว่างอันปราศจากสิ่งปกคลุมต่อพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังที่ก่อสร้างในที่ดินแปลงเดียวกัน (Open Space Ratio, OSR) โดยแต่เดิมจะระบุแค่ FAR (Floor Area Ratio, FAR) เพียงเท่านั้น ซึ่งมีพื้นที่เปิดโล่ง ไม่ต่ำกว่า 30% ของพื้นที่อาคารปกคลุม ซึ่งเพียงพอต่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้น่าสบายขึ้น โดยเฉพาะอาคารที่มีระดับสูงประมาณ 15 เมตรเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความสูงของต้นไม้ยืนต้นยกตัวอย่างเช่น ต้นยางนา ตะแบกประดู่ ชมพูพันทิพย์ ฯ มีความสูงประมาณ 10-15 เมตร[1] ส่วนอาคารที่สูงกว่า15 เมตรนั้นถือว่าได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิสภาพแวดล้อมน้อยลงตามลำดับ

ที่ดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างสูงมาก จึงทำให้อาคารในเมืองที่มีพื้นที่ดินที่เหลือรอบ ๆ อาคารโดยเฉพาะอาคารใหญ่และอาคารใหญ่พิเศษ ส่วนใหญ่เป็นลานคอนกรีต Hardscape จอดรถยนต์กลางแจ้ง และพื้นที่ถนนวิ่งรอบอาคารของรถดับเพลิงตามกฎหมายระบุ ไม่ได้นำมาใช้ปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการประหยัดพลังงานได้มากนัก ถึงแม้จะมีข้อกำหนดเรื่องที่ว่างรอบอาคารเพื่อเหตุผลทางด้านผังเมืองและความปลอดภัยกับผู้ใช้อาคารตามกฎหมายบัญญัติไว้จึงเป็นข้อจำกัดประการหนึ่ง ปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลทำให้ภาระการทำความเย็นในอาคารเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ส่วนอาคารที่ปลูกสร้างในเขตภูมิภาค และอาคารบ้านพักอาศัย จะมีข้อได้เปรียบดังกล่าวสำหรับภาระความเย็นที่ลดลงจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

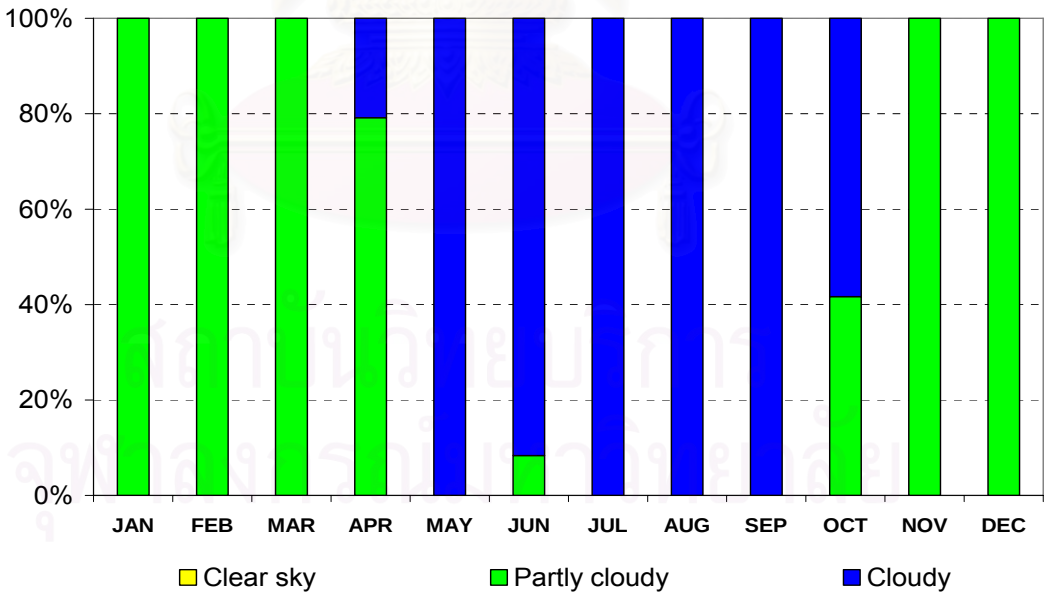
การวิจัยนี้จะพิจารณาการแตกต่างของอุณหภูมิเป็นหลักเท่านั้น ส่วนตัวแปรประกอบย่อยอื่นยังไม่ได้นำมา ณ ที่นี้ เช่น การระเหยของน้ำ การสะสมความร้อน ความชื้น เป็นต้น และปัจจัยที่เกิดขึ้นจากแสงแดดนั้น ไม่ได้นำมาเป็นองค์ประกอบในการวิจัยนี้ จากภาพ 3-4 จะพบว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งประเทศพ.ศ.2549 อยู่ที่ประมาณ 33 °c จากแผนภูมิ 3-4 ท้องฟ้าส่วนใหญ่จะมีลักษณะมีเมฆมาก (Cloudy Sky ) และมีเมฆเป็นบางส่วน( Partly Cloudy Sky) 48% และ49% ตามลำดับ มีเพียง3%เท่านั้นที่เป็นท้องฟ้าโปร่ง และเมื่อเทียบกับแผนภูมิ 3-3 แล้วจะไม่พบสภาพท้องฟ้าโปร่งเลยทั้งปี

---

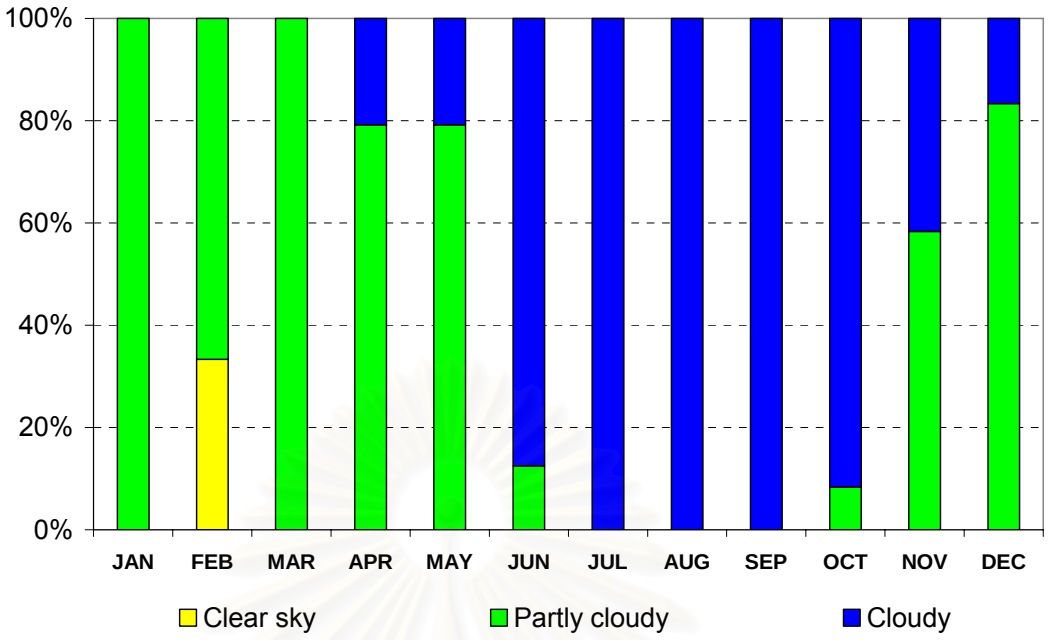
[1] ต้นไม้ยืนต้นขนาดสูง โดยทั่วไปในเขตร้อนชื้นจะมีความสูงเฉลี่ยถึง 50 เมตร




ภาพ 3-4 แสดงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย(°c) ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549 (ที่มา: http: //www.tmd.go.th/programs/uploads/ yearlysummary/weather 2549-1.polp)




แผนภูมิ 3-3 แสดงสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2548




แผนภูมิ 3-4 แสดงสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2549

3.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเปลือกอาคาร (Envelop Material Factor)

การพิจารณาถึงคุณสมบัติเฉพาะของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ (U-Value) กับพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคาร (Surface to Usable Area Ratio) พบว่า การคำนวณค่าพลังงานโดยทั่วไปนั้นมักจะคิดเพียงหลังคาและผนังเท่านั้นที่มีผลต่อภาระการความเย็นของอาคาร (Knowles, R. L. : 1974) คิดรวมพื้นที่ชั้นล่างเข้าไปด้วยเพราะมีการส่งผลต่อการทำความเย็นของอาคารเช่นเดียวกันตามรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.2.1 ผนังอาคาร (Wall) ในที่นี้หมายความรวมถึงทั้งผนังทึบ (Opaque Wall) และผนังโปร่งแสง (Transparent Wall) คุณสมบัติของตัวแปรที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการคำนวณหาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากตัวแปรและส่วนที่เป็นผนังโปร่งแสงหรือกระจก (Glass) ตัวแปรนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดภาระการกระทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจกโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

3.3.2.2 หลังคาอาคาร (Roof) หมายถึงส่วนของเปลือกอาคารที่ปกคลุมด้านบนของอาคาร พื้นที่ส่วนนี้เป็นส่วนที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ตัวแปรส่วนหลังคาจึงเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็นของอาคารค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรแรก อย่างไรก็ตามคุณสมบัติสำคัญของตัวแปรนี้ที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นก็คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบหลังคา ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการคำนวณหาอัตรา

ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคา โดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากตัวแปรนี้เช่นเดียวกับตัวแปรในส่วนผนัง

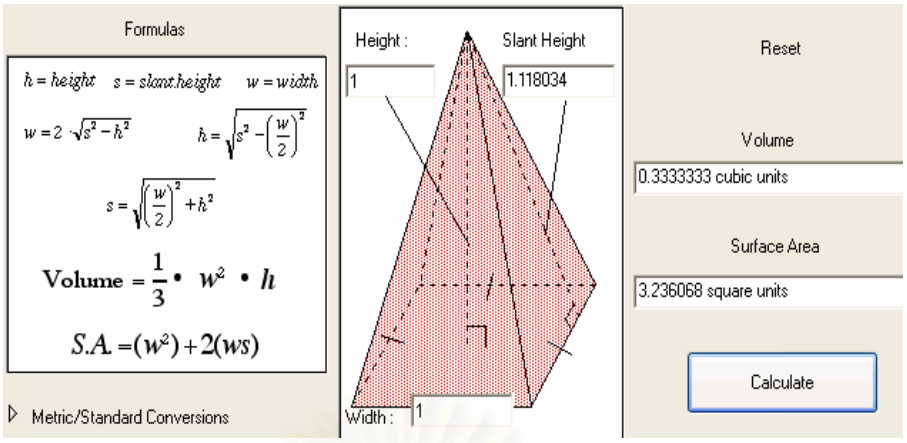
3.3.2.3 พื้นอาคาร (Ground Floor) หมายถึง ส่วนของเปลือกอาคารที่เป็นพื้นของอาคารที่อยู่เหนือผิวดิน พื้นที่ส่วนนี้เป็นส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนจากอุณหภูมิของผิวดินค่อนข้างคงที่โดยอุณหภูมิดินจะอยู่ที่ประมาณ 31 °C ตัวแปรส่วนพื้นอาคารจึงเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็นของอาคารค่อนข้างต่ำสุดเมื่อเทียบกับตัวแปรผนังอาคารและหลังคา

อย่างไรก็ตามระบบเปลือกอาคารเป็นกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมากที่สุดเป็นอันดับแรก ดังนั้นจึงมีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น และกลายเป็นภาระในการกระทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยตรง การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุในระบบเปลือกอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นคุณสมบัติด้านความร้อน (Thermal Properties) ของวัสดุหรือองค์ประกอบกันเป็นเปลือกอาคาร จะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ระบบปรับอากาศต้องนำไปปรับสภาพให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ถ้าเปลือกอาคารมีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกได้มาก ก็จะยิ่งทำให้สามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้มากด้วย

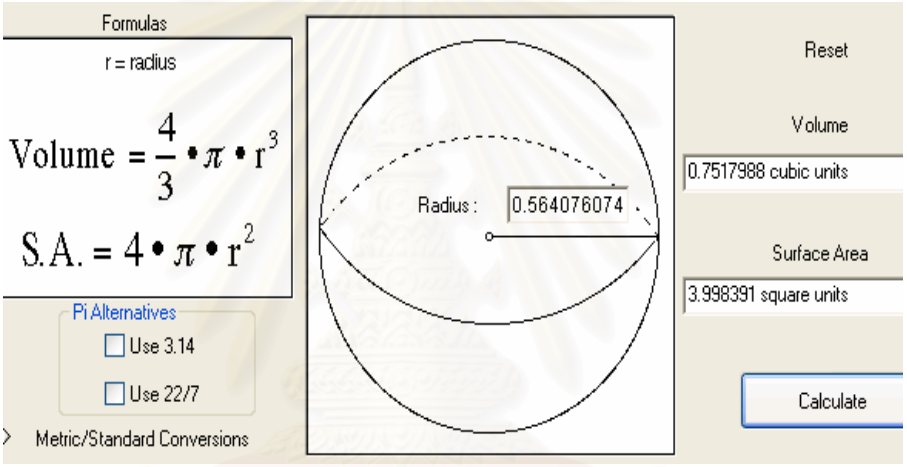
3.3.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงของอาคาร (Form Factor)

ตัวแปรที่เกี่ยวกับรูปทรงอาคารเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นโดยมีผลร่วมโดยตรงกับตัวแปรเปลือกอาคารที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อคิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและพื้นที่ใช้สอยของอาคารเฉพาะส่วนปรับอากาศ (Surface Area to Usable Area Ratio, S/A) โดยตั้งสมมุติฐานว่าพื้นที่ที่ผิวของอาคารเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการสูญเสียถ่ายเทความร้อน (Heat Loss) ออกสู่ภายนอกอาคารซึ่งจะกลายเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ดังนั้นในอาคารที่มีพื้นที่ใช้งานส่วนปรับอากาศ 1 ตารางหน่วย ถ้าอาคารนั้นมีพื้นที่ผิวส่วนที่ยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้เกิดภาระการทำความเย็นมากยิ่งขึ้น การคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและพื้นที่ใช้สอยของอาคารในที่นี้คิดเฉพาะพื้นที่ผิวของอาคารที่มีการควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนด โดยเฉพาะอาคารที่มีขนาดเล็กจะมีสัดส่วน S/A มากกว่าอาคารขนาดใหญ่

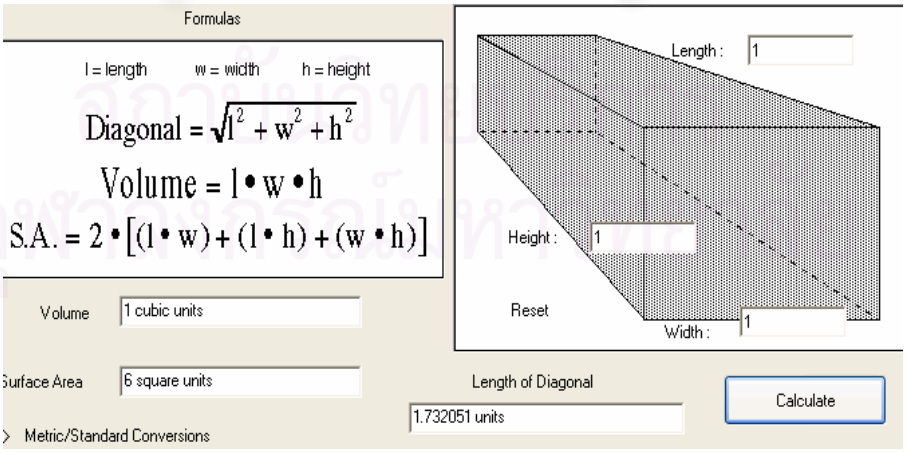
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




ภาพ 3-5 แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบปิรามิดฐานจัตุรัส มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย

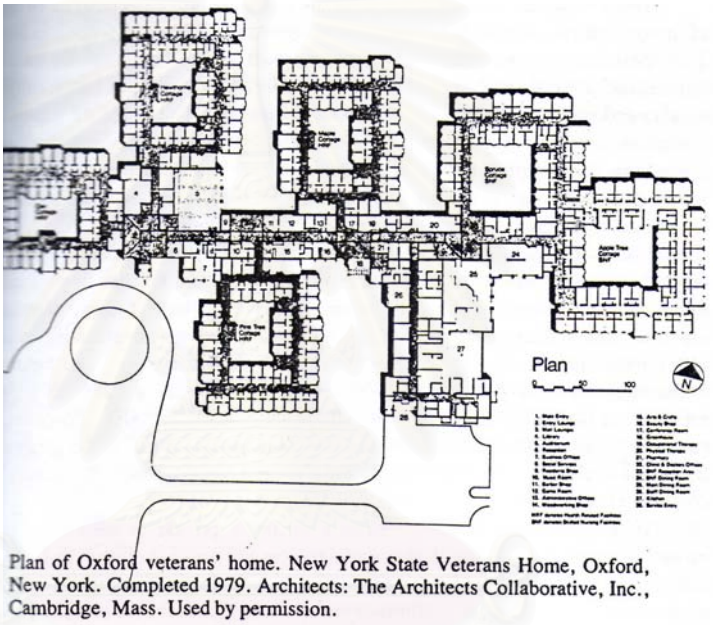



ภาพ 3-6 แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบทรงกลม มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย



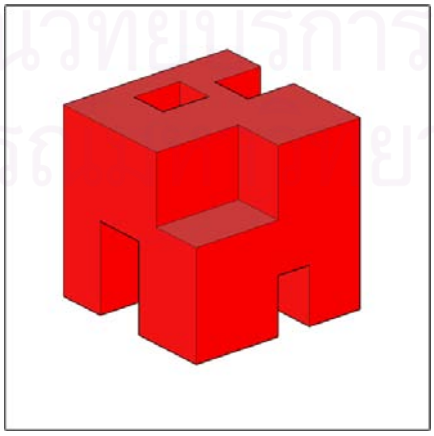

ภาพ 3-7 แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารแบบลูกบาศก์สี่เหลี่ยมฐานจัตุรัส มีพื้นที่ภายใน 1 ลูกบาศก์หน่วย

จากการจำลองรูปทรงอาคารบริสุทธิ์(Pure Form)ขนาดพื้นที่ภายใน1 ลูกบาศก์หน่วยในรูปร่างต่างกันโดยโปรแกรม Geometry ตามรูป 3-5, 3-6, และ3-7มี S/A หรือพื้นที่ผิวอาคารเรียงจากน้อยไปหามาก พบว่าอาคารที่รูปทรงแบบปิรามิดเท่ากับ 3.236 หน่วย โดยมีพื้นที่ผิวอาคารรูปทรงกลมเท่ากับ 3.998 หน่วยและอาคารทรงสี่เหลี่ยมบาศก์เท่ากับ 6 หน่วยตามลำดับ และตามรูปที่ 3-8 โดยเทียบในขนาดพื้นที่ภายในเท่ากันอาคารที่มีการออกแบบมีลานโล่งกลางอาคารจะมีพื้นที่ผิวของอาคารมากกว่าหลายเท่าและถ้ารูปร่างอาคารซับซ้อนเช่นรูปที่ 3-9 ซึ่งหมายความว่าอาคารนั้นจะมีปริมาณพื้นที่ภาระทำความเย็นให้กับอาคารมากกว่าอาคารที่มีรูปทรงและผังพื้นที่เรียบง่ายกว่า




Plan of Oxford veterans' home. New York State Veterans Home, Oxford, New York. Completed 1979. Architects: The Architects Collaborative, Inc., Cambridge, Mass. Used by permission.

ภาพ 3-8 แสดงตัวอย่างผังพื้นกลุ่มอาคาร ที่ออกแบบมีลานโล่งกลางอาคาร (Zeisel, J.,1981)



ภาพ 3-9 แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารที่มีลักษณะซับซ้อน (Complex Form)

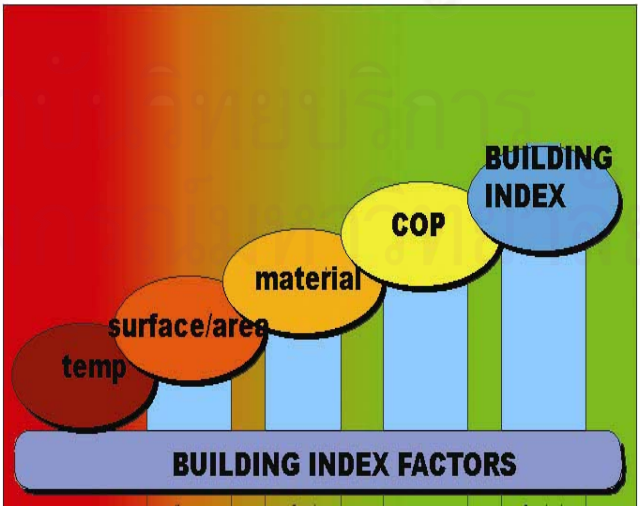
3.3.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเครื่องกล (Mechanical Efficiency Factor)

การศึกษานี้จะดูประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (COP or EER) หมายถึง เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อปรับอากาศ น้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อภาระการกระทำความเย็นทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยพิจารณาถึงความสามารถในการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ อิทธิพลของตัวแปรการเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Equipment of A/C) มีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบปรับอากาศโดยตรง เพราะเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำในภาระการทำความเย็นที่เท่ากัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นอาคารที่มีภาระการกระทำความเย็นมาก การเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศยิ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของระบบปรับอากาศเป็นอย่างมาก

ดังนั้นการออกแบบและสร้างแบบประเมินอย่างถูกต้องนั้นเพื่อนำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดอย่างมีประสิทธิภาพแบ่งออกเป็นตัวแปรเชิงเดี่ยวหลักสำคัญ ได้แก่

1. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งและสภาพแวดล้อม (Site and Climate Factors)
2. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร (Surface per Usable Area factors)
3. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอาคารและวัสดุ (Buildings and Material Factors)
4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบอุปกรณ์อาคาร (Buildings System Factors)

ซึ่งทั้งหมดจะนำมาพิจารณาประกอบเป็นดัชนีตัวแปรประกอบ ที่จะชี้นำประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (Building Index) ในขั้นต่อไป




ภาพ 3-10 แสดงตัวแปรของดัชนีพลังงาน (Energy Index Factors)

ทั้ง 4 ตัวแปรเชิงเดี่ยวจะมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกันต่อการบริโภคพลังงานในอาคารแตกต่างกันไปในแต่ละตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$E = (\Sigma U.S * S/A * \Delta t) / COP \quad \text{วัตต์} \qquad (1)$$

โดยที่

E = ภาระการทำความเย็นในอาคาร (Electrical Supply) (วัตต์)

ΣU.S = ผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งเป็นตัวแปรด้านวัสดุ (U-Value)

S/A = พื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตร.ม.) ซึ่งเป็นตัวแปรด้านลักษณะรูปร่างอาคาร

Δt = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน ($^{\circ}c$) ซึ่งเป็นตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่ตั้งของโครงการ

COP = อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน (Energy Efficiency Ratio) ซึ่งเป็นตัวแปรประสิทธิภาพของเครื่องกล

การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับดัชนี ΣU.S และ ดัชนี COP ทางด้านวัสดุป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารและการเลือกประสิทธิภาพเครื่องกลปรับอากาศที่ดี เป็นกลุ่มตัวแปรแรกที่เอื้อต่อแนวทางที่จะนำไปสู่การประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้สะดวกที่สุด โดยต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับงบต้นทุนในก่อสร้าง ดัชนีตัวแปร Δt มีข้อจำกัดหลายอย่างทางกายภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารในเมือง ทำให้ไม่สามารถสร้างสภาพแวดล้อมของอาคารได้ดีเท่าที่ควร ส่วนดัชนีตัวแปร S/A ซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวแปรสำคัญหลักในการสร้างแบบโครงดัชนีชี้วัดพลังงาน ซึ่งควรพิจารณาให้รอบคอบตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบอาคาร เพื่อส่งผลต่ออาคารที่ก่อสร้างจริงให้ประหยัดพลังงานมากที่สุด

### 3.4 แนวทางการกำหนดกรณีอาคารศึกษาที่นำมาประเมินค่าดัชนี

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างอาคารที่ปลูกสร้างในภูมิภาคร้อนชื้น จำนวนทั้งสิ้น 200 อาคาร โดยแบ่งเป็นอาคารที่พักอาศัยจำนวน 78 อาคาร (48.75%) และอาคารสาธารณะ จำนวน 82 อาคาร (51.25%) โดยอาคารที่เก็บข้อมูลตัวอย่างส่วนใหญ่จะเป็นอาคารในกรุงเทพและปริมณฑล ทั้งอาคารเก่า อาคารใหม่รวมทั้งอาคารที่อยู่ในระยะออกแบบก่อสร้าง นำมาพิจารณาดูอุณหภูมิสภาพแวดล้อม พื้นที่ใช้สอยของอาคาร พื้นที่เปลือกอาคาร ทั้งผนังหลังคา และพื้นอาคาร ส่วนที่สัมผัสอากาศภายนอก นำมาหาสัดส่วนเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ วัสดุการก่อสร้างเปลือกอาคาร รวมถึงระบบปรับอากาศที่ใช้โดยข้อมูลบางส่วนของอาคารได้มาจากรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดของอาคารควบคุมของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ส่วนที่เหลือมาจากอาคารที่ออกแบบโดยหน่วยราชการ สำนักสถาปนิก อาคารสถาปัตยกรรมไทย รวมไปถึงอาคารที่ก่อสร้าง โดยใช้ผู้รับเหมาทั่วไป เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างอาคารที่ได้มีความหลากหลาย

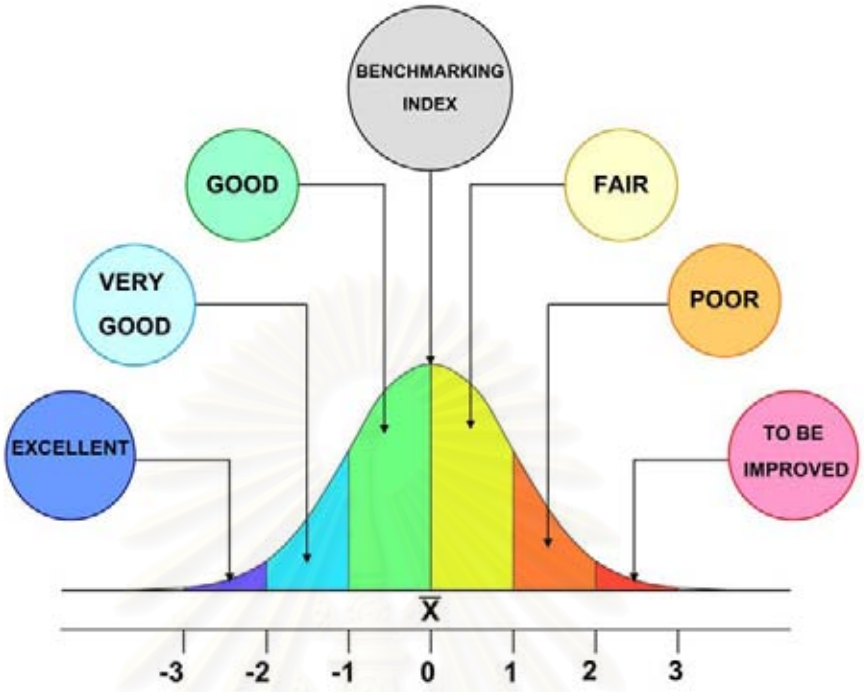
(Variance) เพื่อที่จะตอบปัญหาของการนำดัชนีประเมินประสิทธิภาพของอาคารให้เป็นมาตรฐานแบบเดียวกัน

กลุ่มดัชนีตัวแปรเชิงเดี่ยวหลักทั้ง 4 กลุ่ม เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ในการออกแบบอาคารให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงอิทธิพลของตัวแปรย่อยในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนออกแบบหรือปรับปรุงแต่ละส่วนของอาคาร ทั้งนี้เพราะแต่ละตัวแปรแม้จะมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารเหมือนกัน แต่อิทธิพลของแต่ละตัวแปรที่มีจะไม่เท่ากัน นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าในสัดส่วนและอิทธิพลที่มีแนวคิดในด้านการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานที่แตกต่างกัน ก็ยิ่งทำให้สัดส่วนและอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัวแตกต่างกันออกไปด้วย จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารที่ออกแบบด้วยระบบธรรมดาทั่วไปโดยไม่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในอาคารที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดในการประหยัดพลังงานพบว่า สัดส่วนของการใช้พลังงานแตกต่างออกไป และโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารเก่าที่มีอายุ สิบห้าปีขึ้นไปเมื่อเทียบกับอาคารใหม่จะพบว่ามีการใช้พลังงานต่างกันอย่างชัดเจน

### 3.5 แนวทางการแบ่งคะแนนเพื่อประเมินค่าดัชนี

ศึกษาและวิเคราะห์ค่าน้ำหนัก(Weighting) ของตัวแปรเชิงเดี่ยวในกลุ่มของอาคาร นำมาสร้างเป็นคู่ระดับ (Scaling) ในการให้คะแนนที่จะเป็นตัวชี้วัด ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานแยกออกเป็นตามส่วนได้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณาดูจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละดัชนีตัวแปรเชิงเดี่ยวแต่ละตัว นำมากำหนดระดับตัวเลขดัชนีชี้วัดมาตรฐาน (Benchmarking Index) ของกลุ่มอาคารที่ศึกษาที่สร้างในปัจจุบัน เป็นตัวแทนในการเทียบเคียงตามแผนภูมิ 3-5 ต่อไปนี้

ส่วนดัชนีตัวแปรเชิงประกอบที่มาจากความสัมพันธ์ทางคณิตสาสตร์ของดัชนีเชิงเดี่ยวทั้งสี่ดัชนีนั้นก็ใช้หลักการแบ่งคะแนนแบบเดียวกันตามตาราง 3-5 แต่อาจจะเพิ่มค่าน้ำหนักของดัชนีที่นำมาจากการคำนวณของค่ามาตรฐานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงานปี 2535 มาพิจารณาร่วมกันเพื่อให้แนวทางที่ชัดเจนของการกำหนดค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐานให้เที่ยงตรงยิ่งขึ้น




แผนภูมิ 3-5 แสดงเกณฑ์การกำหนดค่าคะแนนดัชนีโดยเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐานกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 3-5 แสดงรายละเอียดและความหมายค่าคะแนนดัชนีโดยเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐาน

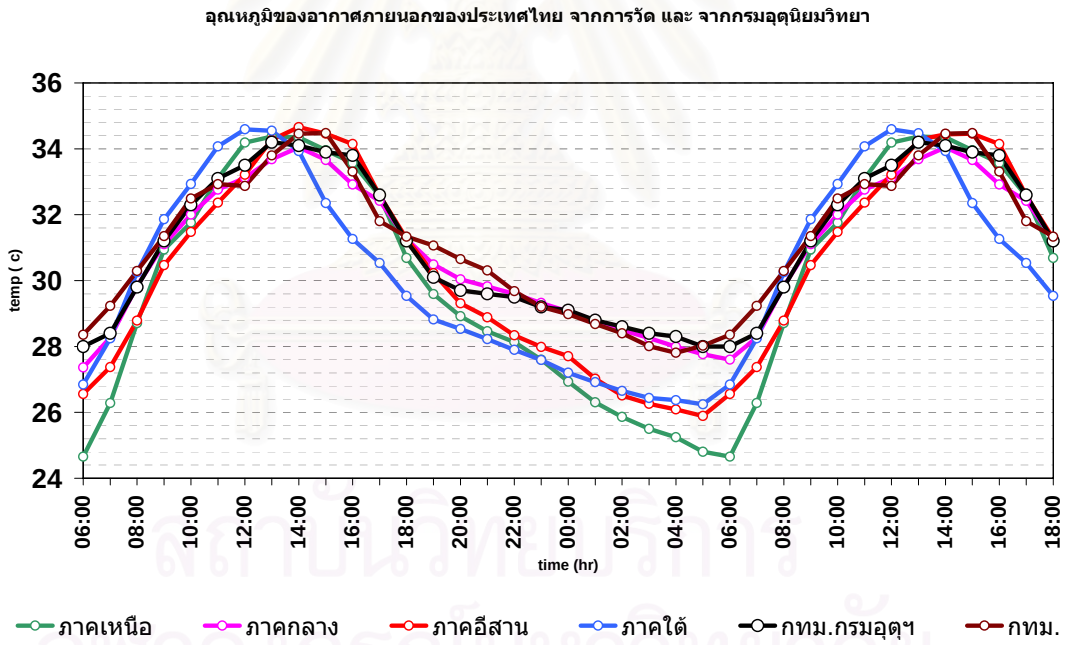
| เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดมาตรฐาน | score | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| -3 standard deviation | excellent | อาคารชั้นดีเยี่ยม |
| -2 standard deviation | very good | อาคารชั้นดีมาก |
| -1 standard deviation | good | อาคารชั้นดี |
| 0 benchmarking index | ---------- | ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน |
| +1standard deviation | poor | อาคารชั้นแย่ |
| +2 standard deviation | very poor | อาคารชั้นแย่มาก |
| +3 standard deviation | to be improved | อาคารไม่ผ่านมาตรฐานต้องทำการปรับปรุงอย่างยิ่ง |

### 3.6 ค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี

จาก ข้อ 3.5 ให้นำกลุ่มตัวแปรทั้งหมดมากำหนดวิเคราะห์หาค่าน้ำหนัก (Weighting Score) ค่าดัชนีมาตรฐาน (Benchmarking Index) ของตัวแปรในกลุ่มของอาคาร นำมาสร้างเป็นคู่ระดับ (Scaling) ในการให้คะแนนที่จะเป็นตัวชี้วัด ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานแยกออกเป็นตามส่วนได้อย่างเหมาะสม โดยใช้ ระดับตัวเลขดัชนีอาคารที่สร้างในปัจจุบันหรืออาคารที่ได้ออกแบบตามพระราชบัญญัติกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2522 เป็นฐานกลุ่มมาตรฐานอ้างอิง (Benchmarking Reference) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.6.1 ดัชนีสภาพแวดล้อมที่ตั้งของโครงการ (Site and Location Index: $I_T$)

การพิจารณาตัวแปรสำหรับดัชนีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโครงการ พบว่าสภาพแวดล้อมปัจจุบันจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 39°C ซึ่งถ้ามีการปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยใช้ภูมิสถาปัตย์เข้ามาช่วยสามารถทำให้อุณหภูมิลดได้ อยู่ที่ 35°C และถ้ามีการออกแบบปรับปรุงอย่างเหมาะสมใช้ประโยชน์จากความเย็นของดิน การระเหยของน้ำจะทำให้สภาพแวดล้อมเย็นลงมาอยู่ที่ 32°C




แผนภูมิ 3-6 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ เปรียบเทียบระหว่าง 4 ภาค กับกรุงเทพฯ และข้อมูลกรุงเทพฯ ของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2546

จากแผนภูมิ 3-6 และตาราง 3-5 จะพบว่าข้อมูลที่วัดในงานวิจัย 4 ภาค โดยเฉพาะที่กรุงเทพฯ มีลักษณะใกล้เคียงกับข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. เดียวกัน และมีอุณหภูมิสูงสุด ประมาณ 34°C

ตาราง 3-6 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมงของภูมิภาคต่าง ๆ ในปี 2546

| เวลา | อุณหภูมิ (°C) | | | | | | mean |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ภาคเหนือ | ภาคกลาง | ภาคอีสาน | ภาคใต้ | กรุงเทพฯ | กรมอุตุฯ | |
| 06:00 | 24.66 | 27.37 | 26.56 | 26.85 | 28.36 | 28.00 | 26.36 |
| 07:00 | 26.28 | 28.27 | 27.38 | 28.25 | 29.23 | 28.40 | 27.54 |
| 08:00 | 28.71 | 29.84 | 28.79 | 30.26 | 30.30 | 29.80 | 29.40 |
| 09:00 | 30.94 | 31.10 | 30.47 | 31.86 | 31.35 | 31.20 | 31.09 |
| 10:00 | 31.76 | 32.00 | 31.48 | 32.93 | 32.49 | 32.30 | 32.04 |
| 11:00 | 33.11 | 32.76 | 32.37 | 34.08 | 32.93 | 33.10 | 33.08 |
| 12:00 | 34.19 | 33.12 | 33.22 | 34.59 | 32.88 | 33.50 | 33.78 |
| 13:00 | 34.37 | 33.68 | 34.27 | 34.55 | 33.80 | 34.20 | 34.22 |
| 14:00 | 34.35 | 34.05 | 34.66 | 33.93 | 34.46 | 34.10 | 34.25 |
| 15:00 | 33.96 | 33.66 | 34.46 | 32.35 | 34.48 | 33.90 | 33.61 |
| 17:00 | 32.57 | 32.42 | 32.59 | 30.53 | 31.80 | 32.60 | 32.03 |
| 18:00 | 30.69 | 31.27 | 31.28 | 29.54 | 31.33 | 31.20 | 30.69 |
| 23:00 | 27.60 | 29.32 | 27.99 | 27.59 | 29.21 | 29.20 | 28.12 |
| 00:00 | 26.93 | 29.06 | 27.70 | 27.20 | 28.98 | 29.10 | 27.72 |
| 01:00 | 26.30 | 28.76 | 27.02 | 26.92 | 28.68 | 28.80 | 27.25 |
| 02:00 | 25.86 | 28.50 | 26.52 | 26.65 | 28.40 | 28.60 | 26.88 |
| 03:00 | 25.50 | 28.26 | 26.26 | 26.44 | 28.01 | 28.40 | 26.61 |
| 04:00 | 25.25 | 27.99 | 26.09 | 26.37 | 27.81 | 28.30 | 26.43 |
| 05:00 | 24.81 | 27.77 | 25.89 | 26.24 | 28.03 | 28.00 | 26.18 |
| 06:00 | 24.66 | 27.60 | 26.56 | 26.85 | 28.36 | 28.00 | 26.42 |
| 07:00 | 26.28 | 28.27 | 27.38 | 28.25 | 29.23 | 28.40 | 27.54 |
| 08:00 | 28.71 | 29.84 | 28.79 | 30.26 | 30.30 | 29.80 | 29.40 |
| 09:00 | 30.94 | 31.10 | 30.47 | 31.86 | 31.35 | 31.20 | 31.09 |
| 10:00 | 31.76 | 32.00 | 31.48 | 32.93 | 32.49 | 32.30 | 32.04 |
| 11:00 | 33.11 | 32.76 | 32.37 | 34.08 | 32.93 | 33.10 | 33.08 |
| 12:00 | 34.19 | 33.12 | 33.22 | 34.59 | 32.88 | 33.50 | 33.78 |
| 13:00 | 34.37 | 33.68 | 34.27 | 34.47 | 33.80 | 34.20 | 34.20 |
| 14:00 | 34.35 | 34.05 | 34.44 | 33.93 | 34.46 | 34.10 | 34.19 |
| 15:00 | 33.96 | 33.66 | 34.46 | 32.35 | 34.48 | 33.90 | 33.61 |
| 16:00 | 33.57 | 32.92 | 34.15 | 31.26 | 33.31 | 33.80 | 32.97 |
| 17:00 | 32.57 | 32.42 | 32.59 | 30.53 | 31.80 | 32.60 | 32.03 |
| 18:00 | 30.69 | 31.27 | 31.28 | 29.54 | 31.33 | 31.20 | 30.69 |

ตาราง 3-7 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ.2550 เวลา 11.30 น. บ้านพักอาศัย เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ

**อุณหภูมิอากาศ** 32 $^{O}$C

| **อุณหภูมิผิว** (Surface temperature) | | | |
|---|---|---|---|
| **ตำแหน่ง** | **อุณหภูมิ** ($^{O}$C) | | **หมายเหตุ** |
| น้ำในโอ่งเคลือบ | 28.4 | | น้ำลึก 80 ซม. ไม่โดนแดด |
| ผิวภายนอกโอ่งเคลือบ | 28.4 | | |
| ผิวพืชคลุมดิน | 31.1 | | พลูด่างบนพื้นคอนกรีต |
| ผิวพืชชุ่มน้ำฝน | 27.9-28.4 | | พลูด่างบนผนังคอนกรีตบล็อค |
| ผิวพื้นคอนกรีต | 29.3 | | คอนกรีตไม่โดนแดด |
| ผิวประตูไม้ | 31.9 | | ไม้จริงหนา 1 ซม. ไม่โดนแดด |
| ผิวผนังคอนกรีตบล็อค | 28.9 | | คอนกรีตบล็อคชื้นไม่โดนแดด |
| ผิวผนังปูน | 29.6-29.8 | | ผนังปูนหนา 10 ซม. ไม่โดนแดด |

ตาราง 3-8 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 12.30 น. สถานที่ แม่น้ำเจ้าพระยา เขตคลองสาน กรุงเทพฯ

**อุณหภูมิอากาศ** 32.9 $^{O}$C

| **อุณหภูมิผิว** (Surface temperature) | | | |
|---|---|---|---|
| **ตำแหน่ง** | **อุณหภูมิ** ($^{O}$C) | | **หมายเหตุ** |
| น้ำในคลองข้างโรงแรมโซฟิเทล | 30.6-30.8 | | น้ำลึก ~1 ม. |
| น้ำริมฝั่ง | 29.6 | | ฝั่งคลองสาน |
| น้ำกลางลำน้ำ | 29.9 | | |
| น้ำริมฝั่ง | 30.1 | | ฝั่งสาธร |
| น้ำในคลอง | 30.1 | | น้ำลึก ~2 ม. |
| อุณหภูมิอากาศ | 32.9 | | |

ตาราง 3-9 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 13.30 น. สถานที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตพญาไท กรุงเทพฯ

**อุณหภูมิอากาศ** 31.7-32.6 $^{O}$C

| **อุณหภูมิผิว** (Surface temperature) | | | |
|---|---|---|---|
| **ตำแหน่ง** | **อุณหภูมิ** ($^{O}$C) | | **หมายเหตุ** |
| น้ำในสระจุฬาฯ | 33.0 | | น้ำตื้นในร่ม |
| น้ำในสระจุฬาฯ | 33.2 | | น้ำตื้นกลางแจ้ง |
| ต้นไม้ | 31.7-31.8 | | |
| พื้นทรายเปียก | 27.5-27.9 | | |
| หญ้าเปียก-หญ้าชื้น | 30.3-30.6 | | |
| พื้นคอนกรีตในร่ม | 31.2 | | |
| อุณหภูมิอากาศ | 31.7 | | |

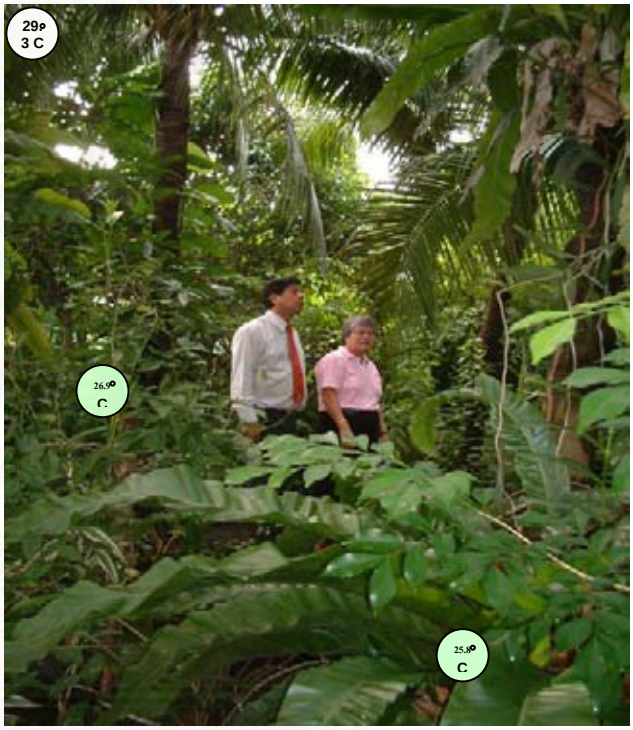
ตาราง 3-10 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 13.30 น. สถานที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตพญาไท กรุงเทพฯ

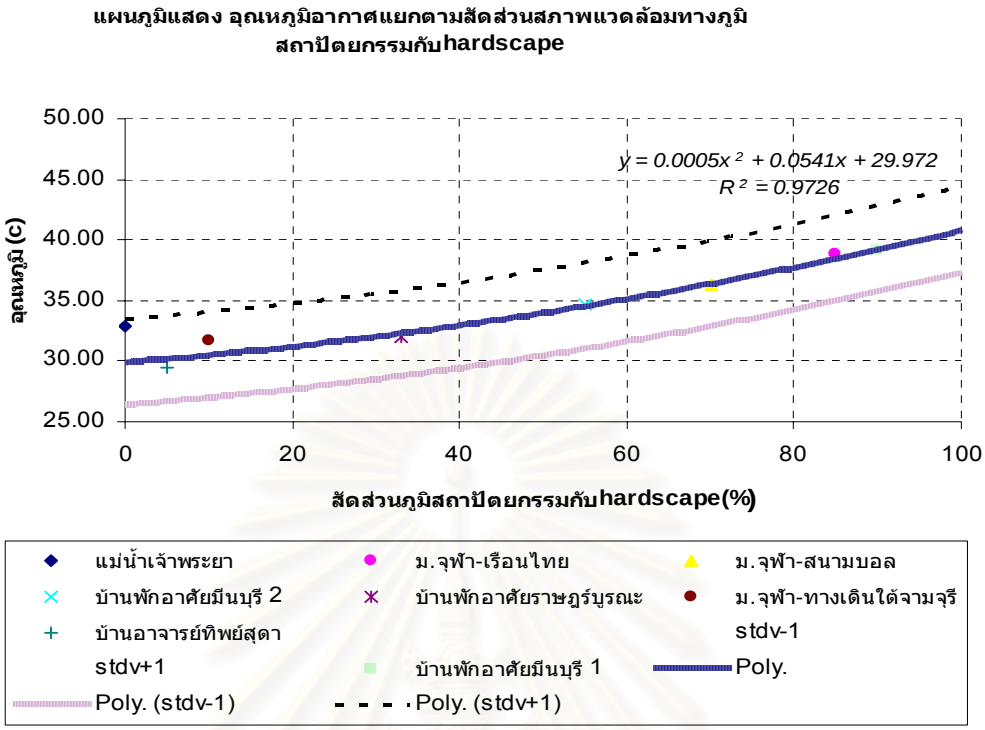
**อุณหภูมิอากาศ** 36.3 $^{O}$C

| **อุณหภูมิผิว** (Surface temperature) | | | |
|---|---|---|---|
| **ตำแหน่ง** | **อุณหภูมิ** ($^{O}$C) | | **หมายเหตุ** |
| พื้นคอนกรีตกลางแจ้ง | 45.6 | | ใกล้ร่มไม้ |
| พื้นคอนกรีตกลางแจ้ง | 52.5 | | กลางลาน |
| ไม้พุ่มกลางแจ้ง | 31.3 | | |
| พื้นเก้าอี้คอนกรีต กลางแจ้ง | 50.3 | | |
| น้ำในสระจุฬาฯ | 33.1 | | น้ำกลางแจ้ง |
| อุณหภูมิอากาศ | 36.3 | | |

ตาราง 3-11 แสดงผลการวัดอุณหภูมิ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550 เวลา 13.30 น. สถานที่ บ้าน รศ.ดร..ทิพย์สุดา ปทุมานนท์ เขตสำโรง จ.สมุทรปราการ

**อุณหภูมิอากาศ** 29.3 $^{O}$C

| **อุณหภูมิผิว** (Surface Temperature) | | | |
|---|---|---|---|
| **ตำแหน่ง** | **อุณหภูมิ** ($^{O}$C) | | **หมายเหตุ** |
| อุณหภูมิอากาศ | 29.3 |  | |
| ไม้คลุมดิน | 25.8 | | |
| ไม้พุ่มในร่ม | 26.9 | | |
| อุณหภูมิต้นไม้ | 27..7 | | |
| อุณหภูมิหลังคา | 32.2 | | |
| อุณหภูมิอากาศเหนือหลังคา | 30.4 | | |



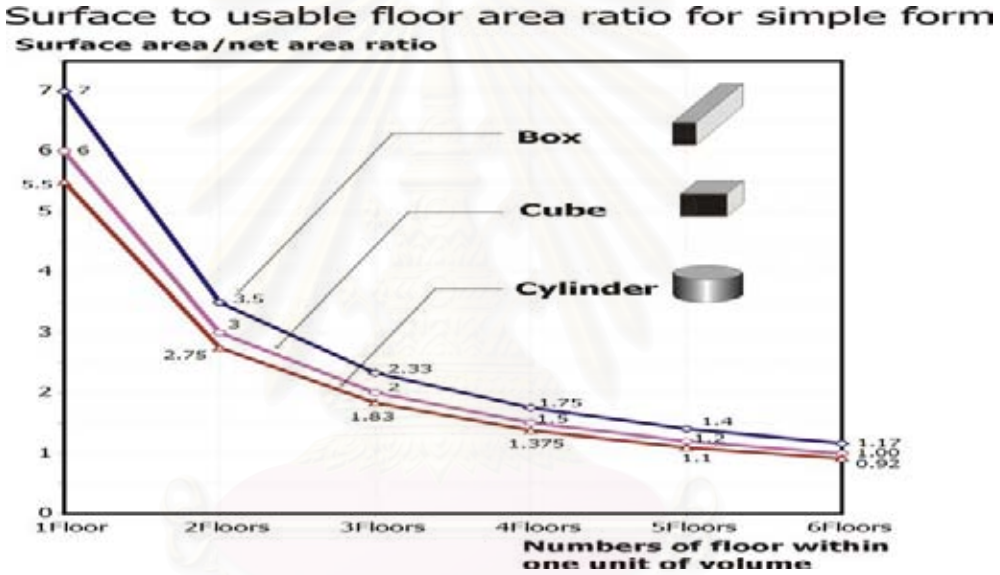

แผนภูมิ 3-7 แสดงผลการวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบสัดส่วนภูมิสถาปัตยกรรมระหว่าง Softscape และ Hardscape

ตาราง 3-12 แสดงผลค่า Temperature Difference Factors Index ($I_T$)

| Temperature difference Index | |
|---|---|
| temp.( °c) | Δt.( °c) |
| 40 | 14 |
| 39 | 14 |
| 38 | 13 |
| 37 | 12 |
| 36 | 11 |
| 35 | 10 |
| 34 | 9 |
| 33 | 8 |
| 32 | 7 |
| 31 | 6 |
| 30 | 5 |
| 29 | 4 |
| 28 | 3 |
| 27 | 2 |

3.6.2 ดัชนีรูปทรงของอาคาร (Form index: $I_S$)

ศึกษาวิจัย (Knowles, 1974: 66-67) พบว่า มีการคิดค่าดัชนีพื้นผิวของอาคารต่อปริมาตรของอาคาร (Surface-to-Volume ratio; S/V) โดยจะคิดพื้นผิวอาคารทั้งหมด ยกเว้นด้านที่ติดพื้นดินโดยถือว่าไม่มีพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง (Knowles, R. L. : 1974) แต่ความจริงแล้วกรอบอาคารทุกด้านจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างภายนอกและภายในตลอดเวลา จากงานวิจัยที่ศึกษาด้านนี้ (วิชัย อิทธิวิศวกุล : 2539) จะพบว่า ดินที่ระดับความลึก 0.50-2.00 เมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27 $^{O}$C ซึ่งค่อนข้างคงที่ ดังนั้นดัชนีรูปทรงของอาคารในงานวิจัยนี้ จะคิดกรอบอาคารทุกด้านต่อพื้นที่ใช้สอยจริง (Surface-to-Area Ratio, S/A) เพื่อที่จะให้เห็นผลได้ชัดเจนยิ่งกว่า

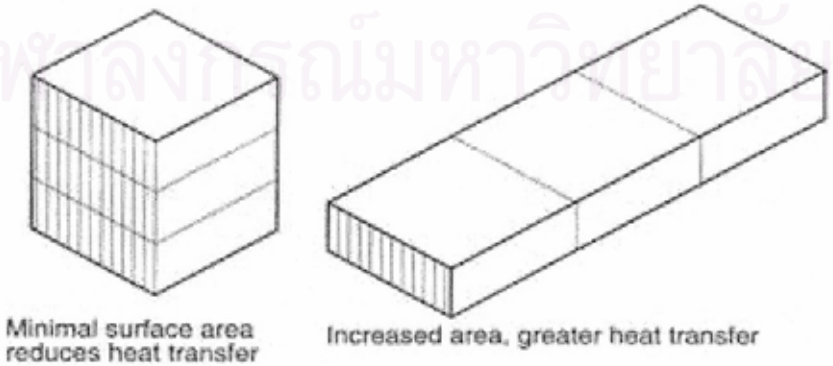



แผนภูมิ 3-8 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคาร

การเลือกรูปทรงของอาคารในกรณีที่ต้องการให้เกิดการประหยัดพลังงาน สิ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ อัตราส่วนของพื้นผิวของเปลือกอาคารที่สัมผัสกับภายนอก (Exposed Area) ต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยพิจารณาเฉพาะพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนที่มีการปรับอากาศทั้งนี้เพราะพื้นที่ผิวภายนอกซึ่งเป็นส่วนของอาคารที่สัมผัสอากาศภายนอกยิ่งมาก ก็ยิ่งทำให้ปริมาณความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารเข้าไปภายในได้มาก มีผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นต่อระบบปรับอากาศ ยกเว้นในกรณีที่ระบบเปลือกอาคารซึ่งประกอบด้วยพื้น ผนัง และหลังคาของบ้าน มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอก ไม่ให้ถ่ายเทผ่านเข้าไปในอาคารได้มาก ซึ่งจะทำให้อิทธิพลของการใช้พลังงานที่เกิดจากรูปทรงอาคารลดน้อยลงไปซึ่งจะไปแปรผันเพิ่มในส่วนของต้นทุนภาระการใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคาร แต่อย่างไรก็ตามการก่อสร้าง

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่ ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของระบบเปลือกอาคารในการต้านทานความร้อนจากภายนอกมากนัก ทำให้อิทธิพลของพื้นผิวอาคารที่มีต่อภาระในการทำความเย็นมีค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นบ้านพักอาศัยและอาคารขนาดเล็กจัดเป็นอาคารประเภทที่มีเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับอาคารขนาดที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นภาระในการทำความเย็นส่วนหนึ่งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบเลือกรูปทรงของบ้านนั้นว่ามีความฟุ่มเฟือยเกินความต้องการของพื้นที่ใช้สอย

รูปทรงที่เหมาะสมและเอื้ออำนวยให้เกิดการประหยัดพลังงาน สำหรับบ้านและอาคารทั่วๆ ไป คือ รูปทรงที่มีลักษณะกะทัดรัด (Compact Form) ซึ่งเป็นรูปทรงมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารน้อยที่สุด เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่ส่วนที่มีการปรับอากาศ การพิจารณาเปรียบเทียบรูปทรงของอาคารที่น่าจะเป็นไปได้กับรูปทรงทางเรขาคณิตจะพบว่า รูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เป็นรูปทรงที่มีลักษณะกะทัดรัดมากที่สุด ดังนั้นอาคารหรือบ้านที่มีรูปทรงภายนอกใกล้เคียงกับรูปทรงกลมและสี่เหลี่ยมลูกบาศก์จึงเป็นอาคารที่มีรูปทรงที่เอื้อประโยชน์ให้เกิดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศอย่างคุ้มค่ามากที่สุด การสร้างเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการประเมินศักยภาพของรูปทรงที่มีอิทธิพลต่อการประหยัดพลังงาน ในที่นี้เลือกใช้วิธีพิจารณาผังพื้นของอาคาร เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปของผนังภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารส่วนที่มีการปรับอากาศ อาคารหรือบ้านที่มีลักษณะรูปทรงที่กะทัดรัดย่อมจะมีอัตราส่วนระหว่างความยาวของผนังภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย ส่วนปรับอากาศภายในอาคารน้อยที่สุด กล่าวคือ อาคารที่มีลักษณะที่รูปทรงภายนอกใกล้เคียงกับรูปทรงวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัสมากที่สุดนั้นเอง ในการสร้างเกณฑ์สำหรับประเมินคำนวณจากรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาดกว้าง X ยาว X สูงเท่ากัน ซึ่งที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานมากกว่ารูปทรงอื่น แต่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นผิวนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารแตกต่างกัน โดยถือเสมือนเป็นการจำลองรูปลักษณะของอาคารพักอาศัยตั้งแต่ 1 ชั้นจนถึง 3 ชั้นดังนี้




ภาพ 3-11 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากัน

รูปทรงของอาคาร (Building Form) เป็นปัจจัยที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึง ตั้งแต่ในขั้นตอนแรกของการออกแบบ เพราะรูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการประหยัดพลังงาน การออกแบบอาคารโดยที่ใช้แนวความคิดที่เน้นถึงการลด S/A จะมีส่วนช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างมากเช่น การออกแบบอาคารให้มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศภายในอาคารให้มีค่าน้อยที่สุดรวมถึงการเลือกรูปร่างของอาคารทั้งในด้านผังพื้นและรูปตัด องค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งความร้อนเหล่านี้จะกลายเป็นภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

3.6.3 ดัชนีวัสดุเปลือกอาคาร (Material Index: $I_U$)

การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร หรือที่เรียกทั่วไปว่า วัสดุก่อสร้าง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่และมีขั้นตอนการใช้งานอย่างถูกวิธี เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร สาเหตุเนื่องจากวัสดุประกอบอาคาร โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ภายนอกเปรียบเสมือนเป็นเปลือกหุ้มอาคารเหล่านั้นไว้ ถ้าเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านที่จะไม่รู้สึกร้อน เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ มาวิเคราะห์แล้วพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารพักอาศัยถูกใช้ไปกับการลดความร้อนภายในอาคารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดนั้นก็คือ การใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาเสริมเมื่อต้องการให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ที่ผ่านมาในขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างจะมีผู้ที่คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก หากมีการเตรียมการป้องกันในขั้นต้นอย่างเหมาะสมแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระในการลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่ง

เมื่อทราบถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารให้มีความเหมาะสมแล้ว ก็ควรที่จะทำการศึกษาหรือมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุในระดับหนึ่ง เพื่อประกอบในการพิจารณาใช้ได้อย่างเหมาะสม ก่อนที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง สิ่งหนึ่งที่จะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการทำความเข้าใจ คือ ความรู้ทางด้านทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องระหว่างวัสดุก่อสร้าง ความร้อน และพลังงานในเบื้องต้น อันจะเป็นประโยชน์ในการทำความเข้าใจคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ โดยต้องพิจารณาคุณสมบัติการเป็นฉนวน ซึ่งเมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติความเป็นฉนวนหรือวัสดุที่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่ดีนั้น ระดับของความเป็นฉนวนจะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติในทางทฤษฎี 3 ข้อหลัก ดังนี้

1. ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity)

2. ความสามารถในการนำความร้อน (Conductivity)

3. ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

<u>ความสามารถในการต้านทานความร้อน</u> (Resistivity)

ค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า “R-Value” (ค่า R (Resistance)) คือค่าการต้านทานความร้อน เท่ากับ ความหนา(m)หารด้วยค่า k (W/m.k) มีหน่วยเป็น $m^2$.k/W การรวมค่าความต้านทานของวัสดุที่มีค่า k แตกต่างกัน เมื่อคำนวณวัสดุแต่ละชนิดจะได้ค่า R แล้วนำค่า R มาบวกกัน จะได้เป็นค่าความต้านทานความร้อนรวม $R_t$) จะเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัสดุซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกัน กล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีค่านำความร้อนต่ำ

ค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า “R-Value” สามารถคำนวณได้จาก

$$R = 1/C = \Delta X/k$$

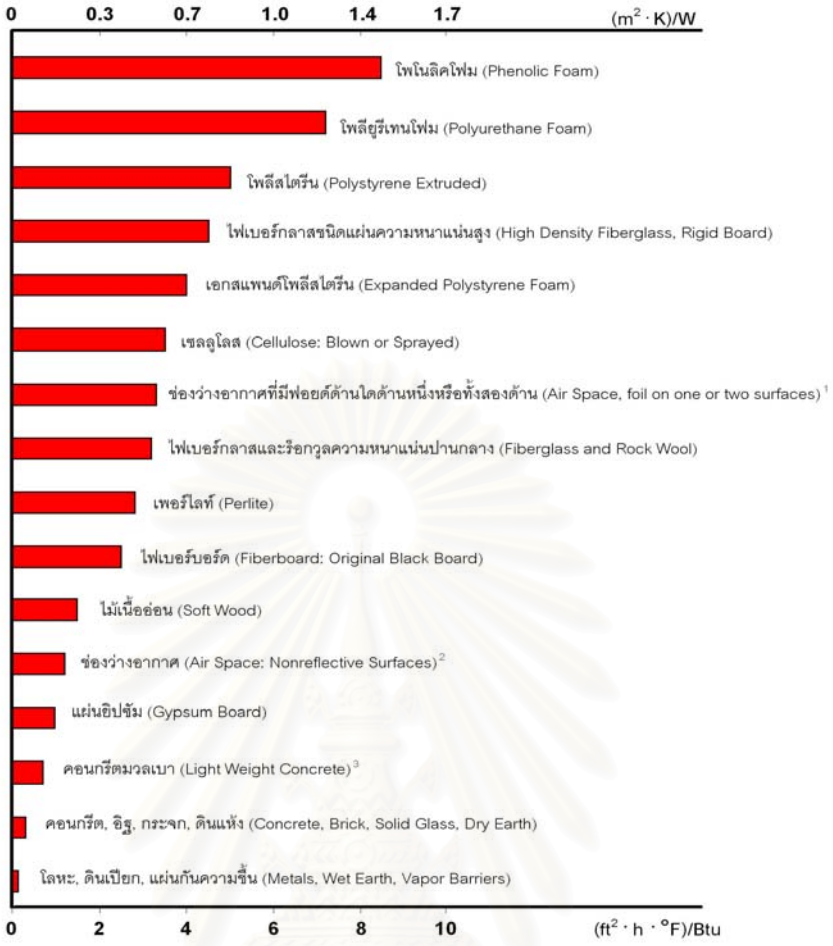
เมื่อ R = ค่าการต้านทานความร้อน (Resisivity – $m^2$K/Watt)

C = ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity – W/$m^2$K or J/kg.K

$\Delta X$ = ความหนาของชิ้นวัสดุที่นำมาพิจารณา

k = ค่าการนำความร้อน (Conductivity – W/m.K)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




แผนภูมิ 3-9 แสดงผลความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างค่า U-value ของวัสดุอาคารแต่ละประเภท (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

การนำความร้อน (Conductivity)

การนำความร้อน หรือค่า “K - Value” ค่า k (Conductivity) คือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุการนำความร้อนคือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุหนึ่งหน่วยพื้นที่ความหนาหนึ่งหน่วย ในหนึ่งหน่วยเวลา ภายใต้สภาวะคงที่ (Steady State) โดยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุทั้งสองด้านเป็น 1 หน่วย มีหน่วย W/m.K) สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่าน หน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็นวัตต์ต่อเมตรเคลวิน = (W/m.K หรือ วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส (W/m°C) **วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน** (W/m·K) เป็นหน่วยเอสไอ สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity, k) ของสสาร ได้มาจากค่า ปริมาณความ

ร้อน *Q* ที่ถ่ายเทภายในเวลา *t* ได้ในสสารที่หนา *L* และมีพื้นที่หน้าตัด *A* และ ผลต่างอุณหภูมิทั้งสองด้านเป็น $\Delta T$ ที่สภาวะคงตัว ดังสมการ

$$k = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{A \times \Delta T}$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน (K – Value) ของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกันมาก เช่น ฉนวนใยแก้วมีค่า 0.03 W/m.K ของทองแดงมีค่า 384 W/m.K

ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารจริง มีการคิดค่าการนำความร้อนของเปลือกอาคารแตกต่างกันไปตามความหนา และกลุ่มวัสดุที่ประกอบเข้ามาเป็นผนังแต่ละชั้น รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารด้วย ในการศึกษาค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุเปลือกอาคารจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวมหรือค่า U เข้ามาใช้ในการคำนวณ

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวมสามารถคำนวณย้อนกลับจากค่า k ได้ดังนี้

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

เมื่อ U = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม มีหน่วยเป็น Btu/h-ft$^2$-°F (W/m$^2$-K)

$h_o$ = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายนอก มีหน่วยเป็น Btu/h-ft$^2$-°F หรือ (W/m$^2$-K)

$h_i$ = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายใน มีหน่วยเป็น Btu/h-ft$^2$-°F หรือ (W/m$^2$-K)

$x_n$ = ความหนาของวัสดุในชั้นที่ n มีหน่วยเป็น นิ้ว หรือ (เมตร)

$k_n$ = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชั้นที่ n มีหน่วยเป็น Btu-in/h-ft$^2$-°F (W/m-K)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

ความจุความร้อนของสสาร (Specific Heat Capacity) จะเท่ากับผลคูณของมวลสารกับความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสาร เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยวัดเป็น แคลอรี่/กรัม-เซลเซียส (Cal/g-°C) หรือ จูล/กิโลกรัมเคลวิน (J/kg.K) ตัวอย่างค่าความจุความร้อนของ

วัสดุจำพวกอิฐคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 800 – 1,000 J/kg.K และอากาศแห้งมีค่าเท่ากับ 1,005 J/kg.K เป็นต้น

ค่าความจุความร้อนของวัสดุ จะไม่สามารถบอกได้โดยตรงว่าควรจะมีค่ามากหรือน้อย จึงจะดีเพราะถ้าความจุความร้อนน้อยการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในจะมากและส่งผ่านได้เร็ว ซึ่งจะเหมาะกับส่วนที่มีการใช้งานเฉพาะกลางคืน แต่ในทางกลับกันการที่สามารถเก็บความร้อนไว้ในตัวเองได้มาก ความร้อนที่ถูกส่งผ่านต่อมายังในอาคารก็จะน้อยลงหรือส่งผ่านได้ช้าลง (Time Lag) ซึ่งเหมาะกับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะกลางวัน จะเห็นว่าการส่งผ่านความร้อนเนื่องจากค่าความจุความร้อนของวัสดุมีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

โดยทั่วไปองค์ประกอบของเปลือกอาคารประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการนำพาความร้อนแตกต่างกัน แต่ผลโดยรวมของวัสดุต่างๆ จะเป็นตัวกำหนดความร้อนที่เกิดขึ้นรอบกรอบตัวอาคารปรับอากาศที่กำหนดไว้ การคำนวณ แยกได้เป็น 3 ส่วนของอาคารดังนี้

ส่วนผนังกระจกและผนังทึบ

ส่วนพื้น

ส่วนหลังคา

ซึ่งคุณสมบัติของวัสดุแต่ละตัวจะถูกพิจารณาในส่วนค่า k, ค่า R หรือ ค่า U (ดูตารางแนบท้ายภาคผนวก ก.)

ความสามารถ ในการต้านทานหรือปล่อยผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร ในกรณีศึกษาดัชนีจะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่า U ของอาคารทั้งหลังต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หาค่าความต้องการในการปรับอากาศให้อยู่ในภาวะน่าสบายตามที่ต้องการ

3.6.4 ดัชนีประสิทธิภาพของเครื่องกล (Mechanical Efficiency Index: $I_C$)

ประสิทธิภาพของเครื่องกลสำหรับเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถพิจารณาจาก Energy Efficiency Ratio (EER) หรือ Coefficient of performance (COP) (Hill, Keefe and Snape, 1995 : 13-14) ของเครื่องกลนั้นโดยประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น จะหาได้จากอัตราส่วนของพลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่น ๆ, 2545) ดังสมการ

COP= พลังงานความเย็นที่ได้รับจากเครื่องปรับอากาศ (watts) / พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้

EER= พลังงานความเย็นที่ได้รับจากเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr) / พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้

โดยที่

$$COP = 3.412^{*} EER$$

$$1/COP = 3.412 / EER$$

การกำหนดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถนำเอาค่าดัชนีของเครื่องปรับอากาศที่กำหนดมาใช้ (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2542) ซึ่งปกติแล้วประสิทธิภาพของเครื่องกลที่ดีที่สุดในท้องตลาด คือ เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จึงใช้ค่านี้กำหนดเป็นดัชนีมาตรฐาน และปรับระยะพิสัยของดัชนีตัวอื่นอื่นตามแสดงในตารางที่

การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การทำงานและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มีวิธีคำนวณหาค่า EER และ (kW / TR) ของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| เครื่องปรับอากาศขนาด | 90,000 | Btu / h |
| พลังไฟฟ้าที่ใช้ | 6.04 | kW |
| ปริมาณลมที่จ่าย | 972 | cfm |
| Correction Factor (ขนาดทำความเย็น) | 0.943 | |
| Correction Factor (พลังไฟฟ้า) | 0.825 | |

ตาราง 3-13 แสดงอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และค่า Enthalpy ของลมกลับและลมจ่าย

| รายการ | อุณหภูมิ ( °F) | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ค่า Enthalpy ของอากาศ (Btu / 1b) |
|---|---|---|---|
| ลมกลับ (Return Air) | 72.86 | 46.4 | 26.23 |
| ลมจ่าย (Supply Air) | 43.9 | 60 | 14.45 |

ความสามารถในการทำความเย็น (Split Type) = 4.5 x cfm x (Hr-Hs) / Correction factor

= 4.5 x 972 x (26.23 – 14.45) / 0.943

= 54,612 Btu / hr

EER = (Btu/h) / (Watt / Correction Factor)

= 54,612 / (6,040 / 0.825)

= 7.46 Btu/h / Watt

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น = 12,000 / (7.46 x $10^3$)

= 1.61 kW/TR

ตาราง 3-14 แสดงตารางเทียบดัชนีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ($I_C$) ตามกฎหมาย

| Number | EER | COP | 1/COP |
|---|---|---|---|
| <1 | 6.6 | 1.934 | 0.517 |
| 1 | 7.6 | 2.227 | 0.449 |
| 2 | 8.6 | 2.521 | 0.397 |
| 3 | 9.6 | 2.814 | 0.355 |
| 4 | 10.6 | 3.107 | 0.322 |
| 5 Benchmark index | 11.0 | 3.224 | 0.310 |
| 5 Premium | 11.5 | 3.371 | 0.296 |

ภาพ 3-12 แสดงฉลากระดับประสิทธิภาพมาตรฐานเบอร์ 5 ปี 2549

จากตาราง 3-13 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานเบอร์ห้าจากของเดิมที่เคยมีค่า EER เท่ากับ 10.6 ปรับขึ้นเป็น 11.0 และกำหนดมาตรฐานเบอร์ 5 Premium เท่ากับ 11.5 มีผลทำให้เครื่องปรับอากาศรุ่นเดิมที่เคยเป็นเบอร์ 5 ลดลงไปเป็นเบอร์ 4 (ในกรณีใช้งานและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ) ดังนั้นการสังเกตฉลากเครื่องใช้ไฟฟ้า ควรจะต้องดูที่ปี พ.ศ. ที่ออกฉลากด้วย เช่นกันถ้าออกหลังปี 2549 ควรจะดูแต่เฉพาะค่า EER ที่ระบุไว้มาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ต่อไป

ตาราง 3-15 แสดงประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศที่กำหนดตามกฎหมาย

| Type | ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ, COP ( EER ) |
|---|---|
| Air-cooled (Split and packaged) | |
| Less than 3,500 W (0.995 TR) | 2.82 (9.62) |
| Between 3,500 W and 17,600 W (5.00 TR) | 2.82 (9.62) |
| Larger than 17,600 W (5.00 TR) | 2.56 (8.74) |
| Water-cooled | |
| All sizes | 3.99 (13.62) |
| Large air-conditioning system | |
| Air-cooled water chillers | |
| Up to 351.7 kWth (100 TR) | 2.70 |
| Over 351.7 kWth (100 TR) | 2.93 |
| Water-cooled water chillers | |
| Less than 527.5 kWth (150 TR) | 3.91 |
| From 527.5 kWth and less than 703.3 kWth (200 TR) | 4.69 |
| From 703.3 kWth and less than 879.2 kWth (250 TR) | 5.25 |
| From 879.2 kWth and up to 1,758.3 kWth (500 TR) | 5.40 |
| Over 1,758.3 kWth | 5.67 |

ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรทั้ง 4 กลุ่มว่ากลุ่มใดมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมากน้อยเพียงใดนั้น เนื่องจากมีระยะในการศึกษาค่อนข้างจำกัด ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ในรายละเอียดได้อย่างแน่ชัดว่ากลุ่มตัวแปรใดมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและเหมาะสมสอดคล้องกับระยะเวลาที่มี จึงไม่ได้นำค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรดังกล่าวนี้ ไปใช้คูณควบในการสร้างแบบประเมินดัชนีฯ ตัวเลขของความสัมพันธ์ที่ได้จึงเป็นตัวเลขของค่าน้ำหนักจริง (Direct Weighting Score) ของแต่ละตัวแปร ซึ่งเมื่อได้ผลลัพธ์ในลักษณะของดัชนีเชิงประกอบ ออกมาจะทำให้เข้าใจสภาพที่แท้จริงของอาคารเป็นเช่นไร

# บทที่ 4
# การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของดัชนี

ความสัมพันธ์ของตัวแปรตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 นำมาหาความสัมพันธ์ โดยวิธีการทางสถิติ โดยทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างอาคารที่ปลูกสร้าง กำลังก่อสร้างและออกแบบในประเทศไทยทั้งหมด 160 อาคาร โดยเป็นกลุ่มอาคารพักอาศัยจำนวน 80 อาคารคิดเป็นจำนวน 49.38% และอาคารสาธารณะ จำนวน 82 อาคารคิดเป็นจำนวน 50.62% (ดูรายละเอียดอาคารที่ภาคผนวก ค.) โดยแบ่งเป็น

- อาคารที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 5ปี จำนวน 88 อาคาร (54.32%)
- อาคารที่มีอายุการใช้งาน 5-10 ปี จำนวน 23 อาคาร (14.20%)
- อาคารที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10ปี จำนวน51 อาคาร (31.48%)

กลุ่มอาคารศึกษาตัวอย่าง มีพื้นที่ใช้สอยต่ำสุด 16.20 ตารางเมตร (บ้านพักอาศัยแบบ Container1) และพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด 420,000 ตารางเมตร (ศูนย์ราชการกรุงเทพมหานคร) โดยพิจารณาความหลากหลายของการออกแบบของกลุ่มอาคารตัวอย่างจากหน่วยงานรัฐบาล บริษัทสถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้างทั่วไป เพื่อที่จะนำมาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรดัชนีชี้วัดที่สร้างไว้มาประเมินผลวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน โดยรายละเอียดข้อมูลประเมินบางส่วนของอาคารศึกษาตัวอย่าง นำมาจากเอกสารรายงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทอาคารราชการในกรุงเทพและปริมณฑล มีอาคารในเขตภูมิภาคจำนวน 63 อาคารคิดเป็นจำนวน 38.88% ของอาคารทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยดูจากสภาพแวดล้อมที่ตั้งอาคาร พื้นที่ใช้สอยในอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร รวมไปถึงเครื่องปรับอากาศที่ใช้ ตามระเบียบวิธีวิจัยที่ได้ตั้งเกณฑ์ไว้

เกณฑ์ของสภาพแวดล้อมที่ตั้งอาคารนั้นใช้อ้างอิงจากอุณหภูมิของงานวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน (2546) ตามรายละเอียดในบทที่ 3 พื้นที่ใช้สอยในอาคารและวัสดุเปลือกอาคารได้มาจากการคำนวณจากแบบก่อสร้างอาคารและจากข้อมูลดิบของอาคารที่ได้มีการสำรวจมาแล้ว ส่วนเครื่องปรับอากาศนั้นดูจากค่า EER ของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องนำมาหาค่าเฉลี่ยหรือจากการวัดตรวจสอบจากรายงานควบคุม หรือดูจากอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศนั้น ๆ โดยค่าเป็นของเครื่องปรับอากาศใหม่จะมีค่า EER ตามกฎหมายระบุไว้และเมื่ออายุการใช้งานเพิ่มขึ้น ค่า EER จะลดลงตามลำดับ โดยจะกำหนดตามตาราง 4-1 ดังนี้

ตาราง 4-1 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในอาคาร

| อายุการใช้งาน | ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ |
|---|---|
| 0 – 1 ปี | เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 |
| 2 – 5 ปี | เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 |
| 5 – 10 ปี | เครื่องปรับอากาศเบอร์ 3 |
| 10 – 15 ปี | เครื่องปรับอากาศเบอร์ 2 |
| 15 ปีขึ้นไป | เครื่องปรับอากาศเบอร์ 1 |

อาคารทั้งหมดจะถูกนำมาประเมินโดยดัชนีฯ เพื่อหาความสัมพันธ์และหาดัชนีเป็น Benchmark ของกลุ่มตัวอย่าง โดยจะพิจารณาทั้ง Benchmark ของดัชนีประกอบย่อยดูข้อจำกัดและศักยของดัชนีประกอบย่อยนั้น ๆ ที่มีผลสูงถึงดัชนีประสิทธิภาพอาคารโดยมีรายละเอียดแยกตามตัวแปรสำคัญ เพื่อสามารถนำมาใช้ได้อย่างถูกต้องโดยข้อมูลของอาคารที่นำมาทำการวิเคราะห์ตัวแปร แสดงตามตาราง 4-1

ตาราง 4-2 แสดงรายละเอียดดัชนีข้อมูลเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์จากข้อมูลอาคารตัวอย่าง

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | บ้าน ECO- SPHERE | 33.08 | 4.00 | 3.13 | 0.23 | 0.21 | 0.60 |
| 2 | อาคารศูนย์ราชการ ถ.แจ้งวัฒนะ | 420000.00 | 7.00 | 0.41 | 1.18 | 0.30 | 1.02 |
| 3 | บ้านชีวาทิตย์ | 140.00 | 7.00 | 0.28 | 2.43 | 0.25 | 1.17 |
| 4 | อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยชินวัตร | 16815.00 | 10.00 | 1.33 | 0.63 | 0.25 | 2.09 |
| 5 | อาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี | 1333.60 | 10.00 | 1.23 | 0.59 | 0.29 | 2.10 |
| 6 | อาคารญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน จ.นครปฐม | 294.96 | 5.00 | 2.35 | 0.80 | 0.27 | 2.53 |
| 7 | อาคารกฟน. เขตราษฎร์บูรณะ | 6645.90 | 14.00 | 0.53 | 1.90 | 0.29 | 4.06 |
| 8 | อาคารกองบัญชาการฯ (อาคาร A) | 15170.00 | 14.00 | 1.08 | 0.92 | 0.31 | 4.30 |
| 9 | อาคารกองบังคับการฯ (อาคาร B) | 5601.00 | 14.00 | 1.71 | 0.79 | 0.31 | 5.90 |
| 10 | โรงแรม The Millenium Hilton กรุงเทพ | 51649.50 | 14.00 | 0.46 | 3.32 | 0.29 | 6.24 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | บ้านคุณสินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล | 332.00 | 10.00 | 1.71 | 1.21 | 0.32 | 6.60 |
| 12 | อาคารสำนักงาน MASTER TEAM | 999.00 | 14.00 | 1.55 | 1.21 | 0.29 | 7.64 |
| 13 | บ้านคุณศรีวัลย์ เมฆตระการ - บ้านพักตากอากาศเขาใหญ่ | 560.49 | 6.00 | 1.87 | 2.24 | 0.31 | 7.78 |
| 14 | อาคารศูนย์ประชุม 500 ที่นั่ง (อาคาร E) | 3079.00 | 14.00 | 2.59 | 0.73 | 0.31 | 8.17 |
| 15 | อาคารแสดงสินค้า Exibition hall-บางนา | 9175.00 | 15.00 | 0.75 | 2.86 | 0.29 | 9.29 |
| 16 | อาคารศูนย์กีฬาและสนามกีฬากลางแจ้ง (อาคาร D) | 2693.00 | 14.00 | 2.18 | 1.07 | 0.31 | 10.07 |
| 17 | สาธรเจ้าพระยา คอนโดมิเนี่ยม | 45350.51 | 15.00 | 0.90 | 2.59 | 0.29 | 10.10 |
| 18 | อาคารสโมสรข้าราชการ (อาคาร C) | 2148.00 | 14.00 | 2.33 | 1.02 | 0.31 | 10.34 |
| 19 | อาคารกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือและสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหาร กองทัพเรือ | 2489.00 | 10.00 | 0.94 | 2.95 | 0.38 | 10.51 |
| 20 | บ้านคุณเกรียงศักดิ์ วาณิชยนที | 194.25 | 14.00 | 2.41 | 1.02 | 0.32 | 10.96 |
| 21 | อาคารอพาสเมนต์ สูง 3 ชั้น จ. สมุทรสาคร | 2331.84 | 10.00 | 2.23 | 1.60 | 0.31 | 11.05 |
| 22 | บ้านนายแพทย์สมบัติ สินธุรัตน์ | 180.00 | 12.00 | 2.52 | 1.16 | 0.32 | 11.19 |
| 23 | บ้านคุณธนา เชาวนปรีชา | 394.73 | 14.00 | 1.91 | 1.38 | 0.31 | 11.47 |
| 24 | บ้านคุณเบญจวรรณ วัฒนศาสตร์สาธร | 339.80 | 15.00 | 1.96 | 1.21 | 0.35 | 12.51 |
| 25 | บ้านจัดสรรแบบ H04 | 287.05 | 11.00 | 2.19 | 1.77 | 0.31 | 13.21 |
| 26 | บ้านพักอาศัยแบบ Townhouse 2 | 1861.00 | 14.00 | 1.12 | 2.47 | 0.35 | 13.53 |
| 27 | อาคารพักอาศัยชุดคอนโดมิเนียม พัทยา | 12722.40 | 14.00 | 0.93 | 2.98 | 0.35 | 13.65 |
| 28 | พระตำหนักทับขวัญ | 260.98 | 7.00 | 2.84 | 2.15 | 0.32 | 13.66 |
| 29 | อาคารคอนโดมิเนียม จ.ขอนแก่น | 987.50 | 13.00 | 2.04 | 1.58 | 0.35 | 14.66 |
| 30 | บ้านจัดสรรแบบ H 140 | 265.94 | 11.00 | 2.25 | 1.99 | 0.31 | 15.22 |
| 31 | อาคารพักอาศัยชุด ศรินธร คอนโดมิเนียม | 2441.88 | 15.00 | 1.79 | 2.00 | 0.31 | 16.65 |
| 32 | บ้านจัดสรรแบบ H09 | 304.60 | 11.00 | 2.44 | 2.00 | 0.31 | 16.65 |
| 33 | บ้านพักอาศัยแบบ Townhouse 3 | 892.91 | 14.00 | 1.10 | 3.39 | 0.32 | 16.80 |
| 34 | บ้านพักอาศัยแบบ H1 | 227.68 | 11.00 | 2.40 | 2.07 | 0.31 | 16.93 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | บ้านพักอาศัยแบบ H06 | 211.42 | 11.00 | 2.34 | 2.22 | 0.31 | 17.67 |
| 36 | โรงงาน DEENE | 2700.00 | 13.00 | 2.27 | 2.07 | 0.29 | 17.70 |
| 37 | ศูนย์ธุรกิจ BITEC | 578.41 | 15.00 | 1.89 | 2.24 | 0.29 | 18.40 |
| 38 | บ้านพักอาศัยแบบ H02 | 111.46 | 11.00 | 2.70 | 2.02 | 0.31 | 18.61 |
| 39 | หอพักโรงแรม Harrow international School | 1824.88 | 13.00 | 1.83 | 2.24 | 0.35 | 18.68 |
| 40 | บ้านจัดสรรแบบ H05 | 238.42 | 11.00 | 2.79 | 2.00 | 0.31 | 19.09 |
| 41 | บ้านพักอาศัยแบบ Townhouse 1 | 830.76 | 14.00 | 1.50 | 2.65 | 0.35 | 19.40 |
| 42 | บ้านพักอาศัย หมู่บ้านมัณฑนา | 100.00 | 11.00 | 2.97 | 2.02 | 0.31 | 20.46 |
| 43 | บ้านพักอาศัยแบบ H08 | 155.96 | 11.00 | 2.74 | 2.21 | 0.31 | 20.67 |
| 44 | บ้านคุณวิสาขา พลางกูร | 163.00 | 14.00 | 3.17 | 1.51 | 0.31 | 20.76 |
| 45 | อาคารบ้านพักตากอากาศ สูง 1 ชั้น อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ | 151.95 | 8.00 | 4.97 | 1.69 | 0.31 | 20.88 |
| 46 | ศูนย์การกีฬาโรงเรียน NIST | 4270.57 | 15.00 | 1.35 | 3.05 | 0.35 | 21.62 |
| 47 | อาคารโรงเก็บ 1 ฝูงบิน 101 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 454.00 | 16.00 | 1.33 | 2.37 | 0.44 | 22.13 |
| 48 | ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคกลาง สูง 4 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 808.00 | 14.00 | 1.50 | 3.41 | 0.31 | 22.25 |
| 49 | ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคอีสาน สูง 4 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 808.00 | 14.00 | 1.50 | 3.41 | 0.31 | 22.25 |
| 50 | บ้านจัดสรรแบบH 12 | 170.27 | 11.00 | 2.77 | 2.37 | 0.31 | 22.38 |
| 51 | อาคาร บก.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 241.30 | 16.00 | 1.59 | 2.46 | 0.36 | 22.46 |
| 52 | บ้านรักษาสวรรค์ จรุงจัตรประชารมย์ | 149.50 | 14.00 | 2.60 | 1.99 | 0.31 | 22.50 |
| 53 | บ้านพักอาศัยแบบ H01a | 178.10 | 11.00 | 2.37 | 2.82 | 0.31 | 22.78 |
| 54 | อาคารกุมารประสาทวิทยา สถาบันประสาทวิทยา | 217.00 | 10.00 | 1.90 | 3.12 | 0.39 | 22.86 |
| 55 | สำนักงานตำรวจทางหลวง | 211.52 | 14.00 | 1.65 | 3.14 | 0.32 | 23.22 |
| 56 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น ถ.สนามบินน้ำ จ.นนทบุรี | 424.48 | 13.00 | 2.45 | 2.09 | 0.35 | 23.27 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น บ้านสร้อยฟ้า (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 94.90 | 11.00 | 2.92 | 2.37 | 0.31 | 23.54 |
| 58 | ตึกแถวอนุรักษ์ภาคกลาง 4 ชั้น | 833.50 | 14.00 | 1.42 | 3.72 | 0.32 | 23.61 |
| 59 | บ้านภูวดล นวรัตน์ สุนทรวิภาดา | 299.00 | 14.00 | 2.21 | 2.25 | 0.35 | 24.32 |
| 60 | สโมสรหมู่บ้าน | 193.06 | 14.00 | 1.58 | 3.18 | 0.35 | 24.53 |
| 61 | บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 141.00 | 11.00 | 3.95 | 1.83 | 0.31 | 24.71 |
| 62 | ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคเหนือ สูง 2 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 484.00 | 14.00 | 1.81 | 3.17 | 0.31 | 24.86 |
| 63 | อาคารเรียนเกรด 3-4 โรงเรียนบางกอกพัฒนา | 417.00 | 12.00 | 3.04 | 2.37 | 0.29 | 25.05 |
| 64 | อาคารเอนกประสงค์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1157.75 | 13.00 | 2.46 | 1.65 | 0.48 | 25.11 |
| 65 | อาคารเรียนเอนกประสงค์ โรงเรียนบางกอกพัฒนา | 927.00 | 12.00 | 3.13 | 2.32 | 0.29 | 25.35 |
| 66 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น บ้านพุทธชาด (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 112.00 | 11.00 | 2.95 | 2.56 | 0.31 | 25.74 |
| 67 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 8 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 231.20 | 11.00 | 2.67 | 2.85 | 0.31 | 26.01 |
| 68 | อาคารบก.ฝูงบิน 201 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1497.50 | 14.00 | 1.62 | 2.60 | 0.45 | 26.48 |
| 69 | ร้านค้ากรมทางหลวง | 160.38 | 14.00 | 1.88 | 3.27 | 0.32 | 27.55 |
| 70 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 5 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 139.52 | 11.00 | 2.66 | 3.06 | 0.31 | 27.81 |
| 71 | บ้านจัดสรรแบบ H07 | 143.46 | 11.00 | 2.76 | 3.05 | 0.31 | 28.71 |
| 72 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 7 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 178.28 | 11.00 | 2.77 | 3.04 | 0.31 | 28.71 |
| 73 | อาคารกองบังคับการศูนย์ซ่อมอากาศยาน กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 794.50 | 14.00 | 2.39 | 2.43 | 0.36 | 29.26 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 74 | สำนักงานศูนย์ข้อมูลกรมทางหลวง | 143.81 | 14.00 | 2.02 | 3.25 | 0.32 | 29.32 |
| 75 | บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 89.50 | 11.00 | 3.92 | 2.22 | 0.31 | 29.63 |
| 76 | บ้านจัดสรร - วรรณวนา หมู่บ้านลดาวัลย์ | 385.00 | 14.00 | 2.14 | 2.88 | 0.35 | 30.13 |
| 77 | บ้านจัดสรรแบบ H03 | 136.30 | 11.00 | 2.90 | 3.10 | 0.31 | 30.66 |
| 78 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 6 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 173.02 | 11.00 | 2.97 | 3.04 | 0.31 | 30.75 |
| 79 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านราตรี (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 95.05 | 11.00 | 3.23 | 2.81 | 0.31 | 30.86 |
| 80 | อาคารเอนกประสงค์ กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 403.34 | 14.00 | 2.44 | 2.06 | 0.44 | 30.95 |
| 81 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านบุญนาค (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 64.00 | 11.00 | 3.84 | 2.38 | 0.31 | 31.24 |
| 82 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 91.76 | 11.00 | 3.62 | 2.55 | 0.31 | 31.50 |
| 83 | บ้านจัดสรรแบบ H 14 | 184.32 | 14.00 | 3.14 | 2.20 | 0.33 | 31.95 |
| 84 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านผกากอง (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 58.10 | 11.00 | 3.86 | 2.44 | 0.31 | 32.13 |
| 85 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 4 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 133.85 | 11.00 | 2.80 | 3.39 | 0.31 | 32.37 |
| 86 | อาคารกองบังคับการกองร้อย รปภ. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 192.50 | 13.00 | 2.83 | 2.54 | 0.36 | 33.62 |
| 87 | บ้านพักอาศัยแบบบ้านวาสนา | 95.75 | 13.00 | 3.29 | 2.57 | 0.31 | 34.08 |
| 88 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านยี่สุ่น (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร) | 63.50 | 11.00 | 4.01 | 2.50 | 0.31 | 34.20 |
| 89 | บ้านพักอาศัยแบบครอบครัวไทยเป็นสุข | 92.20 | 11.00 | 3.60 | 2.82 | 0.31 | 34.60 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | อาคารบก. กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 382.25 | 15.00 | 2.49 | 2.46 | 0.38 | 34.74 |
| 91 | อาคารฝูงบิน 104 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 454.50 | 16.00 | 1.33 | 2.68 | 0.62 | 35.10 |
| 92 | อาคารเรียนเกรด 3-4 โรงเรียนบางกอกพัฒนา | 965.00 | 13.00 | 4.08 | 2.31 | 0.29 | 35.57 |
| 93 | บ้านคุณกฤตย อธิคมนันทะ | 177.20 | 13.00 | 3.10 | 2.88 | 0.31 | 35.95 |
| 94 | อาคารกองบัญชาการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1052.75 | 14.00 | 2.38 | 2.43 | 0.45 | 36.54 |
| 95 | อาคารสถานีการบิน กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1042.75 | 15.00 | 2.45 | 2.56 | 0.39 | 36.67 |
| 96 | บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 84.00 | 11.00 | 5.45 | 2.02 | 0.31 | 37.56 |
| 97 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านช้องนาง (แบบบ้านเพื่อประชาชนกรุงเทพมหานคร) | 45.00 | 11.00 | 4.40 | 2.50 | 0.31 | 37.58 |
| 98 | บ้านพักข้าราชการระดับ 5-6 | 119.15 | 14.00 | 2.66 | 3.21 | 0.32 | 38.23 |
| 99 | อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านรางทอง (แบบบ้านเพื่อประชาชนกรุงเทพมหานคร) | 32.00 | 11.00 | 4.74 | 2.37 | 0.31 | 38.33 |
| 100 | อาคารพักนายทหารสัญญาบัตร กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 159.54 | 12.00 | 3.74 | 2.49 | 0.34 | 38.49 |
| 101 | อาคารกองโรงงาน (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1386.00 | 18.00 | 1.22 | 3.42 | 0.52 | 39.02 |
| 102 | อาคารห้องแถว สูง 2 ชั้น ถ.สวนตะไคร้ จ.นครปฐม | 234.80 | 16.00 | 2.18 | 3.18 | 0.36 | 39.38 |
| 103 | บ้านพักข้าราชการระดับ 3-4 | 154.26 | 14.00 | 2.67 | 3.32 | 0.32 | 39.74 |
| 104 | อาคารบก.น.ป.ข. กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 402.19 | 13.00 | 2.64 | 2.66 | 0.44 | 40.01 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 105 | อาคารฝูงบิน 1 เรือหลวงจักรีนฤเบศร กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 2202.50 | 16.00 | 1.83 | 3.17 | 0.44 | 40.43 |
| 106 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 100.56 | 11.00 | 3.91 | 3.05 | 0.31 | 40.66 |
| 107 | อาคารพิพิธภัณฑ์ สถาบันประสาทวิทยา | 180.00 | 10.00 | 2.37 | 3.44 | 0.50 | 40.71 |
| 108 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 71.50 | 11.00 | 3.33 | 3.18 | 0.36 | 41.30 |
| 109 | บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 54.25 | 11.00 | 3.98 | 3.08 | 0.31 | 41.83 |
| 110 | อาคาร บก.ฐานทัพเรือสัตหีบ | 1011.00 | 15.00 | 1.65 | 3.90 | 0.45 | 43.27 |
| 111 | อาคารบก.ฝูงบิน 106 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 572.50 | 17.00 | 2.55 | 2.51 | 0.40 | 43.50 |
| 112 | อาคารท่าอากาศยานอู่ตะเภา กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 2412.00 | 15.00 | 2.28 | 2.50 | 0.51 | 43.57 |
| 113 | อาคาร บก.กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 210.00 | 17.00 | 2.69 | 2.26 | 0.44 | 45.30 |
| 114 | บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 112.00 | 11.00 | 4.91 | 2.71 | 0.31 | 45.48 |
| 115 | อาคารแผนกเครื่องใช้ (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 196.50 | 16.00 | 2.60 | 2.44 | 0.45 | 45.65 |
| 116 | อาคารพัฒนาการช่าง (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 364.00 | 16.00 | 2.59 | 2.53 | 0.44 | 46.46 |
| 117 | อาคารแผนกสนับสนุนสายวิทยาศาสตร์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 96.00 | 13.00 | 3.09 | 2.73 | 0.43 | 46.58 |
| 118 | บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2 | 128.66 | 11.00 | 3.45 | 3.92 | 0.32 | 47.65 |
| 119 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 216.00 | 11.00 | 3.05 | 4.08 | 0.36 | 48.51 |
| 120 | อาคารสำนักงานท่าอากาศยานอู่ตะเภา กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 198.00 | 15.00 | 2.64 | 2.66 | 0.47 | 48.98 |

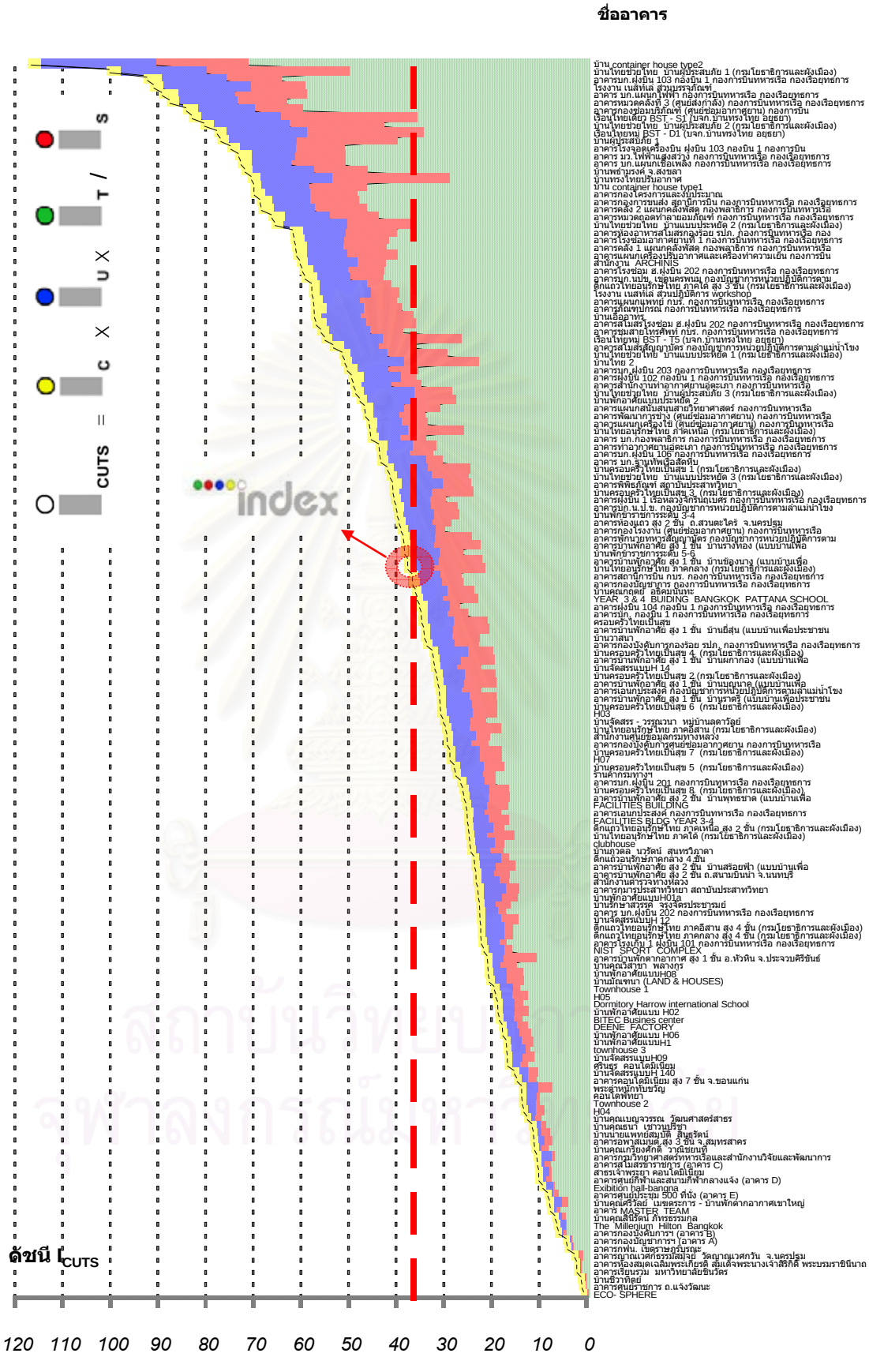
| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 121 | อาคารฝูงบิน 102 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 1484.00 | 15.00 | 1.35 | 3.28 | 0.74 | 49.35 |
| 122 | อาคารบก.ฝูงบิน 203 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 225.80 | 14.00 | 2.46 | 2.48 | 0.59 | 50.29 |
| 123 | บ้านพักอาศัยแบบบ้านไทย 2 | 101.90 | 8.00 | 5.36 | 3.70 | 0.32 | 50.82 |
| 124 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 27.00 | 11.00 | 4.62 | 2.84 | 0.36 | 51.26 |
| 125 | อาคารสโมสรสัญญาบัตร กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 202.12 | 13.00 | 2.69 | 2.58 | 0.59 | 53.23 |
| 126 | เรือนไทยหมู่ BST - T5 (บจก.บ้านทรงไทย อยุธยา) | 146.00 | 9.00 | 5.55 | 3.55 | 0.31 | 54.99 |
| 127 | อาคารชุมสายโทรศัพท์ กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 402.50 | 15.00 | 2.70 | 3.22 | 0.43 | 55.79 |
| 128 | อาคารสโมสรโรงซ่อม ฮ.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 60.00 | 12.00 | 3.46 | 2.75 | 0.50 | 56.80 |
| 129 | บ้านเอื้ออาทร | 42.50 | 14.00 | 4.22 | 3.12 | 0.31 | 57.17 |
| 130 | อาคารภัณฑุปกรณ์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 385.00 | 13.00 | 2.64 | 2.54 | 0.66 | 57.22 |
| 131 | อาคารแผนกแพทย์ กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 141.00 | 15.00 | 2.94 | 2.89 | 0.45 | 57.37 |
| 132 | โรงงาน เนสท์เล่ ส่วนปฏิบัติการ workshop | 1142.62 | 16.00 | 2.34 | 4.33 | 0.36 | 57.66 |
| 133 | ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคใต้ สูง 3 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 612.00 | 14.00 | 1.71 | 3.32 | 0.31 | 57.66 |
| 134 | อาคารบก.นปข. เขตนครพนม กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 266.06 | 15.00 | 2.41 | 2.40 | 0.68 | 59.18 |
| 135 | อาคารโรงซ่อม ฮ.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 294.00 | 15.00 | 2.64 | 2.50 | 0.60 | 59.74 |
| 136 | สำนักงาน ARCHINIS | 155.52 | 17.00 | 2.37 | 4.14 | 0.36 | 60.19 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 137 | อาคารแผนกเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 144.00 | 13.00 | 3.47 | 2.71 | 0.50 | 60.94 |
| 138 | อาคารคลัง 1 แผนกคลังพัสดุ กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 57.75 | 14.00 | 3.03 | 2.45 | 0.59 | 61.09 |
| 139 | อาคารโรงซ่อมอากาศยานที่ 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 99.00 | 14.00 | 3.15 | 2.74 | 0.51 | 61.38 |
| 140 | อาคารห้องอาหารสโมสรกองร้อย รปภ. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 85.00 | 13.00 | 3.45 | 2.86 | 0.48 | 61.66 |
| 141 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 54.90 | 11.00 | 4.24 | 3.96 | 0.36 | 65.48 |
| 142 | อาคารหมวดถอดทำลายอมภัณฑ์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 91.00 | 13.00 | 3.05 | 2.76 | 0.60 | 66.11 |
| 143 | อาคารคลัง 2 แผนกคลังพัสดุ กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 110.00 | 14.00 | 3.24 | 2.55 | 0.59 | 68.32 |
| 144 | อาคารกองการขนส่ง สถานีการบิน กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 115.00 | 15.00 | 3.21 | 2.46 | 0.58 | 68.59 |
| 145 | อาคารกองโครงการและงบประมาณ | 226.00 | 15.00 | 3.05 | 2.91 | 0.52 | 69.83 |
| 146 | บ้าน container house type1 | 36.00 | 16.00 | 4.12 | 3.42 | 0.31 | 69.88 |
| 147 | บ้านทรงไทยปรับอากาศ | 97.25 | 8.00 | 6.74 | 4.08 | 0.32 | 70.36 |
| 148 | บ้านพธำมรงค์ จ.สงขลา | 98.00 | 15.00 | 3.61 | 4.14 | 0.32 | 71.75 |
| 149 | อาคาร บก.แผนกเชื้อเพลิง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 52.00 | 16.00 | 3.52 | 2.61 | 0.49 | 72.60 |
| 150 | อาคาร มว.ไฟฟ้าแสงสว่าง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 96.00 | 15.00 | 3.07 | 2.69 | 0.59 | 73.05 |
| 151 | อาคารโรงจอดเครื่องบิน ฝูงบิน 103 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 182.50 | 16.00 | 3.23 | 3.63 | 0.40 | 74.73 |
| 152 | บ้านพักอาศัยแบบบ้านผู้ประสบภัย 1 | 16.20 | 11.00 | 5.81 | 3.88 | 0.31 | 76.88 |

| | ชื่ออาคาร | Usable area (sq.m.) | $\Delta t$ | S/A | $\Sigma U.S$ | 1/COP | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 153 | เรือนไทยหมู่ BST - D1 (บจก.บ้านทรงไทย อยุธยา) | 36.00 | 9.00 | 6.31 | 4.41 | 0.31 | 77.59 |
| 154 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 17.64 | 11.00 | 5.09 | 4.04 | 0.36 | 80.31 |
| 155 | เรือนไทยเดี่ยว BST - S1 (บจก.บ้านทรงไทย อยุธยา) | 19.00 | 9.00 | 7.11 | 4.18 | 0.31 | 82.87 |
| 156 | อาคารกองซ่อมบริภัณฑ์ (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 2343.80 | 17.00 | 2.85 | 3.39 | 0.51 | 84.06 |
| 157 | อาคารหมวดคลังที่ 3 (ศูนย์ส่งกำลัง) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 902.00 | 19.00 | 3.15 | 3.65 | 0.40 | 87.53 |
| 158 | อาคาร บก.แผนกไฟฟ้า กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 52.50 | 14.00 | 3.53 | 2.82 | 0.64 | 89.15 |
| 159 | โรงงาน เนสท์เล่ ส่วนบรรจุภัณฑ์ | 3960.80 | 16.00 | 3.07 | 4.91 | 0.38 | 90.87 |
| 160 | อาคารบก.ฝูงบิน 103 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 333.00 | 16.00 | 2.89 | 3.37 | 0.59 | 92.24 |
| 161 | บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) | 16.00 | 11.00 | 6.52 | 3.93 | 0.36 | 100.12 |
| 162 | บ้าน container house type2 | 24.00 | 16.00 | 4.34 | 5.42 | 0.31 | 116.66 |

ตาราง 4-3 แสดงการให้คะแนนค่าดัชนีเทียบกับค่าดัชนีมาตรฐาน (Index Scoring)

| Score | Composite Index | Singular Index | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $I_{CUTS}$ | $I_C$ | $I_U$ | $I_T$ | $I_S$ |
| Excellent | < -10.24 | < 0.17 | < 0.92 | < 7.29 | < 0.32 |
| Very Good | -10.24-13.04 | 0.17-0.27 | 0.92-1.78 | 7.29-10.05 | 0.32-1.54 |
| Good | 13.04-36.32 | 0.27-0.37 | 1.78-2.64 | 10.05-12.81 | 1.54-2.76 |
| Fair | 36.32-59.60 | 0.37-0.47 | 2.64-3.50 | 12.82-15.35 | 2.76-3.98 |
| Poor | 59.60-82.88 | 0.47-0.57 | 3.50-4.36 | 15.35-17.88 | 3.98-5.20 |
| To be Improved | > 82.88 | > 0.57 | > 4.36 | > 17.88 | > 5.20 |

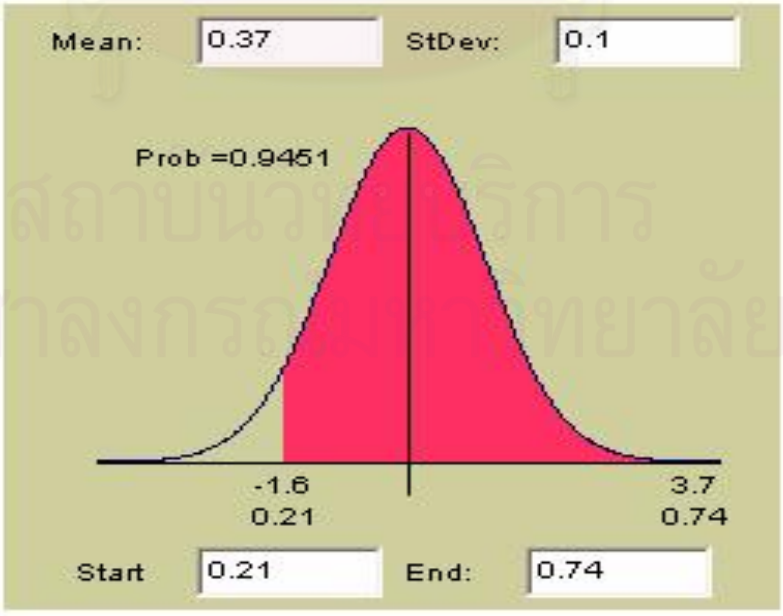



แผนภูมิ 4-1 แสดงค่าดัชนีประกอบ $I_{CUTS}$ จากสัดส่วนของดัชนีเดี่ยว $I_C$ $I_U$ $I_T$ และ $I_S$

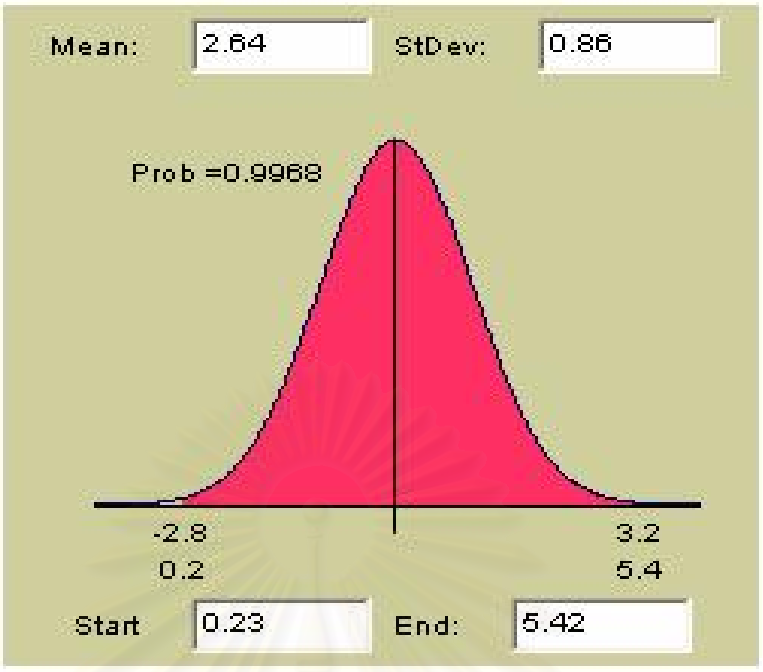
การให้คะแนนค่าดัชนีนั้น พิจารณาจากค่า ตารางที่ 4.2 แสดงการให้คะแนนค่าดัชนีเทียบกับค่าดัชนีมาตรฐาน BENCHMARK ของแต่ละตัวแปรดัชนีเชิงเดี่ยว $I_C$ $I_U$ $I_T$ $I_S$ สำหรับการพิจารณาในรายละเอียดของตัวแปร ยกตัวอย่างเช่น $I_T = 0$ นั้น หมายความว่า ความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน = 0 °C ดังนั้น ก็จะส่งผลความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ให้ $I_{CUTS} = 0$ ตามซึ่งในกรณีนี้อาคารอาจมีค่า $I_C$ $I_U$ และ $I_S$ อยู่ในความสัมพันธ์ประกอบ เช่น $I_C$ = N/Aทำให้มีความจำเป็นน้อยมากในการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ

ตาราง 4-4 แสดงค่าต่ำสุด, สูงสุด, ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $I_{CUTS}$

| ดัชนี (INDEX) | | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | MIN | MAX | X | STD |
| SINGULAR INDEX | $I_T$ ($\Delta$t) | 4 | 19 | 12.81 | 2.76 |
| | $I_S$ (S/A) | 0.28 | 7.11 | 2.76 | 1.22 |
| | $I_U$ ($\Sigma$U.S) | 0.23 | 5.42 | 2.64 | 0.86 |
| | $I_C$ (1/COP) | 0.21 | 0.74 | 0.37 | 0.10 |
| COMPOSITD INDEX | $I_{CUTS}$ | 0.6 | 116.16 | 36.32 | 23.28 |

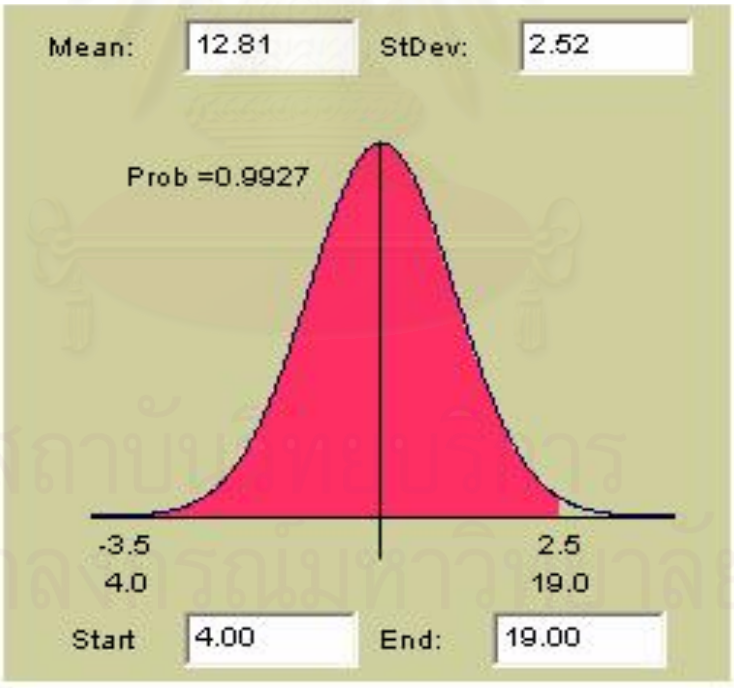



ภาพ 4-1 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_C$ ,1/COP

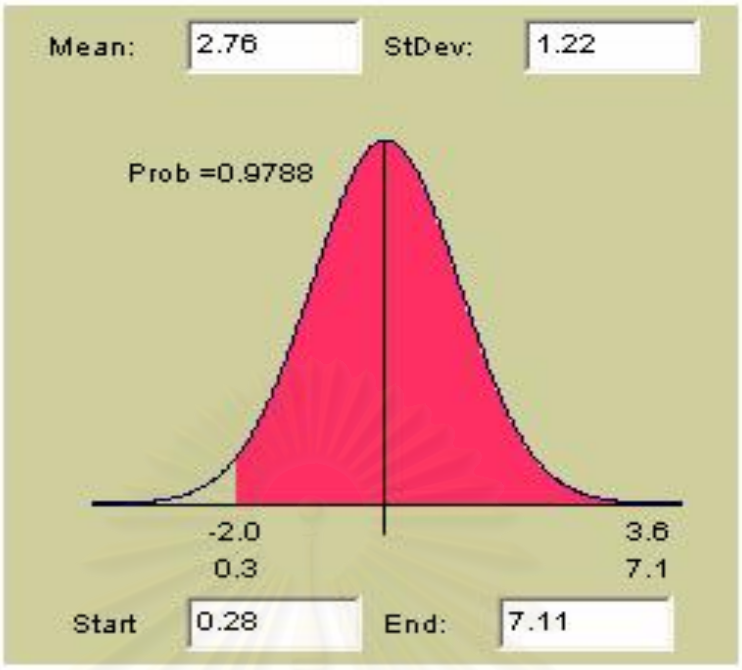



,

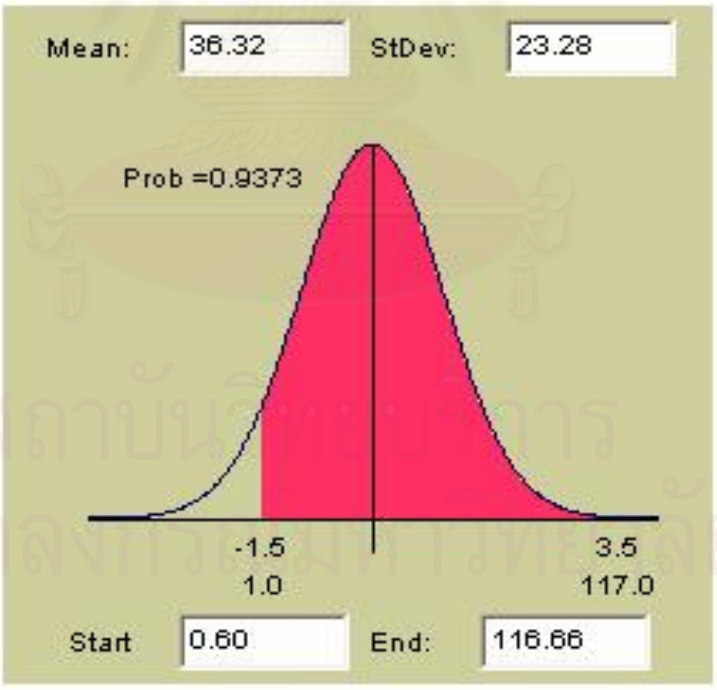
ภาพ 4-2 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_U$ , $\Sigma_{U.S}$




ภาพ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_T$ , $\Delta_T$




ภาพ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_S$ , S/A



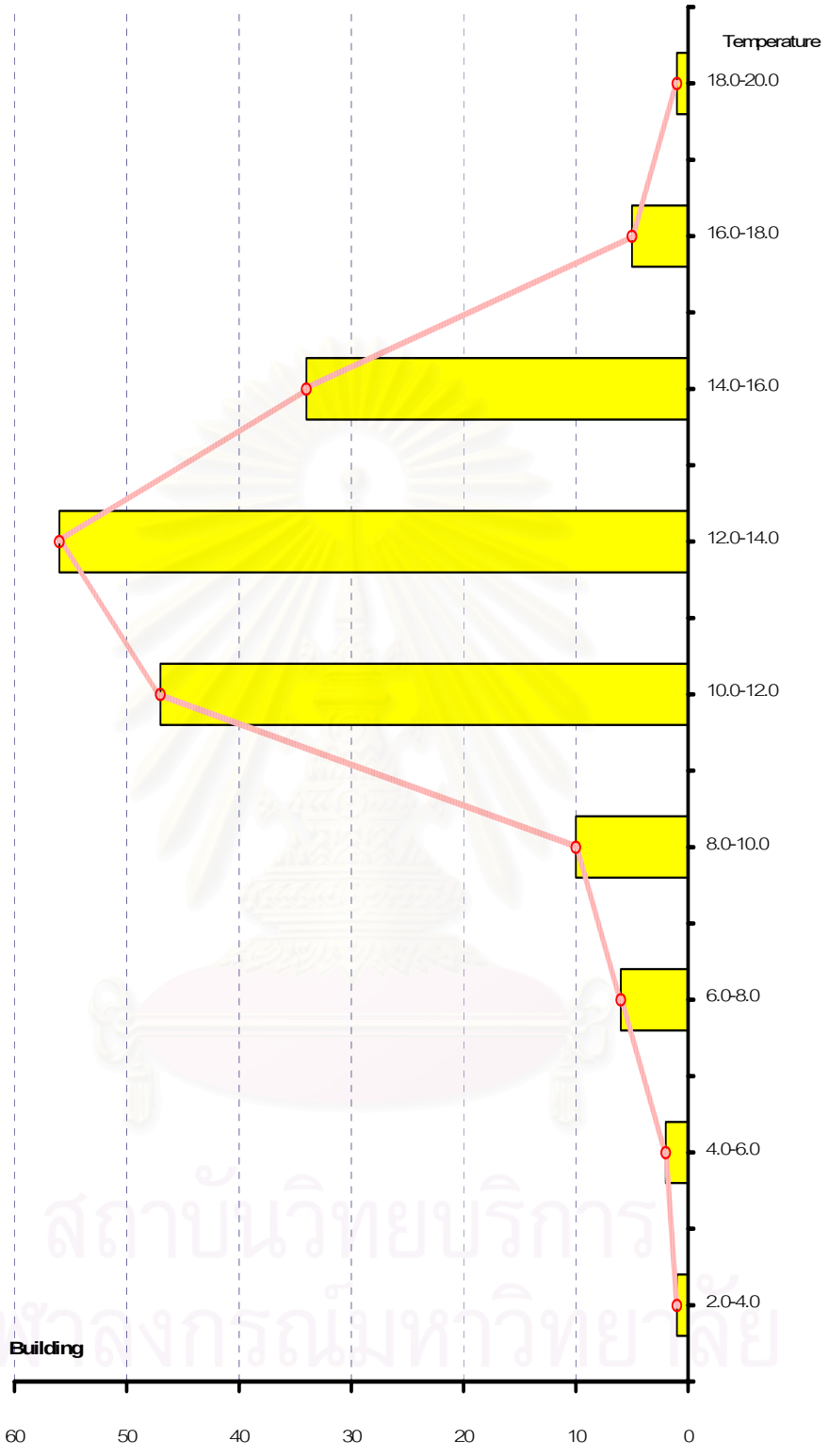

ภาพ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงข้อมูล โดยแจกแจงตาม NORMAL DISTRIBUTION ของ $I_{CUTS}$

**4.1 การวิเคราะห์ดัชนีเชิง $\Delta T$**

ข้อมูลของสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา เมื่อพิจารณาร่วมกับข้อมูลสภาพอุณหภูมิอากาศของงานวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน (2546) ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงสอดคล้องกัน โดยเฉพาะข้อมูลของกรุงเทพมหานครด้วยกันเอง ส่วนภูมิอากาศภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคใต้นั้น อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดจะใกล้เคียงกับข้อมูลชุดกรุงเทพ ยกเว้นแต่อุณหภูมิต่ำสุดที่มีผลมาจากการแลกความร้อนกับท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน อุณหภูมิของภาคเหนือจะมีค่าต่ำสุด

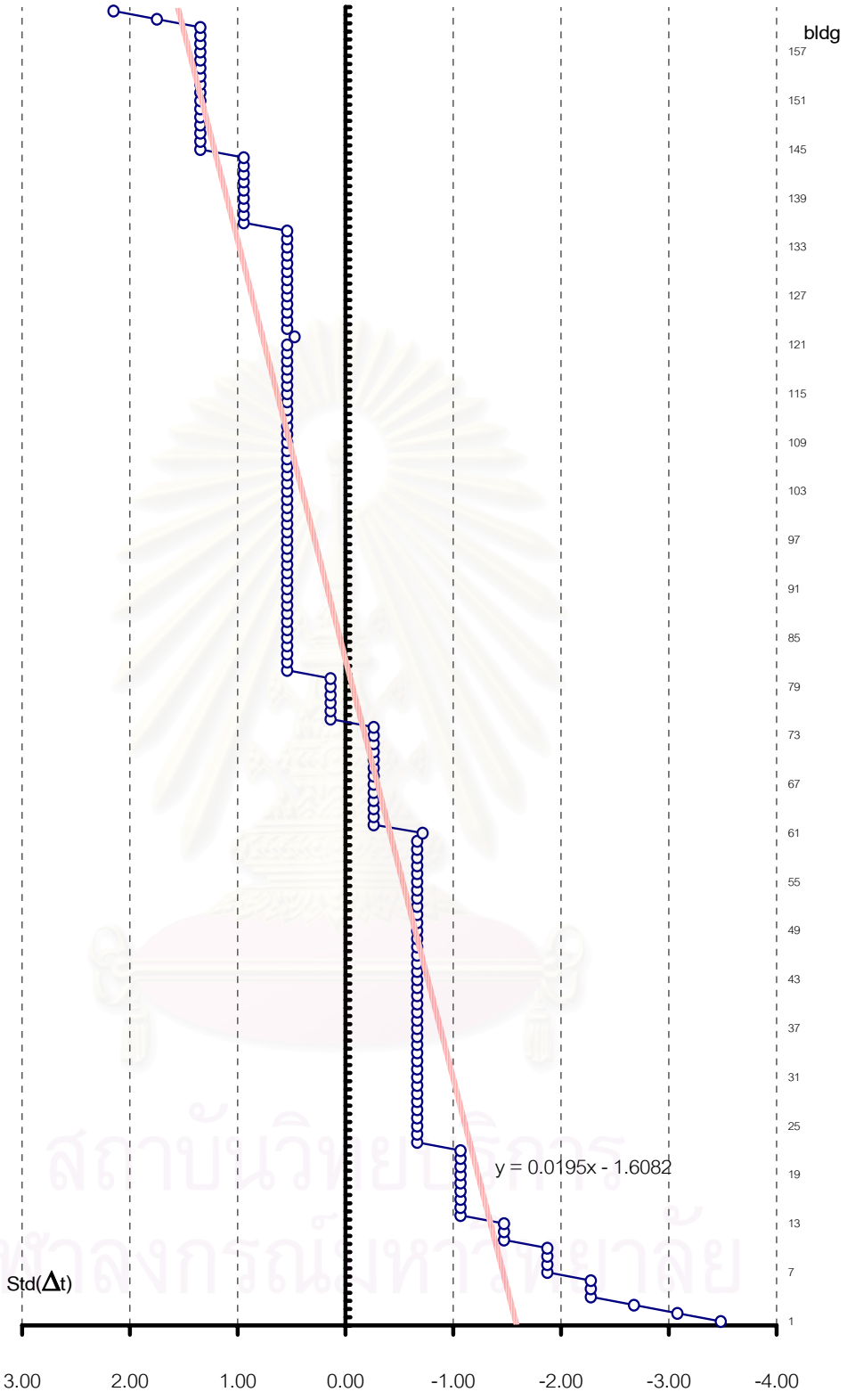
การวิจัยนี้นำค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในอาคารกำหนดให้อุณหภูมิภายในมีค่าคงที่ 25 °C และอ้างอิงจากการวัดสภาพแวดล้อมภายนอกจากบทที่ 3 มาเป็นเกณฑ์พิจารณา ซึ่งจะแตกต่างไปตามสภาพแวดล้อมของอาคารนั้น ๆ มากกว่าจะกำหนดให้เป็นค่าเดี่ยว เหมือนกับโปรแกรมคำนวณแบบอื่น ๆ ที่จะยึดค่าเฉลี่ยตลอดปีมาทำการคำนวณ ซึ่งการวิจัยนี้เลือกจะพิจารณาอุณหภูมิเฉพาะสภาพแวดล้อมที่ Macro Climate รอบอาคารจริง ๆ เพื่อที่จะให้เห็นผลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออาคารอย่างแท้จริง จากแผนภูมิ 4-2 นำข้อมูลความแตกต่างอุณหภูมิทั้งหมดมาแจกแจงความถี่ กำหนดพิสัยจะมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอยู่ที่ 12.65 °C มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.44 มีค่า Prob = 0.9952 ข้อมูลการกระจายเป็นแบบโค้งปกติ โดยลักษณะของ $\Delta T$ เพิ่มขึ้นจากค่ามาตรฐาน หมายถึง สภาพแวดล้อมนั้นมีการใช้วัสดุดูดซับความร้อนแล้วแผ่รังสีออกมา เช่น ลานคอนกรีต (ดูแผนภูมิ 4-3) หรือมีการสะท้อนแสงจากกระจกสะท้อนแสง (Reflective Glass) อาคารข้างเคียง ไม่มีบริเวณบังเงา (Shading) ให้กับสภาพแวดล้อมรอบตัวอาคารเลย ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงนั้นต้องพิจารณาข้อจำกัดว่าสามารถทำได้ในขอบเขตแค่ไหน ถ้าไม่สามารถแก้ไขให้ดีขึ้นด้วยข้อจำกัดดังที่กล่าวมาแล้วควรที่จะพิจารณาใช้ตัวแปรดัชนีเชิงเดี่ยวตัวอื่น ๆ เข้ามาช่วยในภาระการทำความเย็นของอาคารในส่วนนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

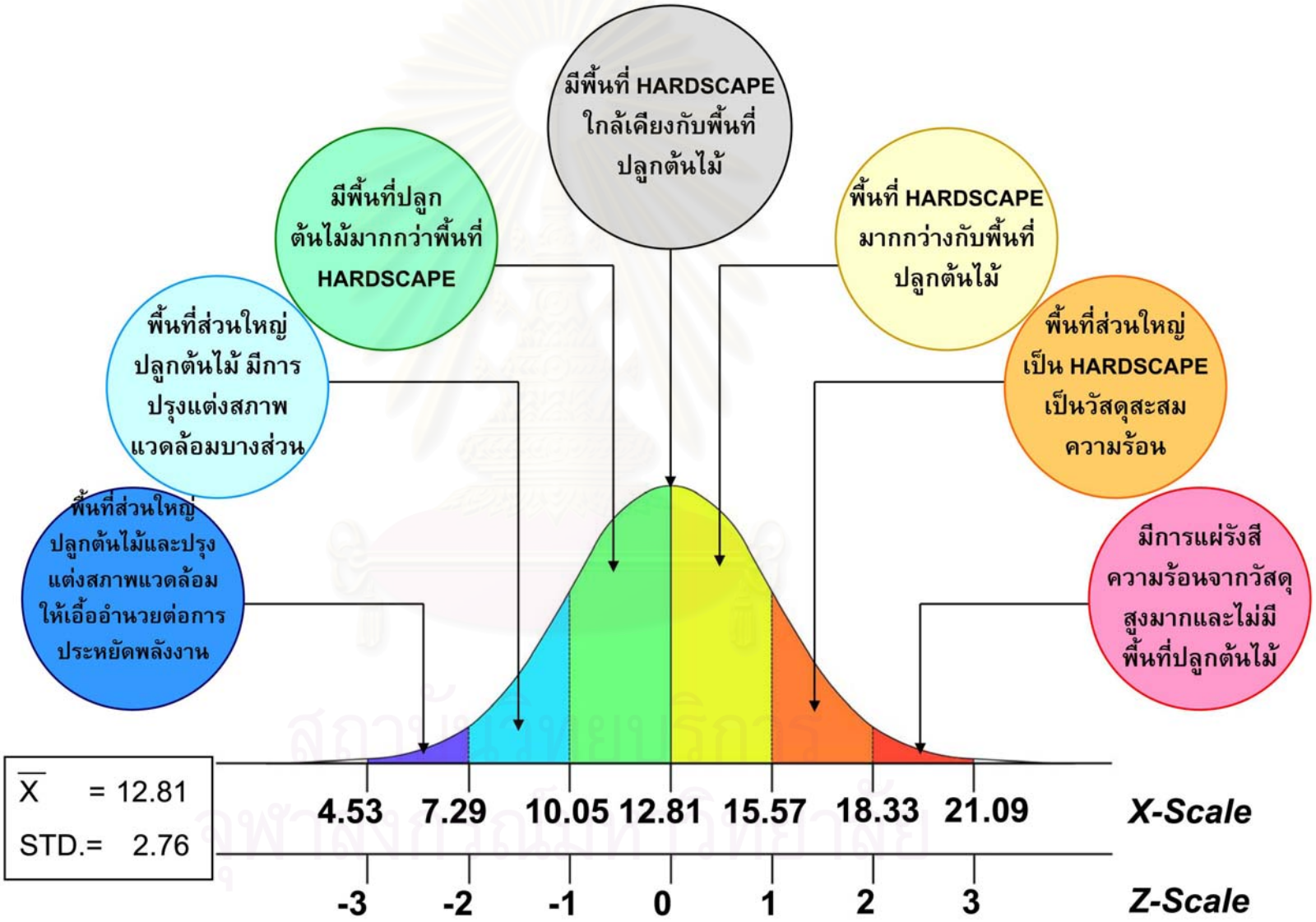



แผนภูมิ 4-2 แสดงค่าดัชนีตัวแปร $\Delta T$ ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




แผนภูมิ 4-3 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ΔT




แผนภูมิ 4-4 Normal Distribution ของ ΔT

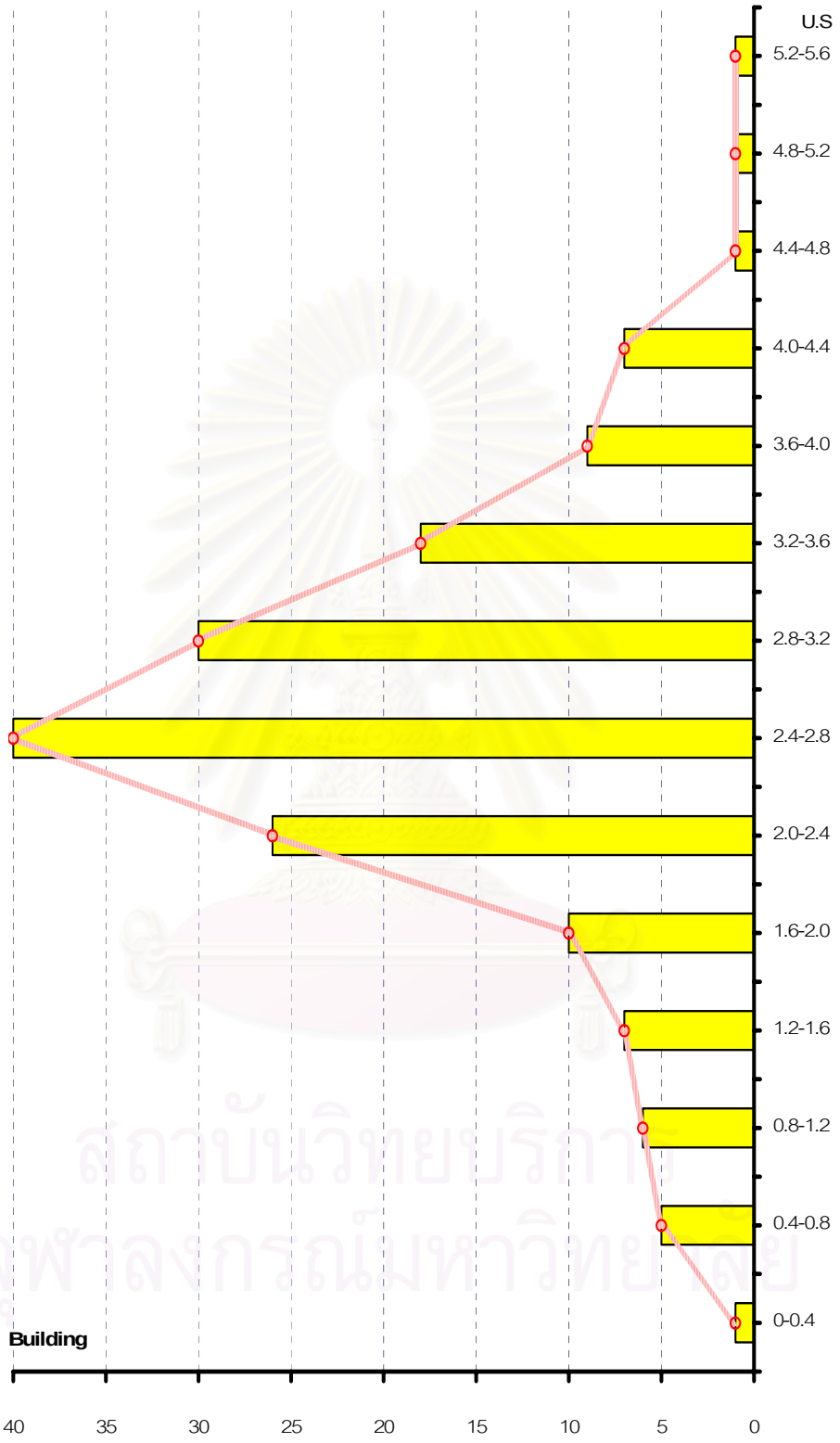
**4.2 การวิเคราะห์ดัชนีในเชิง ∑U.S**

ปัจจุบันวัสดุก่อสร้างของอาคารมีความหลากหลายมากขึ้น วัสดุก่อสร้างใหม่ส่วนใหญ่มักนำเทคโนโลยีการผลิตมาจากต่างประเทศ ตั้งแต่มีการใช้พระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงานเมื่อปี 2535 ผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารขนาดใหญ่ควบคุมมีการตื่นตัวที่จะใช้วัสดุที่มีค่าต้าน ทานความร้อนเข้าสู่อาคารเพิ่มขึ้น ดังนั้นลักษณะของ ∑U.S ที่นำมาพิจารณาจึงมีค่าต้านทานความร้อนรวม (U-Value) เฉลี่ยต่อพื้นที่เปลือกอาคารต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอยู่ที่ 2.63 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.84 ค่า Prob = 0.9978 ข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ ซึ่งหมายความว่า ดัชนีมาตรฐานของวัสดุอาคารมีการใช้วัสดุที่เป็นฉนวนมาประกอบอาคารมากขึ้นกว่าเดิมในอดีต ซึ่งมักมีการใช้ฉนวนบุใต้หลังคา เพื่อกันความร้อนอย่างน้อย 5 ซม. (2 นิ้ว) หรือมีการใช้อิฐมวลเบามาใช้ในการก่อสร้างแทน

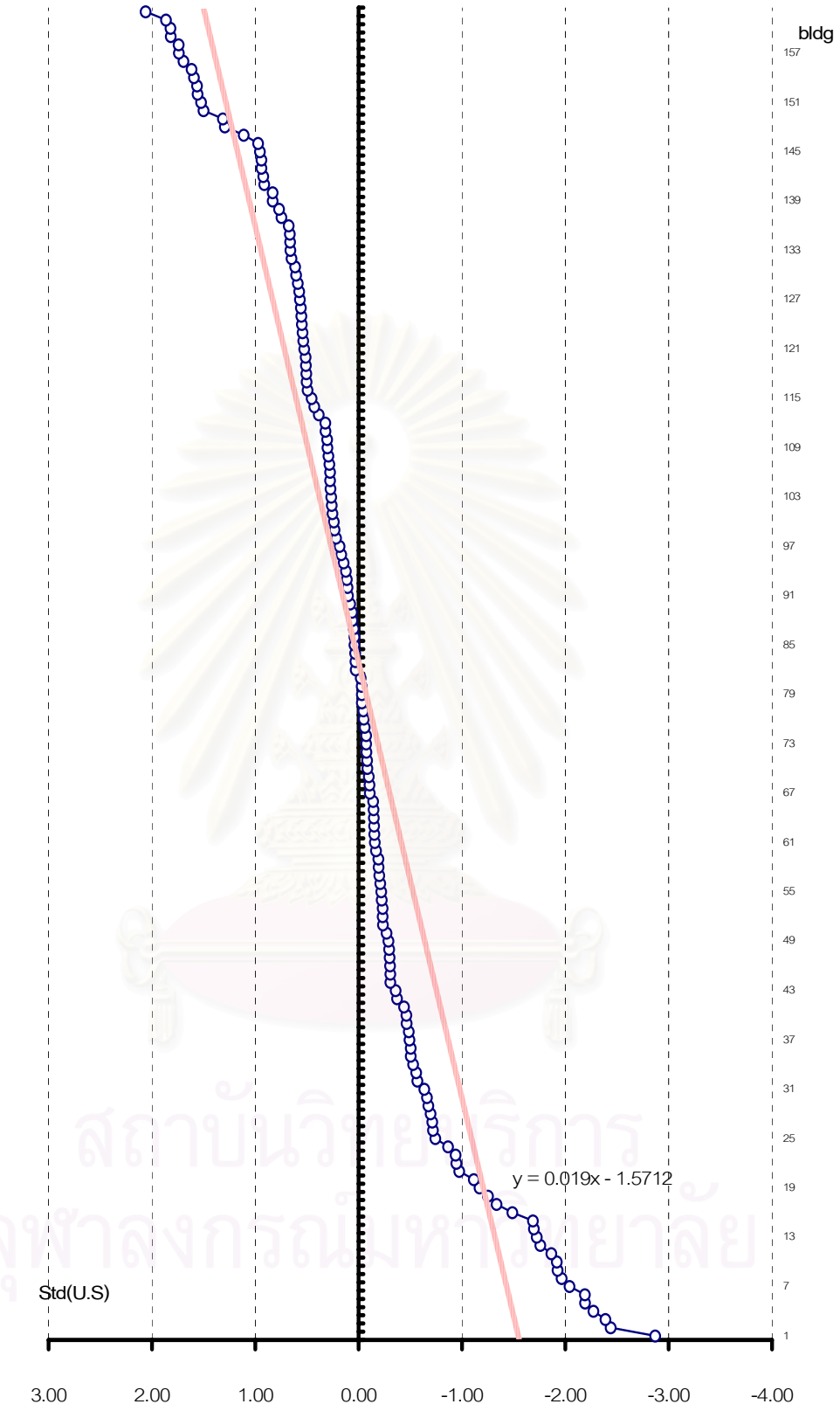
ความเข้าใจทั่วไปวัสดุที่มีลักษณะฉนวนจะมีราคาสูงกว่าวัสดุก่อสร้างทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการที่จะใช้อย่างแพร่หลาย แต่การไม่ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนจะเป็นการประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างอาคารแต่เพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ตลอดอายุการใช้งานของอาคาร

สำหรับอาคารที่อยู่ในกลุ่มที่มากกว่าค่าดัชนีมาตรฐานนั้น ถ้าเป็นอาคารที่ก่อสร้างแล้วต้องพิจารณาในการเปลี่ยนวัสดุฉนวนเข้าแทนวัสดุเดิม หรือนำวัสดุที่เป็นฉนวนไปประกอบวัสดุเดิม เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร ส่วนอาคารที่อยู่ในช่วงการออกแบบควรนำประเด็นนี้ไปพิจารณาพร้อม ๆ กับขั้นตอนในการออกแบบตั้งแต่ต้น เพื่อให้อาคารนั้นใช้พลังงานอย่างประหยัดเมื่อมีการก่อสร้างจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

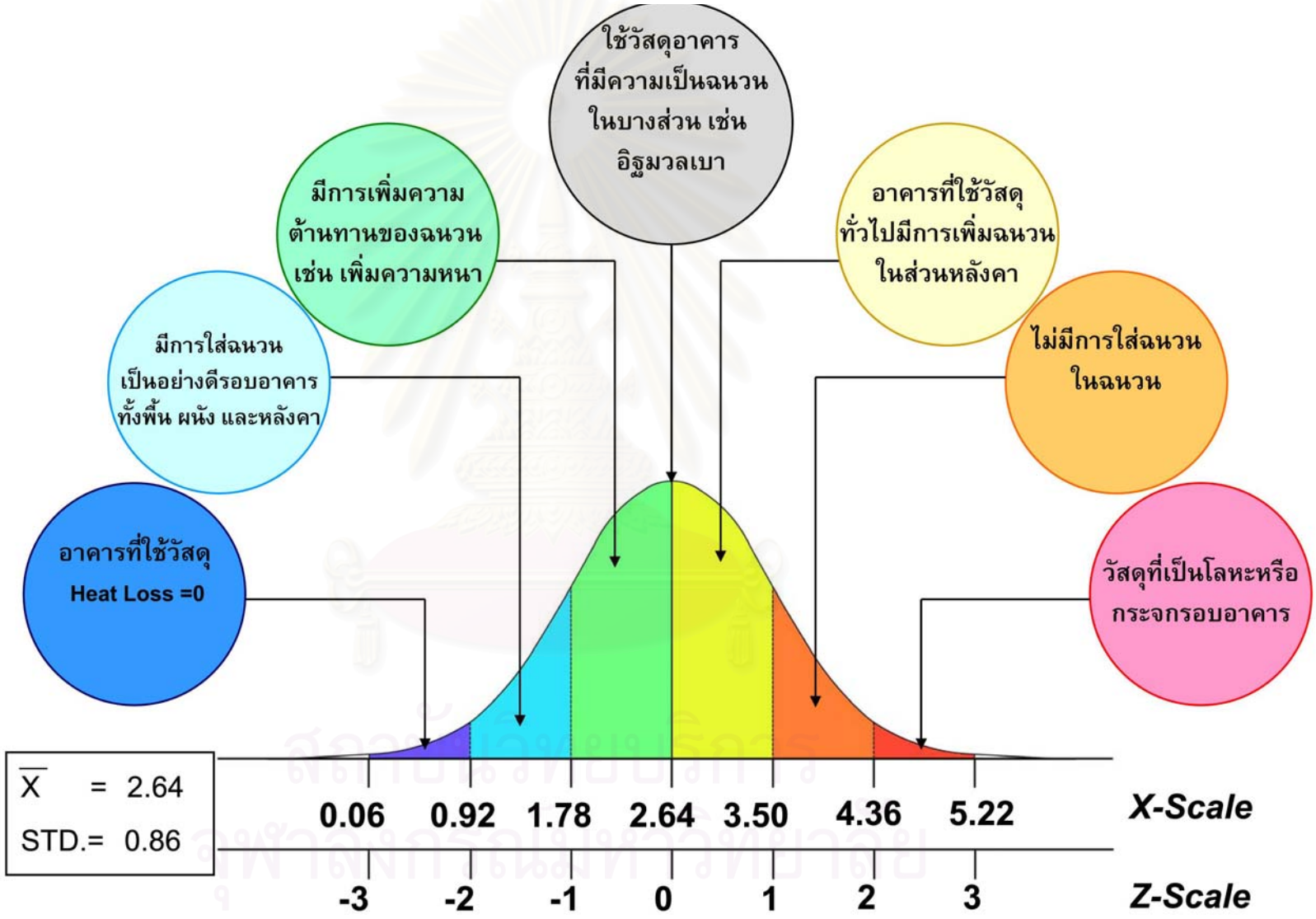



แผนภูมิ 4-5 แสดงค่าดัชนีตัวแปร ∑U.S ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution




แผนภูมิ 4-6 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ∑U.S

แผนภูมิ 4-7 Normal Distribution ของ ΣU.S

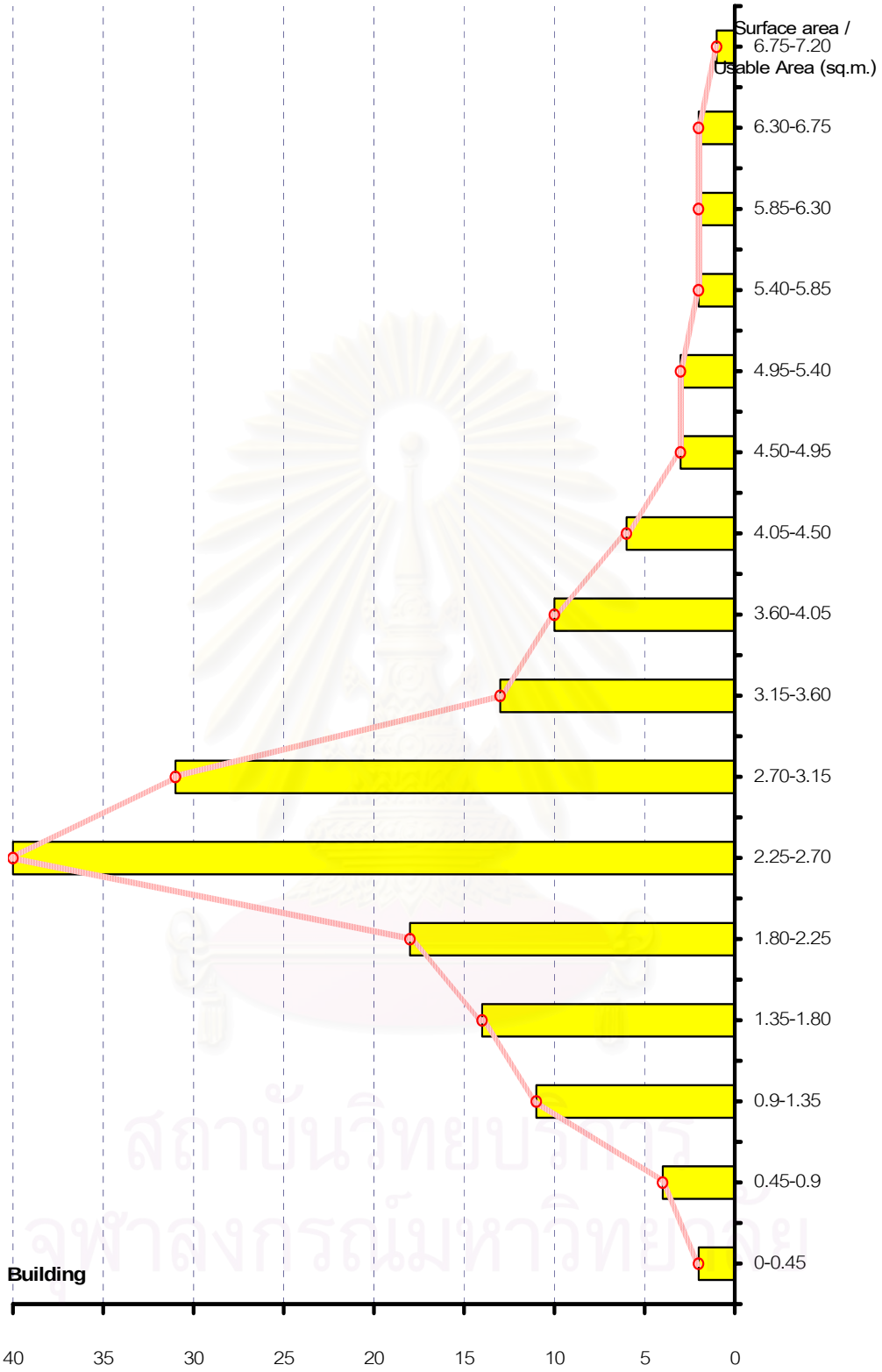


**4.3 การวิเคราะห์ดัชนีในเชิง** Surface / Usable Area (S/A)

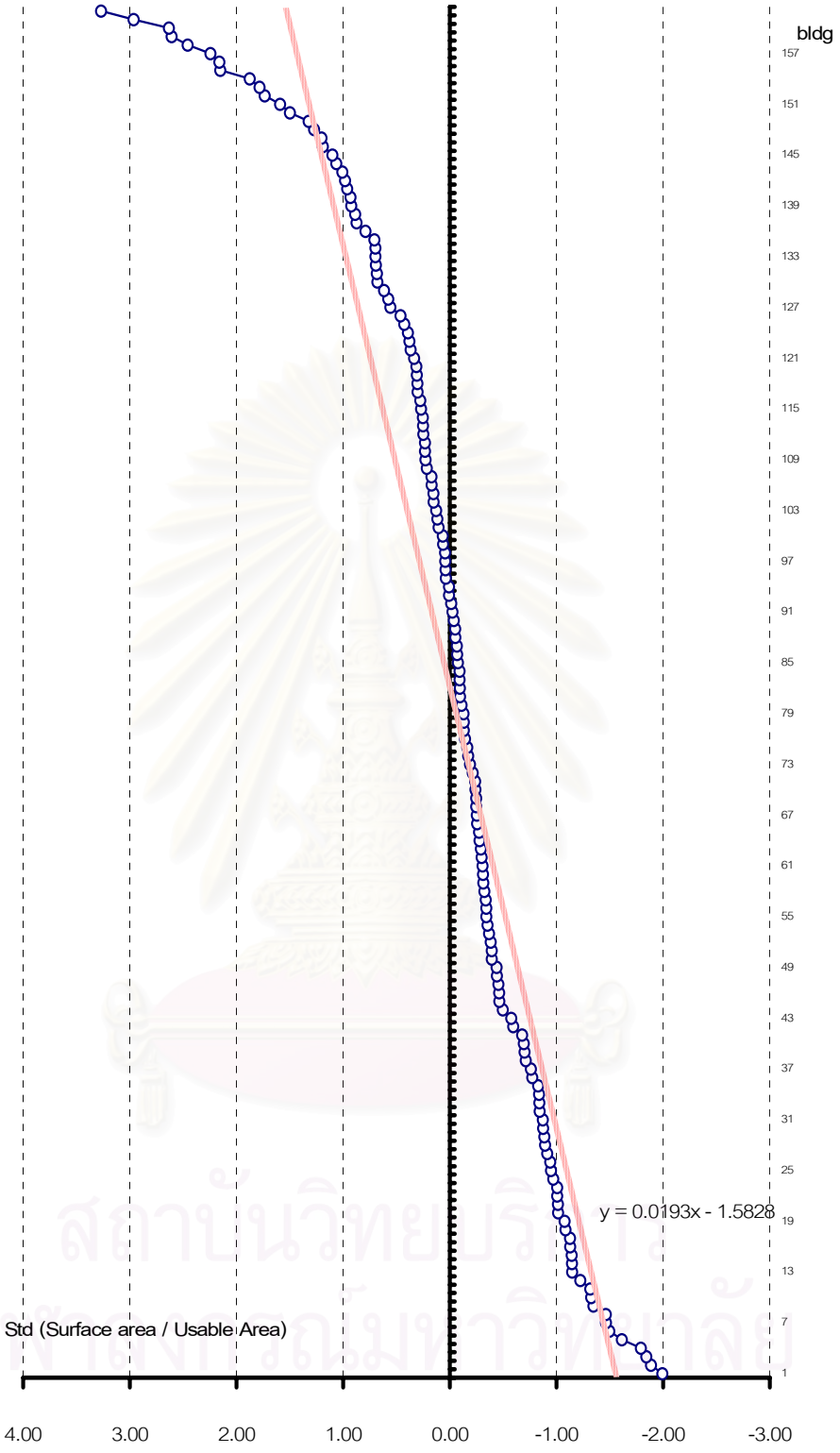
กรณีสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารอยู่ในความรับผิดชอบของผู้ออกแบบอาคารหรือสถาปนิก ซึ่งต้องมีความเข้าใจใหม่ว่าอาคารใด ๆ ที่มีพื้นที่เปลือกอาคารมากกว่าอาคารอื่น (โดยมีข้อกำหนดอื่นเหมือนกัน เช่น พื้นที่ใช้สอย) อาคารนั้นจะมีภาวะการทำความเย็นมากกว่าอาคารอื่น นอกจากนั้นการที่มีเปลือกมากขึ้น ย่อมหมายถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างย่อมสูงขึ้น ซึ่งถ้าแก้ไขโดยใช้วัสดุที่มีฉนวนตามข้อ 4.2 ถึงแม้จะแก้ปัญหาในการลดความร้อนสู่อาคารลง แต่กลับทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนวัสดุอาคารสูงขึ้นกว่าเดิมไปอีกเพื่อให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามแต่ยกตัวอย่างเช่น ถ้ากรณีที่อาคารนั้นมีดัชนีความแตกต่างอากาศ=0 อาคารนั้นเหมาะสำหรับการออกแบบโดยใช้ Natural Ventilation เพื่อให้อาคารเกิดภาวะน่าสบายอย่างเหมาะสม

จากข้อมูล Surface / Usable Area ของกลุ่มอาคารศึกษา จะพบว่ามีค่าดัชนีมาตรฐานอยู่ที่ 2.77 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.24 ลักษณะของโค้งจะเบ้ไปทางขวา (ด้าน +) นั่นหมายถึงอาคารที่ก่อสร้างในปัจจุบันมีสัดส่วน S/A มากกว่านั้น อาจหมายถึง ตัวอย่างอาคารที่นำมาศึกษานั้น 60% เป็นบ้านพักอาศัย ซึ่งเป็นอาคารขนาดเล็ก จึงมีสัดส่วน S/A มากกว่าอาคารที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นอาคารขนาดเล็กควรจำเป็นอย่างยิ่งที่จะพิจารณาถึงวัสดุฉนวนสำหรับการทำเปลือกอาคารโดยรอบเพื่อลดภาระการทำความเย็นลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

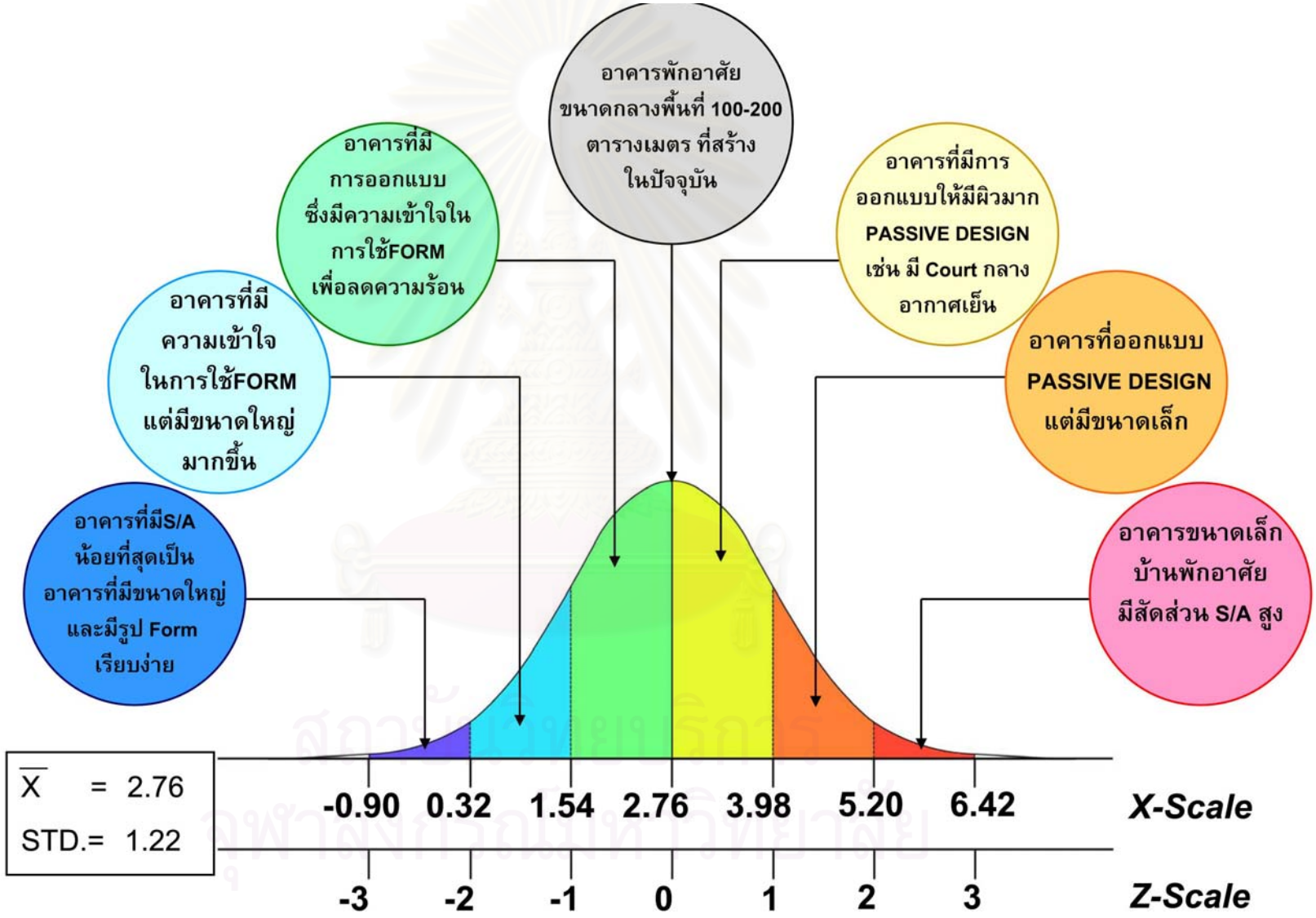



แผนภูมิ 4-8 แสดงค่าดัชนีตัวแปร S/A ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution




แผนภูมิ 4-9 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ S/A

แผนภูมิที่ 4-10 Normal Distribution ของ S/A



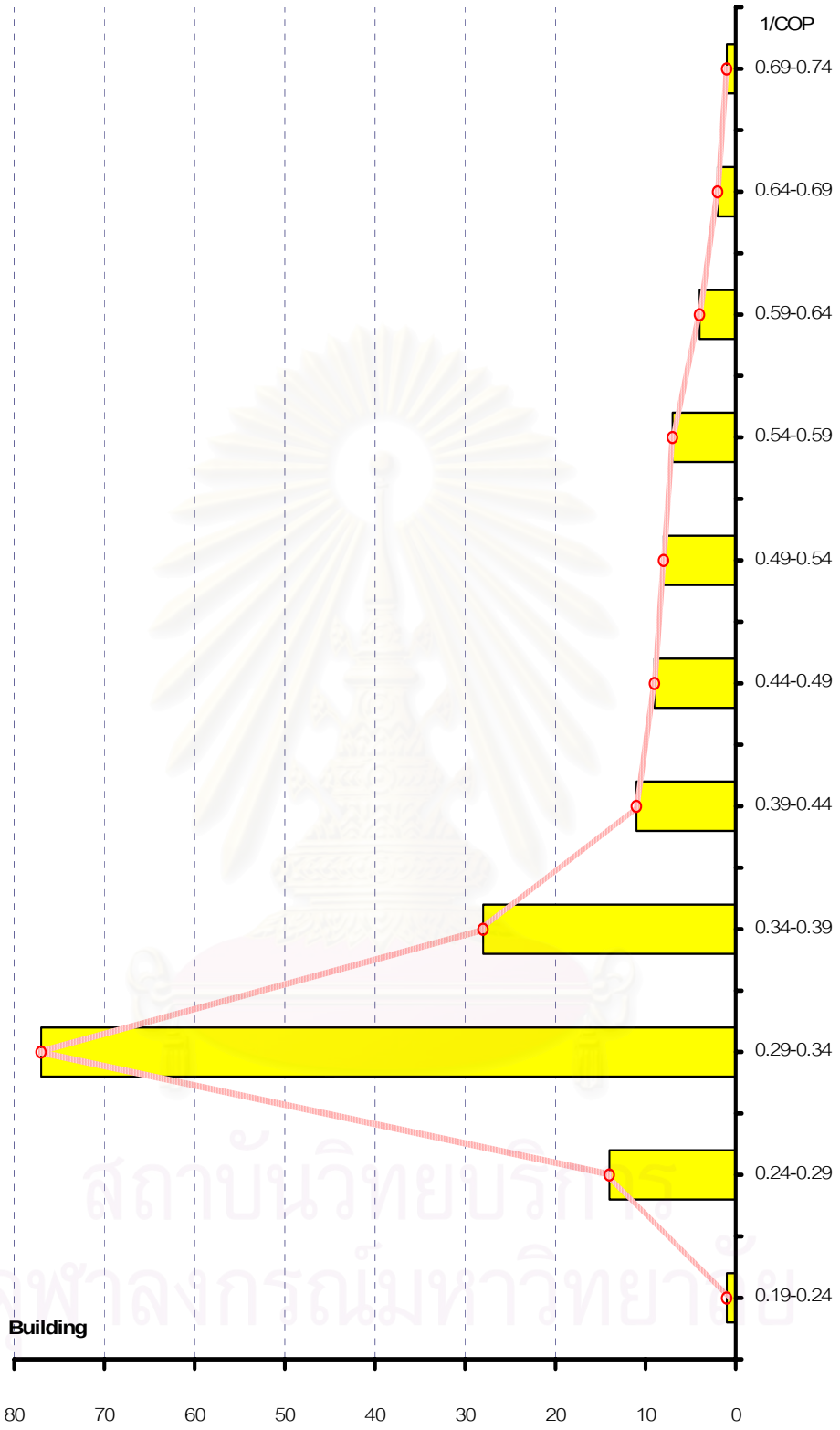
### 4.4 การวิเคราะห์ดัชนี ในเชิง 1/COP

ในส่วนดัชนีวัดประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศนั้น ตามระเบียบวิธีวิจัยได้กำหนดให้ใช้เครื่องปรับอากาศที่ในปัจจุบันมีการใช้ค่าตามข้อกำหนดหลักเกณฑ์การใช้พลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (Unitary Air-conditions) ตามตารางดังนี้

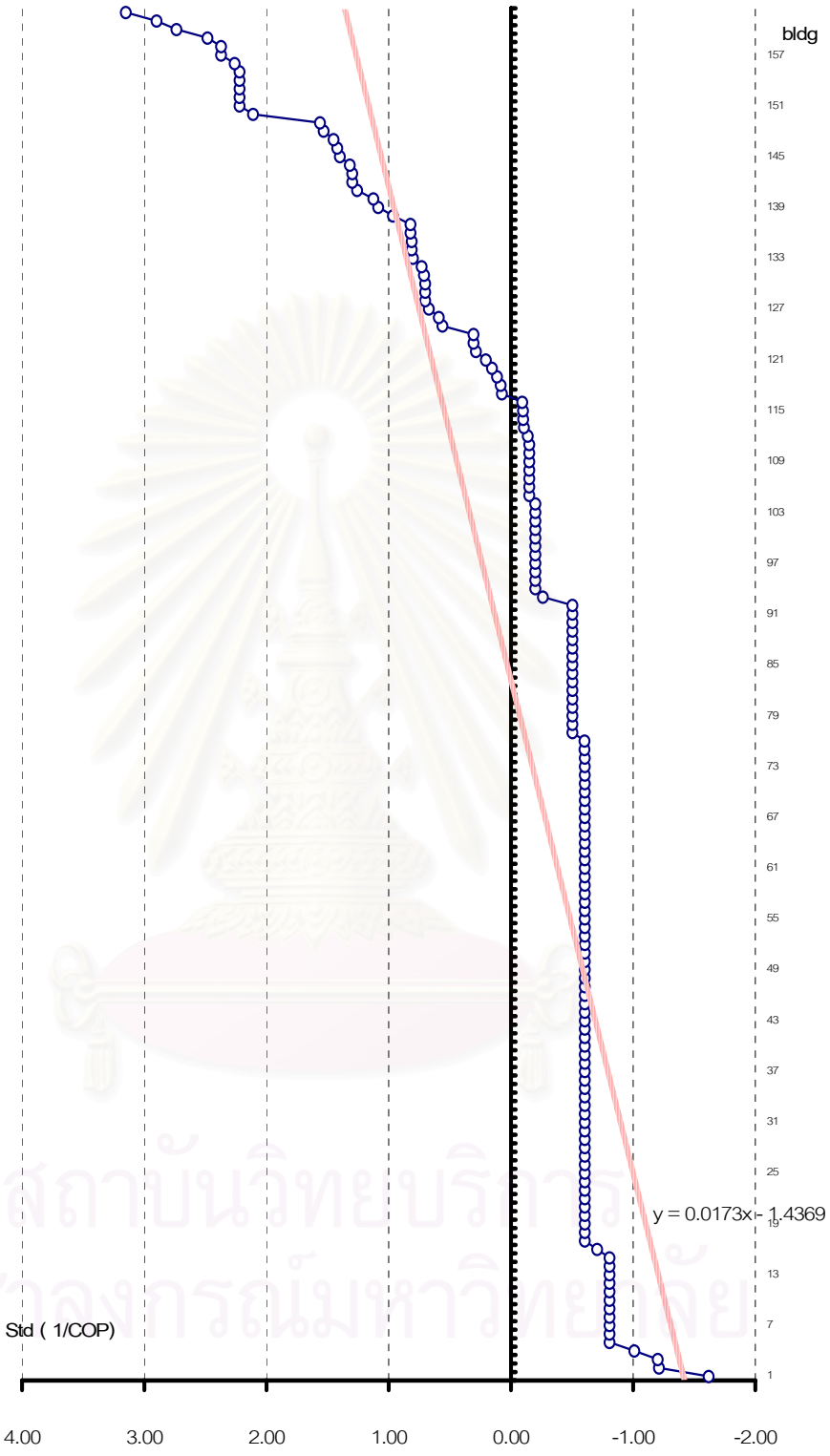
ตาราง 4-5 แสดงข้อกำหนดหลักเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

| ชนิด | COP | EER |
|---|---|---|
| 1. เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก | | |
| 1.1 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (11,940 BTU/hr) | 2.82 | 9.62 |
| 1.2 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (11,940 – 60,000 BTU/hr) | 2.82 | 9.62 |
| 1.3 ระบายความร้อนด้วยอากาศ ( > 60,000 BTU/hr) | 2.56 | 8.74 |
| 1.4 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (ทุกขนาด) | 3.99 | 13.62 |
| 2. เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ | | |
| 2.1 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด < 1,200,000 BTU/hr | 2.70 | 9.21 |
| 2.2 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด > 1,200,000 BTU/hr | 2.93 | 9.99 |
| 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด < 1,800,000 BTU/hr | 3.91 | 13.34 |
| 2.4 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ 1,800,000 – 2,400,000 BTU/hr | 4.69 | 16.00 |
| 2.5 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ 2,400,000 – 3,000,000 BTU/hr | 5.25 | 17.913 |
| 2.6 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ 3,000,000 – 6,000,000 BTU/hr | 5.40 | 18.43 |
| 2.7 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ > 6,000,000 BTU/hr | 5.67 | 19.35 |
| 2.8 ส่วนอื่น ๆ ของระบบปรับอากาศ | 7.03 | 23.99 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

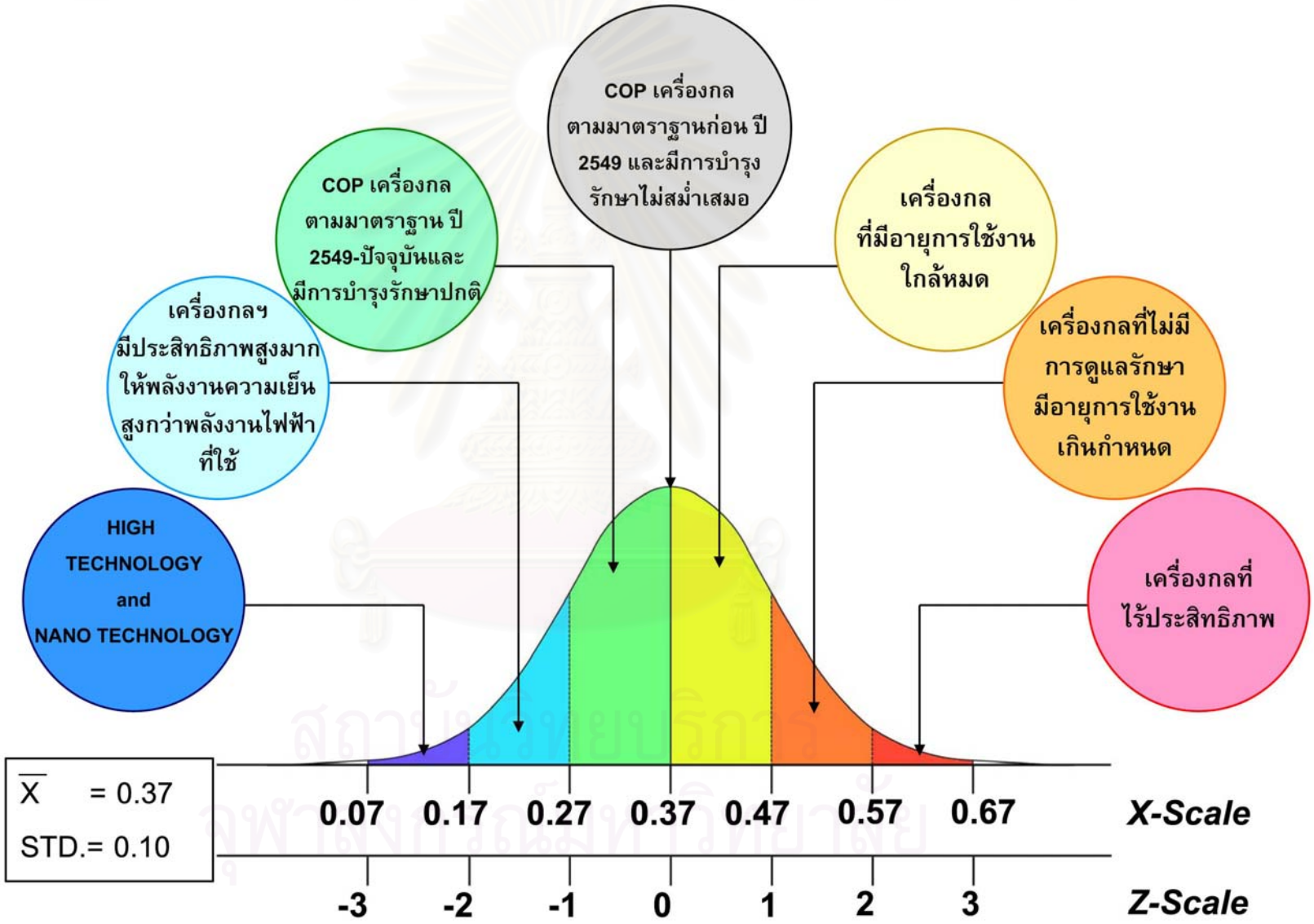



แผนภูมิ 4-11 แสดงค่าดัชนีตัวแปร 1/COP ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution




แผนภูมิ 4-12 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ 1/COP

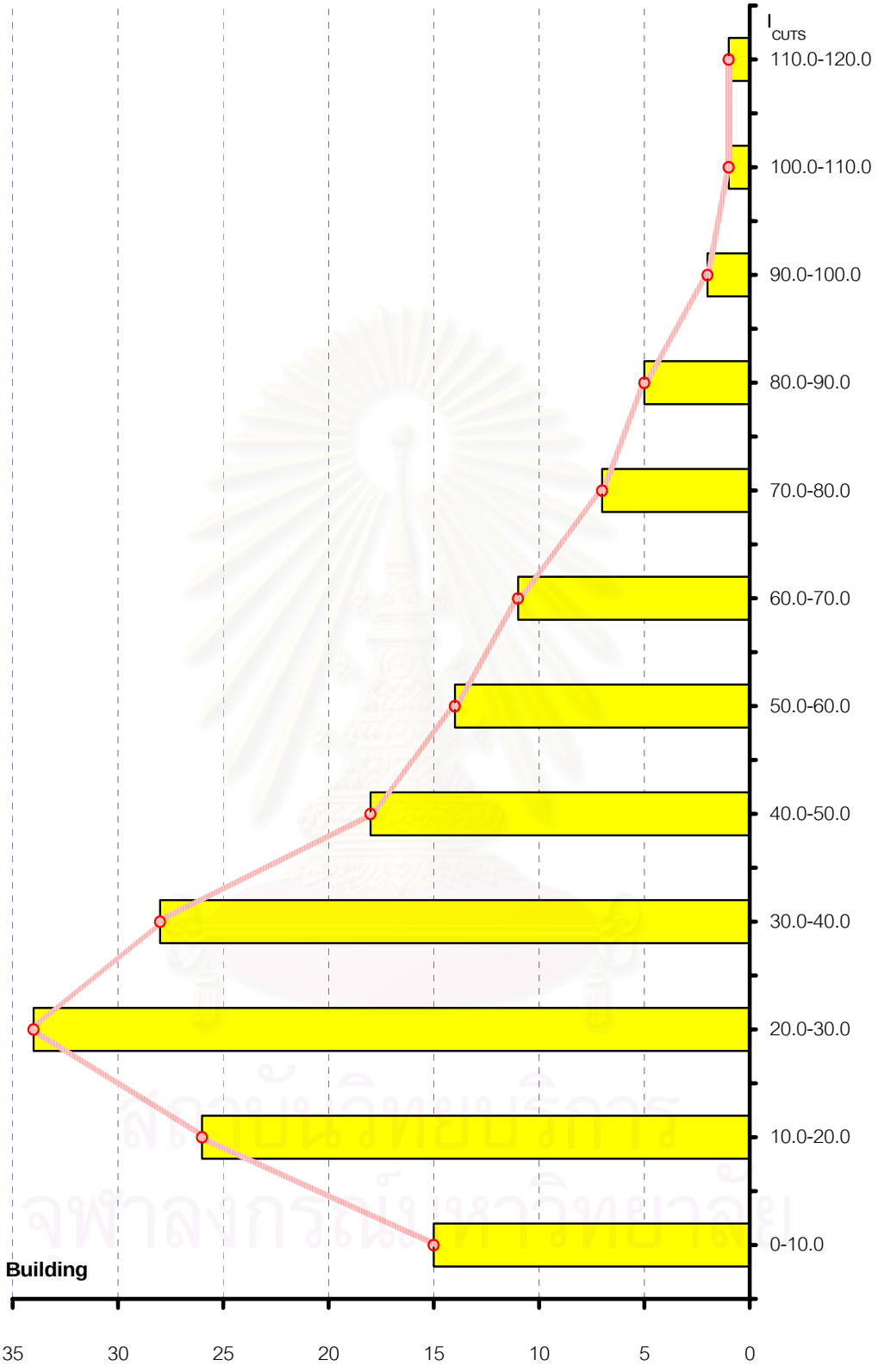
แผนภูมิ 4-13 Normal Distribution ของ 1/COP



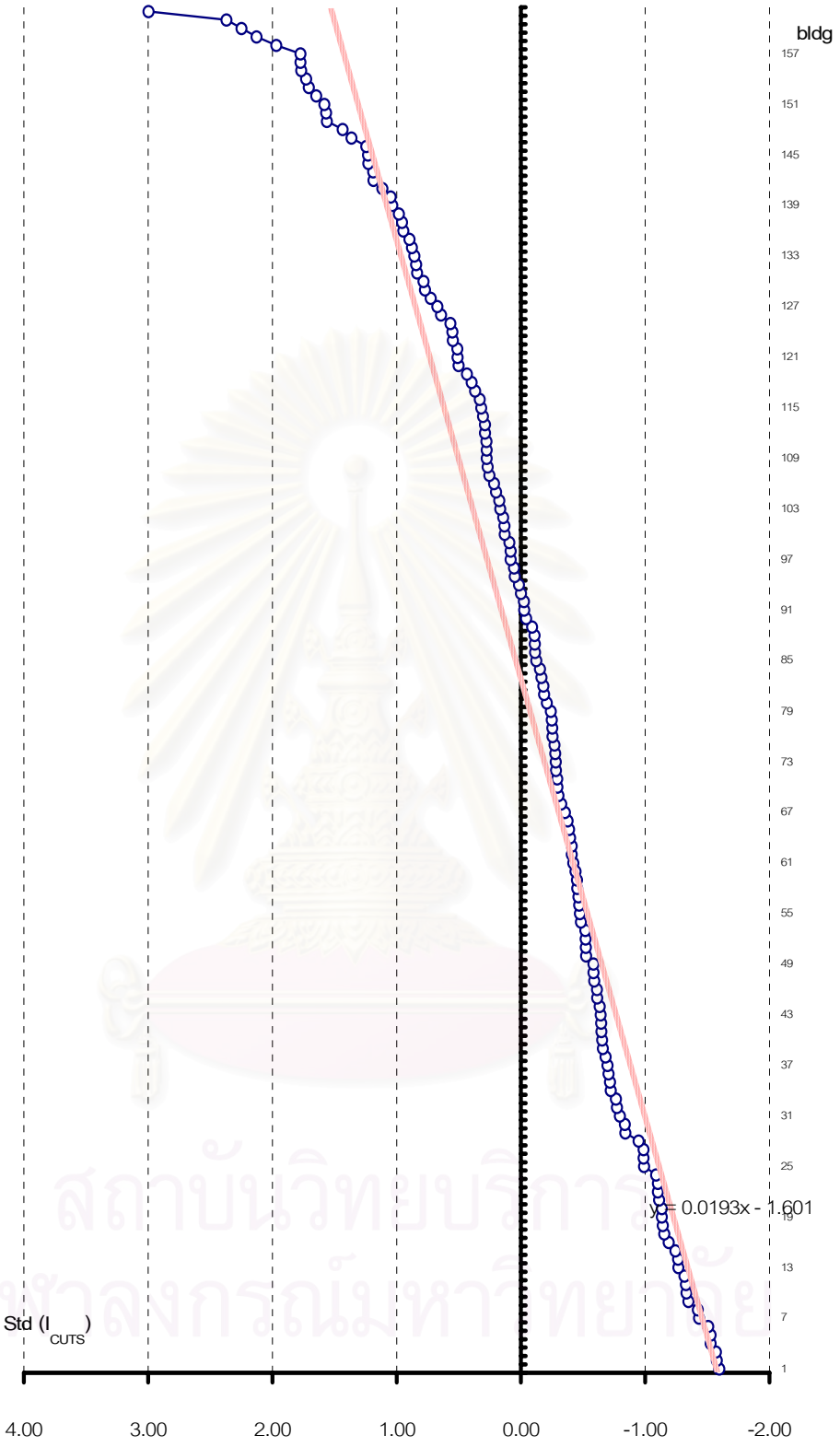
**4.5 การวิเคราะห์สัดส่วนดัชนีวัดประสิทธิภาพอาคาร**

จากดัชนีตัวแปรเชิงเดี่ยวทั้ง 4 ดัชนี นำมาหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะได้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานในอาคาร จากข้อมูลของกลุ่มอาคารศึกษาจะได้ค่าดัชนีมาตรฐาน (Benchmark Index) ที่ 36.32 จะพบว่า อาคารทั้งหมดประมาณร้อยละ 60 จะอยู่ในชั้นผ่านเกณฑ์ชี้วัด การกระจายตัวของกราฟจะเบ้ไปทางขวา นั่นหมายถึง อาคารส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์dการใช้พลังงานมากกว่าดัชนี โดยมีค่า Prob = 0.9373 และมีอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานอย่างแท้จริงในชั้นดีค่อนข้างน้อยนั่นหมายความว่า อาจเป็นเพราะปัจจัยทั้ง4 ดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยวแต่ละดัชนี ดังนั้น ดัชนีนี้จึงเป็นตัวแทนบ่งบอกลักษณะของสถาปัตยกรรมที่สร้างอยู่ในปัจจุบันซึ่งออกเป็นเป็นในลักษณะใช้ระบบธรรมชาติเพื่อความเย็นสบายแต่เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมปัจจุบันไม่อำนวยต่อภาวะน่าสบายของควรที่ได้รับการพัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงานในขั้นต่อไป

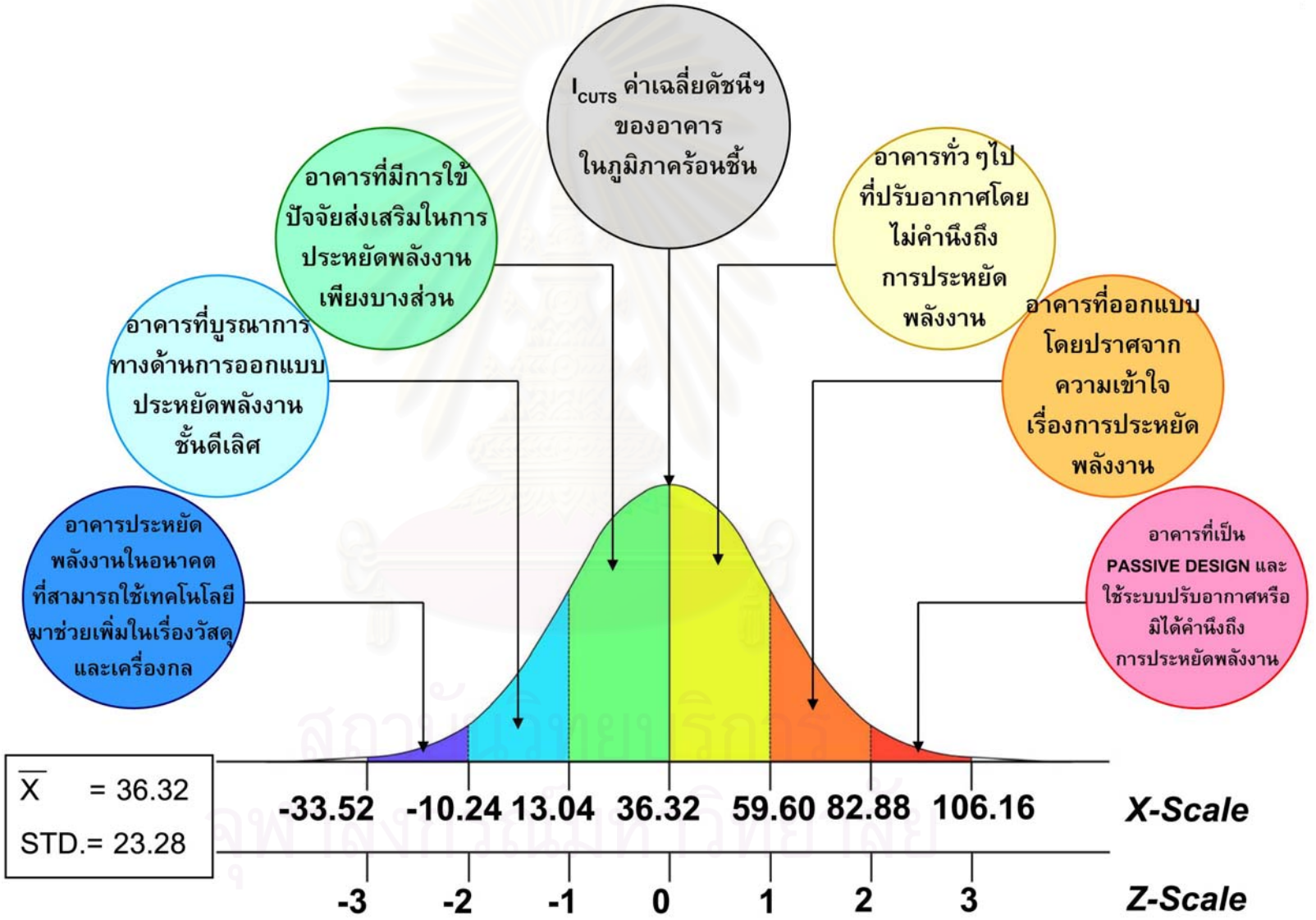
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




แผนภูมิ 4-14 แสดงค่าดัชนีตัวแปร $I_{CUTS}$ ของอาคาร โดยวิธี Normal Distribution




แผนภูมิ 4-15 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $I_{CUTS}$




แผนภูมิ 4-16 Normal Distribution ของ $I_{CUTS}$

# บทที่ 5
# การทดสอบการประเมินค่าดัชนี

เมื่อได้ทำการศึกษาตัวแปร กำหนดค่าน้ำหนักและค่าระดับของตัวแปรต่างๆ ในบทก่อนหน้านี้มาแล้ว ขั้นตอนที่ทำการศึกษาในบทนี้เป็นการประมวลข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อสร้างเป็นดัชนีสำหรับใช้ในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคาร โดย

## 5.1 การสร้างเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีอาคาร

ในการวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นหาความเหมาะสมของการหาค่าดัชนี ที่สามารถนำมาประเมินค่าได้โดยมีมาตรฐานตามระเบียบวิธี ที่อยู่ในปรากฏการณ์เดียวกันนำมาสนับสนุนดัชนีตัวแปรเชิงเดี่ยวให้ข้อมูลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยจากการวัดและการคำนวณ (Locke, 1690) จึงแบ่งหลักการคุณสมบัติของตัวแปรที่นำมาประเมินเป็นสองประการคือ

- มีคุณสมบัติปฐม เป็นสิ่งที่มองเห็นชัดเจนได้แก่ การวัด ขนาด จำนวน คำนวณพื้นที่ของวัสดุ ของตัวแปร S/A และเฉพาะพื้นที่เปลือกอาคารของ ΣU * S ซึ่งสามารถหาได้จากอาคารจริงและแบบก่อสร้าง รวมมาแสดงเป็นความสัมพันธ์เชิงปริมาณทางคณิตศาสตร์

- คุณสมบัติทุติยะ เป็นสิ่งที่มีอยู่เป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ เช่น อุณหภูมิ ของ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งต้องใช้เครื่องมือวัดระบุค่าซึ่งจะเหมาะสมกับผู้ที่เชี่ยวชาญและมีเครื่องมือพร้อม แต่สำหรับการระบุค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสำหรับบุคคลทั่วไปจะใช้วิธีสังกัป (Concept) เป็นภาพที่ทุกคนเข้าใจร่วมกันหา สหอัตตะวิสัย (Inter Subjectivity) คือสิ่งที่ทุกคนเห็นร่วมกันว่าใช้ได้อย่างมีเหตุและผล(Reason-Rational) เพื่อระบุค่าอุณหภูมิออกมาเช่นเดียวกันกับ ตัวแปร 1/COP ที่สามารถใช้เครื่องวัดปริมาณไฟฟ้าวัดเข้า กับปริมาณลมที่ออกมาจะได้ค่าที่แน่นอน หรือ ระบุค่าจากฉลากประหยัดเครื่องไฟฟ้า และความเก่าของเครื่องปรับอากาศนั้น

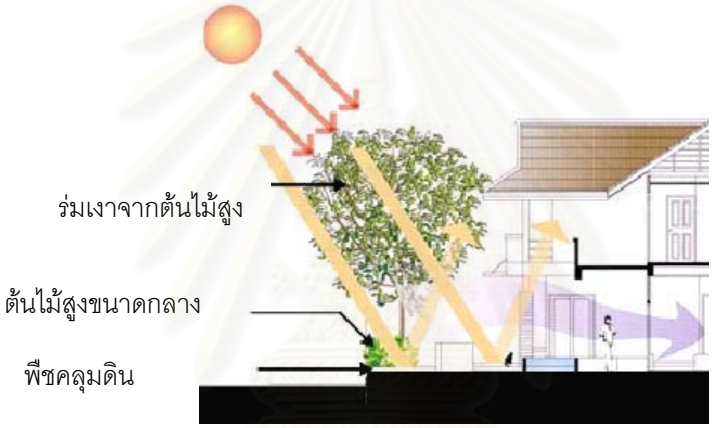
โดยรายละเอียดจะกล่าวเพิ่มเติมในแต่ละหัวข้อย่อยต่อไป ส่วนแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้มีวิธีการใช้งานโดยให้ผู้ประเมินนำข้อมูลที่เกี่ยวกับของอาคารหลังที่ต้องการประเมิน ได้แก่ ผังพื้น รูปด้าน รูปตัด และรายการแสดงวัสดุก่อสร้างโดยสังเขปของอาคารมาใช้ประกอบการประเมิน โดยผู้ประเมินจะต้องพิจารณาตัวเลือกที่ให้ไว้แต่ละตอน ถ้าตัวเลือกใดตรงกับความเป็นจริงหรือใกล้เคียงที่สุด ให้กาเครื่องหมาย ☑ ลงหน้าข้อความนั้นเพียงข้อเดียว จากนั้นให้นำตัวเลขแสดงระดับที่อยู่ตรงกับข้อเลือกนั้นเติมลงในช่องว่างสี่เหลี่ยมต่อจากคำว่าระดับคะแนนที่ได้ในแต่ละตอนของดัชนีเชิงเดี่ยว สุดท้ายเป็นการนำตัวเลขของแต่ละดัชนีเชิงเดี่ยวมาสร้างความสัมพันธ์กันได้เป็นคะแนนที่ได้ของดัชนีเชิงประกอบที่ได้คาดการณ์ไว้ นำผลที่ได้ไปประเมินกับค่าดัชนี

มาตรฐาน (Benchmark Index) เพื่อเทียบเคียงผลที่ได้มานั้นตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้จัดทำเป็นสองแบบดังนี้

5.1.1 สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป โดยสามารถนำไปเป็นดัชนีประเมินอาคารได้จริงโดยแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

5.1.1.1 ดัชนีด้านความแตกต่างอุณหภูมิ (Site Temperature Index; $I_t$ )

พิจารณาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร โดยภายในอาคารปรับอากาศกำหนดอุณหภูมิน่าสบายไว้ที่ 25 °C ส่วนภายนอกอาคารนั้นให้ผู้ประเมินสังเกตจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารนั้นว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรโดยสังเกตจากร่มเงาข้างเคียงของอาคารประเมินร่มเงาจากต้นไม้สูง




ภาพ 5-1 ลักษณะปัจจัยร่มเงาของภูมิสถาปัตยกรรมที่มีผลต่ออาคาร

ร่มเงาจากต้นไม้สูง (Tree Shading) โดยพิจารณาจากต้นไม้ยืนต้นรอบอาคารโดยพิจารณาด้านรูปทรง ความหนาแน่นของพุ่มใบ ขนาดและความสูง รวมไปถึงระยะห่างจากอาคารในที่นี้จะพิจารณาต้นไม้สูงที่อยู่ห่างจากอาคารเป็นระยะห่างไม่น้อยกว่าความสูงของต้นไม้นั้น เนื่องจากว่ารูปแบบร่มเงาของต้นไม้เกิดขึ้นในช่วงเช้าและบ่ายมีลักษณะสมมาตรซึ่งกันและกันตามแนวแกนทิศเหนือ-ใต้ ความยาวสูงสุดของร่มเงาประมาณ 2 ถึง 3 เท่าของความสูงต้นไม้ และลักษณะพุ่มและขนาดใบมีผลต่อการกรองแสงอาทิตย์ลงสู่พื้นและอาคารด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้พื้นผิวของกรอบอาคารมีอุณหภูมิลดลง

ต้นไม้ยืนต้นทรงสูงขนาดกลาง (ความสูง10-25 เมตร)

- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบขนาดใหญ่หรือหนาแน่นมาก เช่น ไทร มะม่วง จามจุรี แสงจันทร์
- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบขนาดกลางหรือหนาแน่นปานกลาง เช่น ราชพฤกษ์ ชมพูพันทิพย์
- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบขนาดเล็กหรือหนาแน่นน้อย เช่น หางนกยูง สุพรรณิการ์ พี้จั่น

ต้นไม้สูงพุ่มใบหนาแน่นมาก

ต้นไม้สูงพุ่มใบหนาแน่นปานกลาง

ต้นไม้สูงพุ่มใบหนาแน่นน้อย

ภาพ 5-2 ลักษณะต้นไม้ทรงสูงและพุ่มใบหนาแน่นมาก ปานกลาง และน้อย (ที่มา; www.panmai.com)

ต้นไม้ทรงสูงขนาดกลาง (ความสูง 2-3 เมตร)

- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบหนาแน่นมาก เช่น แก้ว  พุดซ้อน ประยงค์
- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบหนาแน่นปานกลาง เช่น โมกพวง ชบา กล้วย
- ต้นไม้ที่มีพุ่ม ใบหนาแน่นน้อย เช่น ยี่โถ ยี่เข่ง ทับทิม

ต้นไม้สูงขนาดกลาง พุ่มใบหนาแน่นมาก

ภาพ 5-3  ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นมาก, ต้นแก้ว (ที่มา : http://www.seub.or.th/libraryindex/forest/forest_029.html)

ต้นไม้สูงขนาดกลาง พุ่มใบหนาแน่นปานกลาง

ภาพ 5-4  ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นปานกลาง,ต้นโมกพวง (ที่มา; www.panmai.com)

ต้นไม้สูงขนาดกลาง
พุ่มใบหนาแน่นน้อย

ภาพ 5-5 ลักษณะต้นไม้ทรงสูงขนาดกลางและพุ่มใบหนาแน่นน้อย,ต้นยี่เข่ง (ที่มา; www.panmai.com)

-ร่มเงาจากอาคาร (Building Shading) ซึ่งรวมไปถึงสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ด้วย เช่น ป้ายโฆษณา ทางด่วนลอยฟ้า สามารถก่อให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกดีขึ้น ตามภาพ 5-6 แต่ร่มเงาจากต้นไม้มีปัจจัยจากการคายน้ำเอื้อให้เกิดสภาวะน่าสบายได้มากกว่า

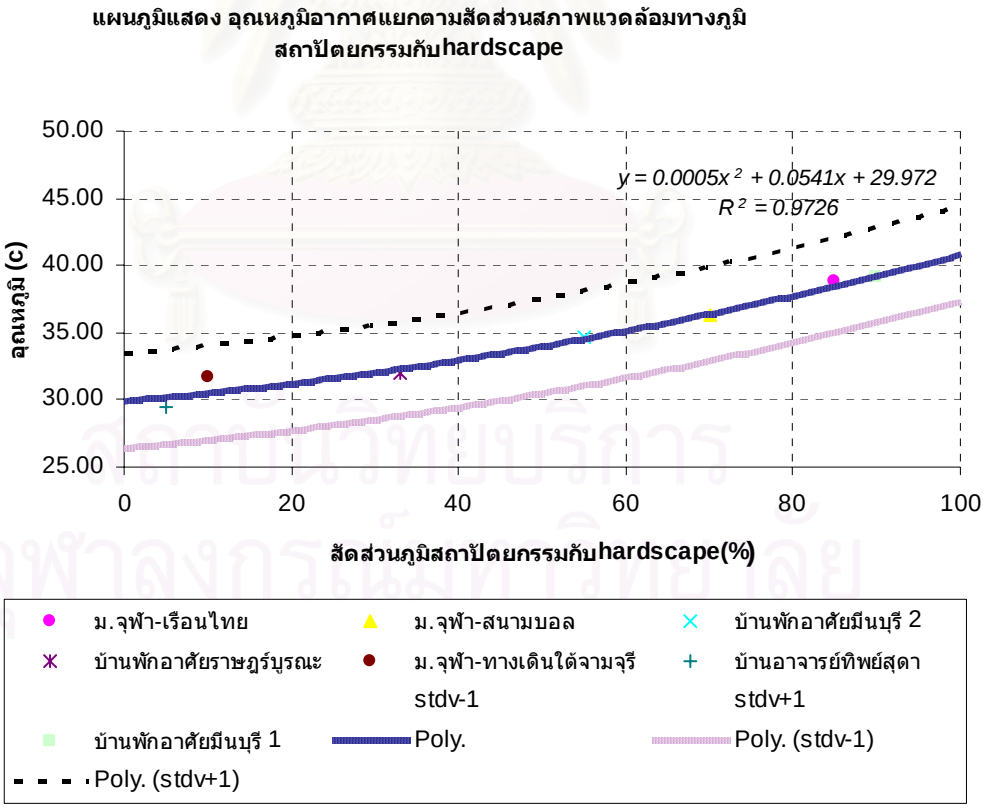
ภาพ 5-6 แสดงลักษณะร่มเงาจากอาคารข้างเคียง

5.1.1.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิสถาปัตยกรรมอื่น ๆ

สภาพแวดล้อมทางภูมิสถาปัตยกรรมรอบอาคารมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร กล่าวคือ หากอาคารมีสภาพแวดล้อมที่ดี จะช่วยให้อุณหภูมิภายนอกอาคารลดน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในอาคารและภายนอกอาคารลดต่ำลงด้วย สภาพแวดล้อมทางภูมิสถาปัตยกรรมประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วน Hardscape (คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น และอื่นๆที่มนุษย์สร้างขึ้น) และส่วน

Softscape (หญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน และอื่นๆที่เป็นธรรมชาติ) ดังนั้นจึงสามารถแบ่งสภาพแวดล้อมทางภูมิสถาปัตยกรรมโดยอาศัยสัดส่วนของทั้ง 2 องค์ประกอบได้ดังนี้

- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น น้อยกว่า 10% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน มากกว่า 90%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น 10% - 30% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน 90% - 70%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น 30% - 50% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน 70% - 50%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น 50% - 70% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน 50% - 30%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น 70% - 90% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน 30% - 10%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น มากกว่า 90% และมีหญ้า พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม สระน้ำ เนินดิน น้อยกว่า 10%
- คอนกรีต ยางมะตอยแอสฟัลต์ กระเบื้องดินเผา หินแผ่น 100%




แผนภูมิ 5-1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิกับลักษณะของภูมิสถาปัตยกรรมรอบอาคารที่ได้จากการวัด

ตาราง 5-1 แสดงข้อมูลของอาคารแยกตามสัดส่วนของพื้นที่ร้อยละของภูมิสถาปัตยกรรม

| | | |
|---|---|---|
| mean | 34.36 | 43.50 |
| stdv | 3.49 | 36.50 |
| | temp( °C ) | percentage of landscape area |
| บ้านพักอาศัยเขตมีนบุรี 1 | 39.10 | 90 |
| ม.จุฬา-เรือนไทย | 38.80 | 85 |
| ม.จุฬา-สนามหญ้าหน้าหอประชุม | 36.30 | 70 |
| บ้านพักอาศัยเขตมีนบุรี 2 | 34.70 | 55 |
| บ้านพักอาศัยเขตราษฎร์บูรณะ | 32.00 | 33 |
| ม.จุฬา-ทางเดินใต้จามจุรี | 31.70 | 10 |
| บ้านพักอาศัยเขตสำโรง | 29.40 | 5 |
| แม่น้ำเจ้าพระยา | 32.90 | 0 |

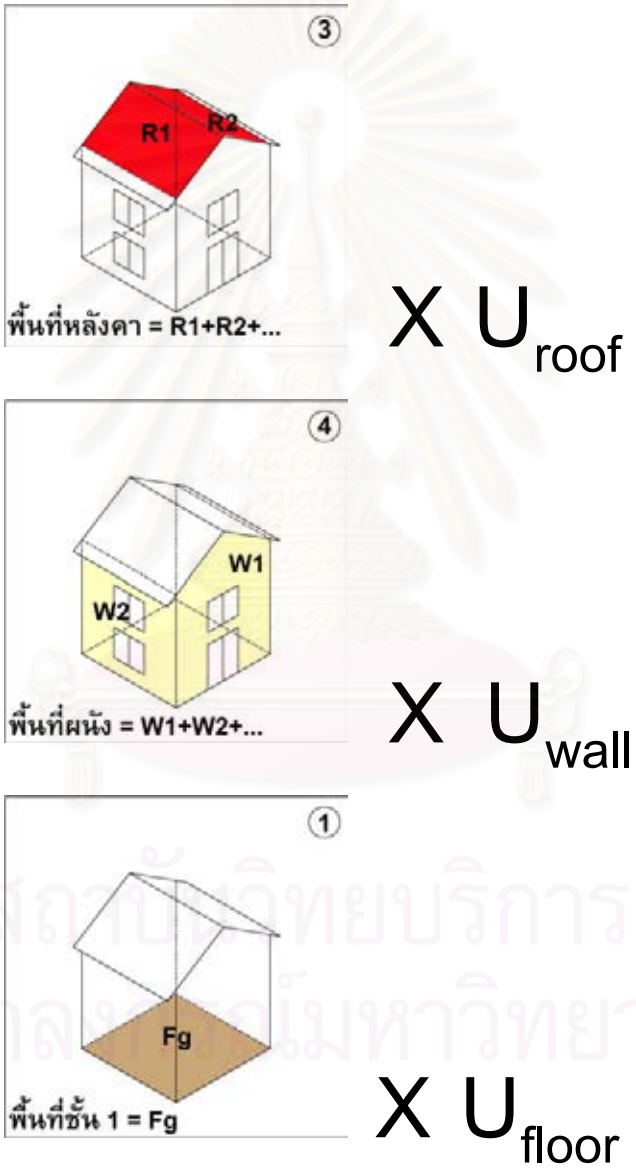
โดยแต่ละหมวดนั้นให้บันทึกตามสภาพของอาคารที่เป็นจริง และนำผลการสังเกตมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ได้ตามตาราง 5-1 โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่34.36°C และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 3.49°C มีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9726 แสดงว่ามีนัยยะสำคัญสัมพันธ์กันในชุดข้อมูลจึงนำไปแจกแจงตามตาราง 5-2 สรุปที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในส่วนของแบบสอบถามและการคำนวณค่าดัชนี $I_T$ ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 5-2 แสดงข้อมูลของการให้คะแนนเพื่อประเมินดัชนีความแตกต่างอุณหภูมิ

| ประเภท | อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (°c) | ความแตกต่างอุณหภูมิ (°c) |
|---|---|---|
| 1 | 29 | 4 |
| 2 | 31 | 6 |
| 3 | 33 | 8 |
| 4 | 35 | 10 |
| 5 | 37 | 12 |
| 6 | 39 | 14 |
| 7 | 41 | 16 |

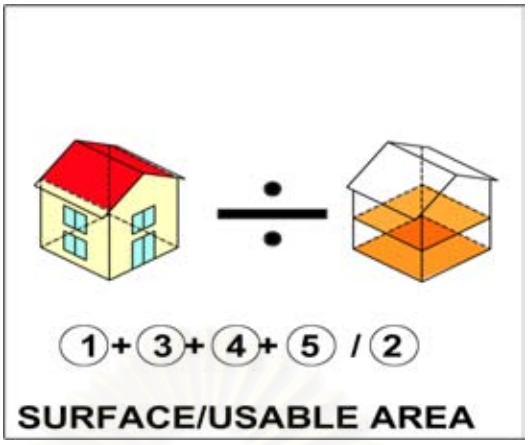
5.1.1.2 ดัชนีด้านความต้านทานความร้อนเฉลี่ยของอาคาร ($\Sigma U \cdot S; I_u$)

คำนวณหา U-value เฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคารที่ปรับอากาศทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตร โดยค่า ΣU-value สามารถดูได้จากตารางมาตรฐานของผนัง กระจก พื้นและหลังคา แนบท้ายจากภาคผนวก ข. ที่ผู้วิจัยได้คำนวณไว้แล้ว หรือถ้าเป็นเปลือกอาคารโดยใช้วัสดุประเภทอื่นนอกเหนือจากภาคผนวก ข.ให้ใช้จากการคำนวณหาค่าจริงของ U-value ของวัสดุตามมาตรฐานจาก ASHRAE ในภาคผนวก ก.



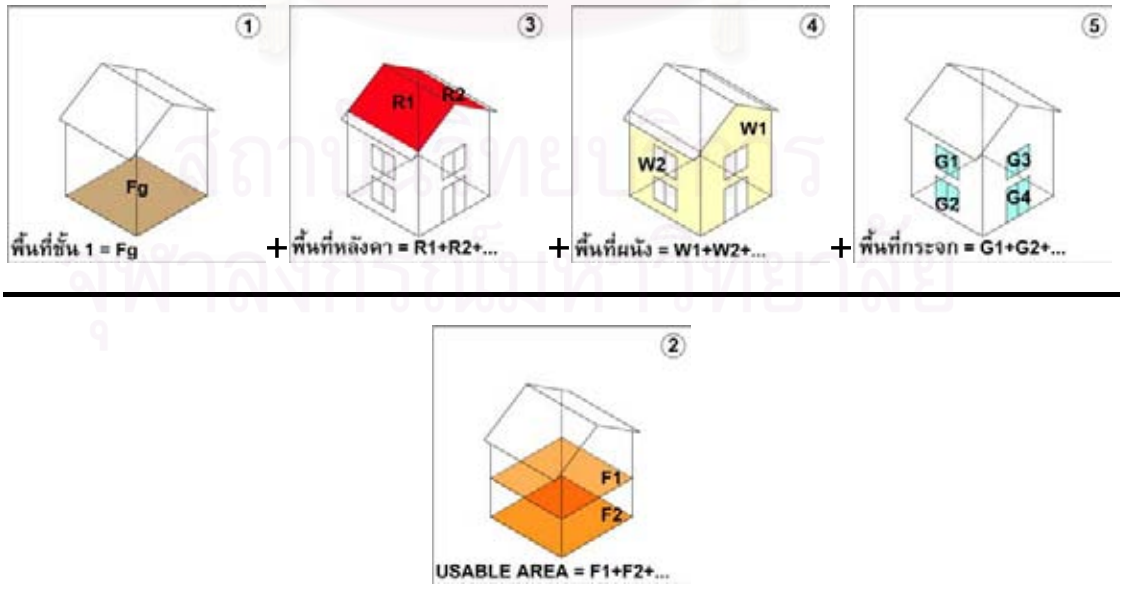

ภาพ 5-7 แสดงคำนวณหา u เฉลี่ยของพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคาร

5.1.1.3 ดัชนีพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย ( Building Form Ratio; $I_s$)




ภาพ 5-8 แสดงBuilding Form Ratio จากพื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอย

จากภาพ 5-6 คำนวณหาอัตราส่วนของพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคารที่ปรับอากาศทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ โดยหลักการแล้ว พื้นที่เปลือกนอกของอาคารนั้น ให้นับรวมตั้งแต่พื้นที่ชั้นล่างที่สัมผัสดิน(กรณีที่ชั้นล่างมีการติดระบบปรับอากาศ) หากพื้นชั้นล่างไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่โล่งที่ไม่มีการกั้นห้อง หรือจะเป็นห้องที่ไม่มีการปรับอากาศ ก็ให้นับพื้นที่ของพื้นชั้นที่ 2 เป็นพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคาร ส่วนผนังของอาคาร ก็เช่นเดียวกัน คือ นับผนังที่กั้นระหว่างพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ หากเป็นส่วนหลังคาก็ให้ทำการนับเช่นเดียวกันคือนับเฉพาะหลังคาส่วนที่อยู่เหนือพื้นที่ที่มีระบบปรับอากาศ โดยไม่ต้องนับรวมพื้นที่ชายคาเข้าไปด้วย ตามรายละเอียด ภาพ 5-7




ภาพ 5-9 แสดงรายละเอียดวิธีคำนวณหา Building Form Ratio

5.1.1.4 ดัชนีประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศ (1/COP; $I_c$)

ภาพ 5-10 แสดงฉลากประหยัดไฟของเครื่องปรับอากาศ

สามารถหาจากประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศจาก ฉลากประหยัดไฟฟ้าโดยมีตราสัญลักษณ์ของกระทรวงพลังงานเป็นพื้นหลัง และแสดงข้อมูลภายในฉลากแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Energy Efficiency Ratio: EER) ข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ในแต่ละปี และข้อมูลที่แสดงถึงจำนวนค่าใช้ไฟฟ้าในแต่ละปี โดยนำข้อมูลจากฉลากประหยัดพลังงานนี้ ประกอบการเลือกซื้อเครื่องกลปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป ดูรายละเอียดที่ระบุไว้จากรูป 5-7 นำมาเทียบกับตารางที่กำหนด

ซึ่งถ้าเครื่องกลปรับอากาศนั้นระบุมาเฉพาะค่าประสิทธิภาพ (EER) ให้นำมาเปลี่ยนเป็น COP ดังนี้

$$COP = EER / 3.412$$

$$1/COP = 3.412 / EER$$

นำค่าที่ได้มาหาเป็นส่วนกลับ 1/ COP ระบุไว้เพื่อที่จะนำมาคำนวณต่อไปตามตาราง 5-2

ตาราง 5-3 แสดงความหมายของฉลากแสดงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อเทียบกับดัชนี

| ฉลากแสดงประสิทธิภาพ | ประสิทธิภาพ (EER) (Btu.hr/watts) | COP | 1/COP |
|---|---|---|---|
| เบอร์ 0 | < 7.60 | < 2.20 | > 0.45 |
| เบอร์ 1 | 7.60-8.60 | 2.20-2.50 | 0.45-0.40 |
| เบอร์ 2 | 8.60-9.60 | 2.50-2.81 | 0.40-0.36 |
| เบอร์ 3 | 9.60-10.60 | 2.81-3.10 | 0.36-0.32 |
| เบอร์ 4 | 10.60-11.00 | 3.10-3.22 | 0.32-0.31 |
| เบอร์ 5 | 11.00-11.50 | 3.22-3.37 | 0.31-0.30 |
| เบอร์ 5 พรีเมี่ยม | > 11.50 | > 3.37 | < 0.30 |
| หรือตามระบุ..... | ..... | ..... | ..... |

อนึ่งโดยหลักการแล้ว เครื่องกลปรับอากาศทั่วไปที่มีการบำรุงรักษาเป็นประจำ1-2 ครั้งต่อปี สามารถมีอายุการใช้งานได้มากที่สุด 8 ปี เพราะประสิทธิภาพของเครื่องจะลดลงมาตามอายุการใช้งาน ทำให้ไม่คุ้มค่าที่จะใช้อุปกรณ์เหล่านั้นเพราะสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า ดังนั้นถ้าไม่สามารถหาข้อมูลของฉลากแสดงประสิทธิภาพที่ระบุไว้กับเครื่องปรับอากาศ ให้ประมาณการจากอายุการใช้งานของเครื่องกลซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมระบบปรับอากาศนำมาประเมินเพื่อให้ผลใกล้เคียงที่สุดมีความแตกต่างไม่ถึง10% (เกชา ธีระโกเมน, 2550)

ตาราง 5-4 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศ ตามอายุการใช้งาน

ประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศ

| อายุการใช้งาน | ฉลากประสิทธิภาพ |
|---|---|
| 0-2 ปี | 5 |
| 2-5 ปี | 4 |
| 5-8 ปี | 3 |
| 8-15 ปี | 2 |
| 15 ปีขึ้นไป | 1 |

5.1.2 สำหรับสถาปนิก วิศวกร ผู้ออกแบบโดยสามารถใช้ดัชนีมาเป็นเครื่องมือชี้นำการออกแบบเบื้องต้น (Basic Design Tool Guideline) ประเมินอาคารที่อยู่ในขั้นตอนแบบร่างจนก่อสร้างจริง หาแนวทางในการปรับปรุงอาคารเก่าที่มีอยู่โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนเช่นกัน ได้แก่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2.1 Site Temperature

โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัด Thermo Cupple หรือ Thermo Gun หรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ที่ ทำการ calibrate เรียบร้อยแล้ว ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกอาคารทุกๆ ช่วงเวลาที่กำหนด แล้วทำการบันทึกไว้ หาอุณหภูมิภายนอกอาคารสูงสุด โดยจดบันทึกลักษณะภูมิอากาศทั่วไปในขณะนั้นประกอบด้วย

ภาพ 5-11 แสดงอุปกรณ์ตรวจวัดThermo Gun (ที่มา http://www.hpi-shop.at/assets/thumb/thermoGun.gif)

ภาพ 5-12 แสดงอุปกรณ์ตรวจวัดThermo Couple (ที่มา http://www.feyen-zylstra.com/es-testing Equipment.html)

5.1.2.2 Building Form Ratio

คำนวณหาอัตราส่วนของพื้นที่ผิวเปลือกนอกของอาคารที่ปรับอากาศทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ โดยทำการวัดเช่นเดียวกันกับข้อ 5.1.1.3

5.1.2.3 $\Sigma U \cdot S$

ในส่วนของพื้นที่เปลือกอาคาร ทำการวัดเช่นเดียวกับข้อ 5.1.1.2 ส่วนในเรื่องของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ซึ่งมีกำหนดไว้บางส่วนสำหรับเทคนิคการก่อสร้างทั่วไปจนถึงเทคนิคการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามทางผู้ออกแบบ สามารถหาแนวทางเลือกใหม่ได้ โดยกำหนดองค์ประกอบของวัสดุพื้น ผนังและหลังคา อาคารตามวัสดุที่ต้องการ ดูค่า $\Sigma$U-Value จากภาคผนวก ก.แล้วทำตามขั้นตอนดังนี้

5.1.2.4 1/COP

การประเมินประสิทธิภาพ ของพลังงานไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศ ก็คือการเปรียบเทียบค่า EER (Energy Efficiency Ratio) สำหรับเครื่องปรับอากาศ รุ่นต่าง ๆ ควรเลือกเครื่องที่มีค่า EER เท่ากับ 10 หรือมากกว่า เพราะจะมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยผู้ใช้สามารถคำนวณค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ ได้ด้วยตัวเอง

ค่า EER ยิ่งสูงยิ่งประหยัด ตัวเลข 7, 8 หรือ 9 เป็นตัวชี้บอก ระดับประสิทธิภาพ มีหน่วยเป็น บีทียูต่อวัตต์ โดยปกติแล้ว เครื่องปรับอากาศที่กินไฟ 1 วัตต์ สามารถเอาความร้อนออกได้ 12 บีทียู ซึ่ง บีทียู สูง ถือได้ว่า เป็นเครื่องปรับอากาศประหยัดพลังงาน

ในคู่มือขายเครื่องปรับอากาศ หรือ ฉลากของเครื่อง จะมีขนาดของเครื่องทำความเย็น ระบุเป็น บีทียู/ชั่วโมง หรือตันกำลังไฟฟ้า ที่บอกจำนวนวัตต์ ที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ต้องใช้ และถ้าเป็นระบบแยกส่วน ต้องรวมกำลังไฟฟ้า ของเครื่องภายในห้อง และ คอมเพรสเซอร์ภายนอกห้องเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้จำนวนวัตต์ทั้งหมด ที่ต้องใช้ในการคำนวณตามสูตรด้านล่างนี้

$$EER = \frac{\text{ขนาดทำความเย็น (Btu/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (วัตต์)}}$$

## 5.2 **ตัวอย่างแบบประเมินดัชนี** (Energy Index Checklist)

5.2.1 แบบประเมินศักยภาพ ดัชนีสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

สิ่งที่งานวิจัยนี้มุ่งหวังตามวัตถุประสงค์คือ สร้างเครื่องมือมาตรฐานอย่างง่าย สำหรับบุคคลทั่วไป สามารถนำไปประเมินประสิทธิภาพการใช้งานในอาคาร รวมทั้งสถาปนิกและผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการออกแบบ ตลอดจนปรับปรุงอาคาร ซึ่งปกติแล้ว การประเมินพลังงานในอาคารเป็นสิ่งที่ซับซ้อนและยุ่งยาก สำหรับบุคคลทั่วไปและผู้ออกแบบที่ไม่ได้มีพื้นฐานเรื่องการประหยัดพลังงานในอาคารมาก่อน ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม OTTV และ RTTV ผู้ที่จะประเมินพลังงานอย่างน้อยต้องมีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเข้าใจคุณสมบัติทุติยะของอาคารนั้น ทำให้การใช้การประเมินแบบนี้ ค่อนข้างจำกัดในวงแคบ และปัจจุบันจะมี OTTV และ RTTV ที่ปรับปรุงให้สมบูรณ์ในการคำนวณค่าพลังงานในอาคาร แต่ก็ซับซ้อนมากขึ้นกว่าของเดิมขึ้นไปอีก รวมไปถึงแบบประเมินการติดฉลากพลังงานในอาคารฯซึ่งแม้จะสามารถทำแบบประเมินโดยไม่ต้องพึ่งพาทักษะด้านคอมพิวเตอร์แล้ว แต่ก็ยังคงซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจ และมีตัวแปรหลายตัวมี่อาจก่อให้ผู้ประเมินที่ไม่มีความรู้มาก่อน ไม่สามารถประเมินได้ถูกต้อง

สำหรับแบบประเมินในงานวิจัยนี้ ได้จัดทำแบบร่างมาได้จัดให้ผู้ใช้งานทั่วไป สถาปนิก วิศวกร นักศึกษา ได้ลองประเมินอาคารและได้ข้อสรุปมานำปรับปรุงหลายครั้ง ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ศัพท์ทางเทคนิคที่ผู้ประเมินไม่เข้าใจ เช่น ค่า U-Value เป็นต้น และคำแนะนำที่ได้คือให้ทำแบบประเมินคล้ายกับ ใบประเมินภาษีเงินได้ หรือ ใบเรียกเก็บเงิน รวมไปถึงน่าจะมีภาพประกอบที่ก่อให้เกิดความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน ส่วนสิ่งที่ผู้ประเมินอยากทราบก็คือ เมื่อสามารถระบุดัชนีชี้วัดอาคารได้แล้ว ควรที่จะรู้แนวทางกว้างกว้างในการปรับปรุง รวมไปถึงราคาที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นด้วย

จากการสอบถามความเห็นสถาปนิกอาวุโส(นิพัทธ์ ซื่อตรง, 2550) ให้ความเห็นเพิ่มว่าแบบประเมินดัชนีฯควรง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถใช้เป็นการออกแบบเบื้องต้นได้จริง ดังนั้นผู้วิจัย จึงแปรข้อมูลที่มีคุณสมบัติทุติยะทั้งหมดเช่นอุณหภูมิ ค่า U-Value มาอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย พร้อมกับคุณสมบัติปฐมของอาคารซึ่งเป็นพื้นฐานทั่วไปที่ทุกคนสามารถเข้าใจได้ง่าย แปลงเป็นภาพกราฟฟิคประกอบคำบรรยายแบบตรวจสอบ ส่วนรายละเอียดเรื่องการลงทุนที่ใช้ถ้ามีการปรับปรุงนั้น ยังไม่ได้นำมาใช้ในแบบประเมิน เพราะจะต้องมีเกณฑ์พิจารณาเพิ่มเติมอีกหลายประการที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

# ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

| รูปอาคารที่ทำการประเมิน | ชื่ออาคาร.....<br>ปีที่ก่อสร้าง.....<br>ที่ตั้งอาคาร.....<br>ชื่อผู้ประเมิน.....<br>ที่อยู่.....<br>โทรศัพท์.....โทรสาร.....<br>โทรศัพท์มือถือ.....E-mail..... |
|---|---|

---

**ข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ($I_C$)**

การประเมินประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (1/COP) สามารถหาได้ 3 วิธี ดังตารางข้างล่างนี้ การเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละอาคารที่ทำการประเมิน แต่ให้ใส่ค่า $I_C$ จากวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น หากมีเครื่องปรับอากาศมากกว่า 1 เครื่อง ให้ทำเฉพาะวิธีที่ 3 เท่านั้น

<table>
<tr>
<td> </td>
<td>วิธีที่ 1 ดูจากฉลากแสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า<br>ใช้ตัวเลขค่า EER (ในวงกลมตัวอย่าง)<br>COP = EER / 3.412<br>1/COP = 3.412 / ☐<br>1/COP = ☐ → $I_C$</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td>วิธีที่ 2 ไม่มีฉลากแสดงประสิทธิภาพให้อนุโลมใช้เกณฑ์ตามตารางนี้<br>
<table>
<tr><th>อายุการใช้งาน</th><th>ฉลากประสิทธิภาพ</th><th>1/COP</th></tr>
<tr><td>☐ 0-2 ปี</td><td>5</td><td>0.322</td></tr>
<tr><td>☐ 2-5 ปี</td><td>4</td><td>0.355</td></tr>
<tr><td>☐ 5-8 ปี</td><td>3</td><td>0.397</td></tr>
<tr><td>☐ 8-15 ปี</td><td>2</td><td>0.449</td></tr>
<tr><td>☐ 15 ปีขึ้นไป</td><td>1</td><td>0.517</td></tr>
</table>
ผลที่ได้ 1/COP = ☐ → $I_C$</td>
</tr>
</table>

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| ดูจาก ฉลาก ของ<br>เครื่องปรับอากาศ | **วิธีที่** 3 อาคารที่มีเครื่องปรับอากาศมากกว่า 1 เครื่อง สามารถคำนวณหา $I_C$ โดยดู จากฉลาก ของเครื่องปรับอากาศ นำค่าความเย็นที่ได้ทั้งหมด (Btu/h) และค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศ (WATT) มาคำนวณตามวิธีข้างล่างนี้<br>EER = ค่าความเย็นที่ได้ทั้งหมด (Btu/h) /<br>ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องทั้งหมด (WATT)<br>1/COP = 3.412 / EER<br>1/COP = 3.412 / □<br>1/COP = □ → $I_C$ |

**ข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร** ($I_U$)

หาได้จากการนำพื้นที่ของเปลือกอาคารคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) แล้วนำผลทั้งหมดมารวมกันหารด้วยค่ารวมของพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น

- หา ΣU · Surface

หลังคา

นำพื้นที่หลังคาคูณกับ U ค่าวัสดุหลังคา โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุหลังคาหลายประเภทหรือใต้หลังคามีฝ้าเพดานกับไม่มีฝ้าเพดาน จะต้องแยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าที่ได้ทั้งหมดมารวมกัน

| | พท.หลังคา | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R1 |
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R2 |
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R.. |

U · surface ในส่วนหลังคา = R1 + R2 +R.....

= □ + □ + □

= □ (1)

ผนังอาคาร

นำพื้นที่ผนังอาคารคูณกับ U วัสดุผนังอาคาร โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุผนังหลายชนิดให้แยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าทั้งหมดมารวมกัน

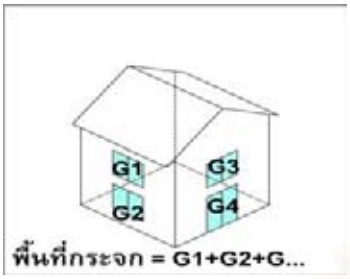
| | พท.ผนัง | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W1 |
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W2 |
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W.. |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

U · surface ของผนังอาคาร = W1 + W2 +W.....

= ☐ + ☐ + ☐

☐ (2)




ช่องเปิดกระจก

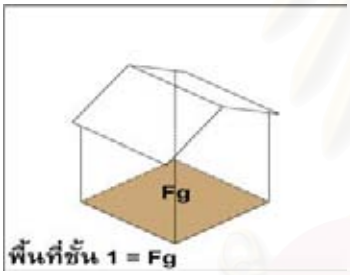
นำพื้นที่ช่องเปิดกระจกคูณกับ ค่า U ของกระจก โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุกระจกหลายชนิดให้แยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าทั้งหมดมารวมกัน

| | พท.กระจก | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G1 |
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G2 |
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G.. |

U · surface ของช่องเปิดกระจก = G1 + G2 +G.....

= ☐ + ☐ + ☐

= ☐ (3)




พื้นชั้นด้านล่าง

นำพื้นชั้นด้านล่างคูณกับ ค่า U ของพื้นชั้นด้านล่าง โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม

| | พท.ชั้นด้านล่าง | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่ชั้นด้านล่าง X ค่าU ของวัสดุ | | | | F1 |

U · surface ของพื้นชั้นด้านล่าง = F1

= ☐ (4)

ค่า ∑U · SURFACE = (1) + (2) + (3) + (4)

= ☐ + ☐ + ☐ + ☐

= ☐ (A)

• นำค่าพื้นที่ผิวของผนัง , หลังคา, พื้น (ก) มาใส่ = ☐ (B)

ข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร ∑U · SURFACE / พื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น = (A) / (B)

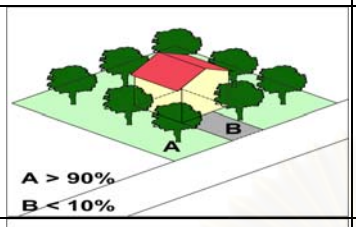
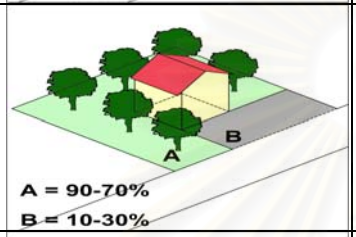
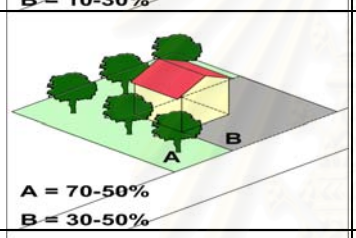
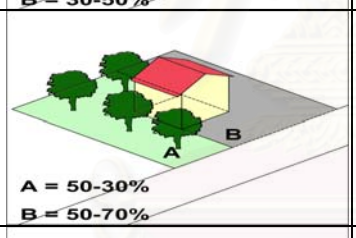
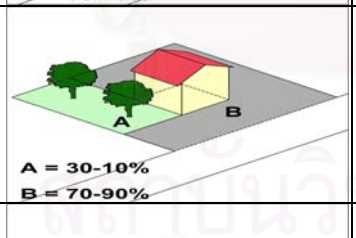
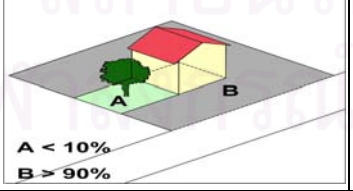
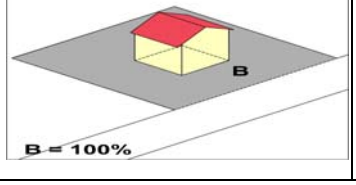
= ☐ → $I_U$

** หมายเหตุ ค่า (ก) ดูจากหัวข้อข้อมูลรูปทรงของอาคาร $I_S$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ข้อมูลอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ($I_T$)**

พิจารณาสภาพแวดล้อมของโครงการที่ทำการประเมินว่าตรงกับประเภทใด แล้วใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่ตรงกับประเภท นั้น แทนค่าของ $I_T$

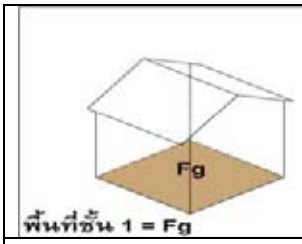
| ประเภท | | ความหมาย | ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C) |
|---|---|---|---|
| ประเภท 1 |  | มีต้นไม้มากกว่า 90%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>29° C | 4 |
| ประเภท 2 |  | 90-70%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>31° C | 6 |
| ประเภท 3 |  | 70-50%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>33° C | 8 |
| ประเภท 4 |  | 50-30%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>35° C | 10 |
| ประเภท 5 |  | 30-10%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>37° C | 12 |
| ประเภท 6 |  | น้อยกว่า 10%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>39° C | 14 |
| ประเภท 7 |  | ไม่มีต้นไม้เลย<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>41° C | 16 |

ผลที่ได้ ประเภท ..... ความแตกต่างอุณหภูมิ = [ ] → $I_T$

**ข้อมูลรูปทรงของอาคาร** ($I_S$)

คำนวณหาพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น ของอาคารที่ปรับอากาศทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยรวม (Building Form Ratio)

- หาพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น




พื้นที่ชั้น

Fg = ..... ตร.ม. (1)

พื้นที่หลังคา

R1 = ..... ตร.ม.

R2 = ..... ตร.ม

..... = ..... ตร.ม

รวม = ..... ตร.ม. (2)

ผนังอาคาร (แยกตามวัสดุ)

W1 = ..... ตร.ม.

W2 = ..... ตร.ม.

..... = ..... ตร.ม

รวม = ..... ตร.ม. (3)

กระจก

G1 = ..... ตร.ม.

G2 = ..... ตร.ม.

..... = ..... ตร.ม

รวม = .....ตร.ม. (4)

พื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น = (1) + (2) + (3) + (4)

= $\square$ + $\square$ + $\square$ + $\square$

= $\square$ ก

• หาพื้นที่ใช้สอยรวม โดยใช้พื้นที่ใช้สอยทุกชั้นของโครงการที่ทำการประเมิน

พื้นที่อาคารภายใน

F1 = ..... ตร.ม.

F2 = ..... ตร.ม.

.... = ..... ตร.ม.

พื้นที่ใช้สอยรวม = F1 + F2 + .....

= □ + □ + □

= □ ข

ข้อมูลรูปทรงของอาคาร = ก / ข

= □ / □

= □ → $I_S$

index = $I_C$ x $I_U$ x $I_T$ x $I_S$

= □ x □ x □ □

INDEX = □

ค่า INDEX ที่ได้นำมาเปรียบเทียบคำตอบตามตารางข้างล่างนี้

| | ศักยภาพของโครงการที่ประเมิน | | ค่า INDEX |
|---|---|---|---|
| □ | ศักยภาพดีมาก | VERY GOOD | น้อยกว่า 12.91 |
| □ | ศักยภาพดี | GOOD | 12.91 - 35.48 |
| □ | ศักยภาพต่ำกว่าเกณฑ์ | POOR | 35.48 – 57.95 |
| □ | ศักยภาพต้องปรับปรุง | VERY POOR | 57.95 เป็นต้นไป |

หากค่า INDEX ที่ท่านได้ มีศักยภาพต่ำกว่าเกณฑ์หรือศักยภาพต้องปรับปรุง เบื้องต้นให้ท่านย้อนไปดูข้อมูลตั้งแต่แรกว่า INDEX ตัวใดที่มีค่าสูงบ้าง ทำการปรับปรุงอาคารไปตามนั้น เช่น ค่า $I_C$ สูง ให้ปรับปรุงเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ค่า $I_U$ สูง ให้ปรับปรุงวัสดุ โดยใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนต่ำ (U) ค่า $I_T$ สูง ให้ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น ค่า $I_S$ สูง ให้ทำการลดพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น ลง

## 5.3 ตัวอย่างการประมวลผลและประเมินค่าดัชนีโดยการคำนวณ

นำผลมาทดสอบเชิงประจักษ์(Empirical testability) โดยใช้ความสัมพันธ์ตามบทที่4 วิธีนี้เหมาะสำหรับสถาปนิกและผู้เชี่ยวชาญที่มีความเข้าใจและต้องการปรับปรุงอาคารให้มีการประหยัดพลังงานอย่างถูกวิธี ยกตัวอย่างการคำนวณจากอาคารดังต่อไปนี้

**กรณีศึกษาที่** 1 ;**30 buildings**, each floor area 3,000 $m^2$,10 floor height @4.5m.

30 building blocks

Mechanical Efficiency; $I_C$

| | | |
|---|---|---|
| COP. | = No.5 | |
| 1/COP. | =0.310 | (1) |

Material; $I_U$

| | | |
|---|---|---|
| Brick 0.10m. +Foam 0.025m. | = 1.0 | |
| (60%) | = 1.0 | |
| Laminate clear glass 3+3 mm. | = 1.0 | |
| (40%) | = 1.0 | |
| Conc. slab 0.10 m. + fiber glass 25mm. | = 1.0 | (2) |

Site and Location; $I_T$

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิภายนอก | =37 | °C |
| $\Delta$t | =12 | (3) |

Building Form Ratio; $I_S$

| | | |
|---|---|---|
| Scheme a | = 30 | อาคาร |
| Usable area per bldg. | = 30,000 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = 14,850 | $m^2$ |
| Total usable area | = 900,000 | $m^2$ |
| Total Surface area | = 475,770 | $m^2$ |
| Total Surface area: Total usable area | = 475,770: 900,000 | |
| | = 0.529 | (4) |

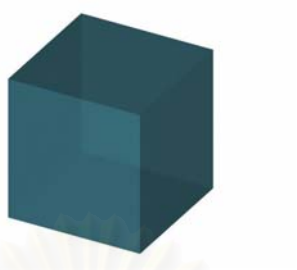
Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$ $= I_C \cdot I_U \cdot I_T \cdot I_S$

$=(1) \cdot (2) \cdot (3) \cdot (4)$

$=0.310 \cdot 1.0 \cdot 12 \cdot 0.529$

$=1.968$

**กรณีศึกษาที่** 2 ; **One building,** floor area 90000 $m^2$, 10 floor height @4.5m.



Mechanical Efficiency

| | | |
|---|---|---|
| Best performance COP. | = No.8 | |
| Mechanical Efficiency index; $I_C$ | =0.251 | (1) |

Material

| | | |
|---|---|---|
| EIFS wall* +Foam 0.075m. | = 0.409 | |
| Area (60%) | = 0.245 | |
| Insulated glass heat stop | = 0.373 | |
| Area (40%) | = 0.149 | |
| Total wall index | = 0.245+0.149 | |
| $i_w$ | = 0.394 | |
| Conc. slab 0.10 m. + fiber glass 50mm. | = 0.612 | |
| $i_f$ | = 0.612 | |
| Material index; $I_U$ | = ($i_w$ ·wall area/SA) +($i_f$·floor area/SA) | |
| | = 0.091+0.471 | |
| | = 0.562 | (2) |

Site and Location

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิภายนอก | =32 | °c |
| Site and Location index; $I_T$ | =7 | (3) |

Building Form Ratio

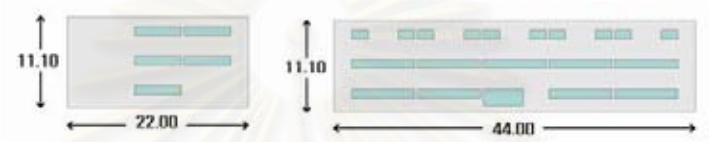
| | | |
|---|---|---|
| Scheme B | = 1 | Buildings |
| Usable area per bldg. | = 900,000 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = 234,000 | $m^2$ |
| Surface area: usable area | = 234,000: 900,000 | |
| Building Form Ratio index; $I_S$ | = 0.260 | (4) |

| | |
|---|---|
| Total Building Performance Index | = $I_C$ · $I_U$ · $I_T$ · $I_S$ |
| | =(1) · (2) · (3) ·(4) |
| | =7· 0.260 · 0.562· 0.251 |
| | =0.256 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**กรณีศึกษาที่ 3 ; อาคาร Outreach building AIT**

Plan




Elevation 1 Elevation 2

Mechanical Efficiency

| | | |
|---|---|---|
| COP. | = No.2 | |
| Mechanical Efficiency index; $I_C$ | =0.397 | (1) |

Material

| | | |
|---|---|---|
| U-Value of Brick 0.10m | = 0.409 | |
| Area | = 1,205 | $m^2$ |
| U-Value of glass 6 mm. | = 0.373 | |
| Area | = 231 | $m^2$ |
| Conc. slab 0.10 m. | .= 3.3 | |
| Area | = 1792 | $m^2$ |
| Total u index; $I_U$ | $=\frac{(1{,}205 \cdot 0.409)+(231 \cdot 0.373)+(1{,}792 \cdot 3.3)}{(1{,}205+231+1{,}792)}$ | |
| | = 2.011 | (2) |

Site and Location

| | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิภายนอก | =39 | °c |
| Site and Location index; $I_T$ | =14 | (3) |

Building Form Ratio

| | | |
|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = 2,966 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = 3,228 | $m^2$ |
| Surface area: usable area | = 3,228: 2,966 | |
| Building Form Ratio index; $I_S$ | = 1.088 | (4) |

Total Building Performance Index = (1) • (2) •(3) •(4)

=14 • 1.088 • 2.011• 0.397

=12.161

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการประมวลผลและประเมินค่าดัชนีโดยการคำนวณทั้งสามกรณีศึกษา เป็นการใช้ดัชนีชี้วัด $I_{CUTS}$ เพื่อช่วยสถาปนิกหรือผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการออกแบบอาคารเบื้องต้น ซึ่งจะพบว่า โดยกรณีที่1 และที่2 อาคารมีพื้นที่การใช้สอยเท่ากัน แต่จะมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานต่างกันอันเนื่องมาจาก $I_S$ ; ดัชนีสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาที่ 2ที่ออกแบบเป็นจำนวน30 อาคาร เท่ากับ 0.529 ซึ่งมากกว่า อาคารกรณีศึกษาที่1 ที่ออกแบบเป็นอาคารเดียวเท่ากับ0.260 ซึ่งหมายความว่าภาระในการทำความร้อนในอาคารที่เข้ามาผ่านเปลือกอาคารรวมไปถึงต้นทุนการก่อสร้างส่วนนี้จะแตกต่างประมาณสองเท่าเช่นเดียวกัน และในกรณีนี้ถ้ากลุ่มผู้ออกแบบมีการคำนึงใช้วัสดุที่มีค่า U-value ต่ำหรือเป็นฉนวนมากขึ้น มีการประสานงานกับวิศวกรระบบเลือกใช้เครื่องกลปรับอากาศประสิทธิภาพสูง จนไปถึงภูมิสถาปนิกมาปรุงแต่งสถาพแวดล้อมของอาคารให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงความน่าสบายมากขึ้น ถ้าการออกแบบมีการบูรณาการเหมือนกรณีศึกษาที่1 และ 2 จะพบว่าดัชนีชี้วัด $I_{CUTS}$ เท่ากับ0.256 และ1.968 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าแตกต่างกันถึง 7.688 เท่า

สำหรับกรณีศึกษาที่ 3 ได้นำ $I_{CUTS}$ มาใช้ตรวจวัดประสิทธิภาพอาคารที่สร้างแล้ว โดยเลือกอาคาร Outreach building สถาบันเทคโนโลยี่แห่งเอเชีย จะพบว่า $I_{CUTS}$ =12.161 โดยมี $I_C$=0.397, $I_U$= 2.011, $I_T$ =14 และ $I_S$=1.088 ซึ่งกรณีนี้ถ้าต้องการปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพให้ดีขึ้น จะต้องพิจารณาทั้งดัชนีเชิงเดี่ยว โดยดัชนี $I_C$ ถ้าใช้การปรับปรุงโดยเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นเบอร์ 5 ($I_C$=0.310) อาคารจะมีค่า $I_{CUTS}$ ดีขึ้นกว่าเดิมประมาณ 21% และถ้าต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นอีก ต้องเพิ่มวัสดุฉนวนในส่วนของเปลือกอาคาร จนไปถึงปรับปรุงสภาพภูมิทัศน์รอบข้างให้ดีขึ้น ส่วนกรณีของ $I_S$ นั้นสามารถทำได้ยากมากเนื่องจากข้อจำกัดทางโครงสร้างอาคารเดิม หรือถ้า ต้องการปรับปรุงค่า $I_S$ ให้ดีขึ้นกว่าเดิม จะต้องคำนึงถึงการลงทุนเข้ามาพิจารณาด้วยว่าคุ้มค่าต่อการปรับปรุงเพื่อประหยัดพลังงานด้วยเช่นกัน

## 5.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนี $I_{CUTS}$ กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

จากการประมวลผลและประเมินค่าดัชนี $I_{CUTS}$นั้นอ้างถึงตาราง 4-2 ผู้วิจัยเลือก $I_{CUTS}$ จากอาคารมาจำนวน 10 อาคารมาหาความสัมพันธ์เชิงสถิติกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่อาคารนั้นได้ใช้ต่อตารางเมตร-ปี ข้อมูลตามตาราง5-5 เป็นบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงานเอกชน และอาคารสำนักงานราชการ โดยบ้านชีวาทิตย์($I_{CUTS}$ =0.60) เป็นอาคารพักอาศัยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด เท่ากับ 32.0 KWH/$m^2$ year เทียบกับอาคาร มว.ไฟฟ้าแสงสว่าง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ($I_{CUTS}$ =73.05) มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 315.90 KWH/$m^2$ yearต่างกันประมาณ 9.87 เท่า

ตาราง 5-5 แสดงรายละเอียด ดัชนี $I_{CUTS}$ แจกแจงกับพื้นที่ใช้สอยกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร

| อาคาร | พื้นที่ใช้สอย ($m^2$) | ดัชนี $I_{CUTS}$ | พลังงานไฟฟ้า (KWH/$m^2$ year) |
|---|---|---|---|
| ECO- SPHERE | 33.08 | 0.60 | 29.96 |
| บ้านชีวาทิตย์ | 140.00 | 1.17 | 32.00 |
| อาคารเรียนรวม ม.ชินวัตร | 16815.00 | 2.09 | 55.20 |
| อาคารกฟน. เขตราษฎร์บูรณะ | 6645.90 | 4.06 | 76.88 |
| บ้านคุณสินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล | 332.00 | 6.60 | 69.10 |
| อาคารกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ และสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหาร กองทัพเรือ | 2489.00 | 10.51 | 108.53 |
| อาคารกองบังคับการศูนย์ซ่อมอากาศยาน กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 794.50 | 29.26 | 184.51 |
| อาคารพักนายทหารสัญญาบัตร กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง | 159.54 | 38.49 | 223.62 |
| สำนักงาน ARCHINISTRIC | 155.52 | 60.19 | 297.45 |
| อาคาร มว.ไฟฟ้าแสงสว่าง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ | 96.00 | 73.05 | 315.90 |
| ค่าเฉลี่ย | 2766.05 | 22.60 | 136.37 |

และนำชุดข้อมูลแจกแจงมาวิเคราะห์ ตามแผนภูมิ 5-2 เพื่อประเมินค่าความเที่ยงตรงของดัชนีดังกล่าวปรากฏเส้นแนวโน้มมีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9682 แสดงว่า $I_{CUTS}$ มีนัยยะสำคัญสัมพันธ์กันในชุดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของอาคารศึกษาตัวอย่าง เมื่อลองประเมิน และพยากรณ์เทียบกับค่าไฟฟ้าได้จริง ในกรณีบ้านพักอาศัย จะมีความสัมพันธ์ดังนี้

ค่าไฟฟ้าที่ใช้จริง = ($I_{CUTS}$ * ชั่วโมงการใช้งานทั้งปี)/ สัดส่วนพลังงานประเมินโดย $I_{CUTS}$ (1)

โดย

$$I_{CUTS} = 0.2421x - 11.384 \quad (2)$$

กรณีนี้ ยกตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของ $I_{CUTS}$ จากตาราง5-5 เท่ากับ 22.60 มาแทนค่าในสมการ (2) จะได้

$I_{CUTS}$ = 0.2421x - 11.384

22.60 = 0.2421x – 11.384

X = 140.43 KWH/$m^2$ year

นำมาแทนค่าในสมการ (1)

ค่าไฟฟ้าที่ใช้จริง = ($I_{CUTS}$ * ชั่วโมงการใช้งานทั้งปี)/ สัดส่วนพลังงานประเมินโดย $I_{CUTS}$

140.43 = (22.60 * 3000) / สัดส่วนพลังงานประเมินโดย $I_{CUTS}$

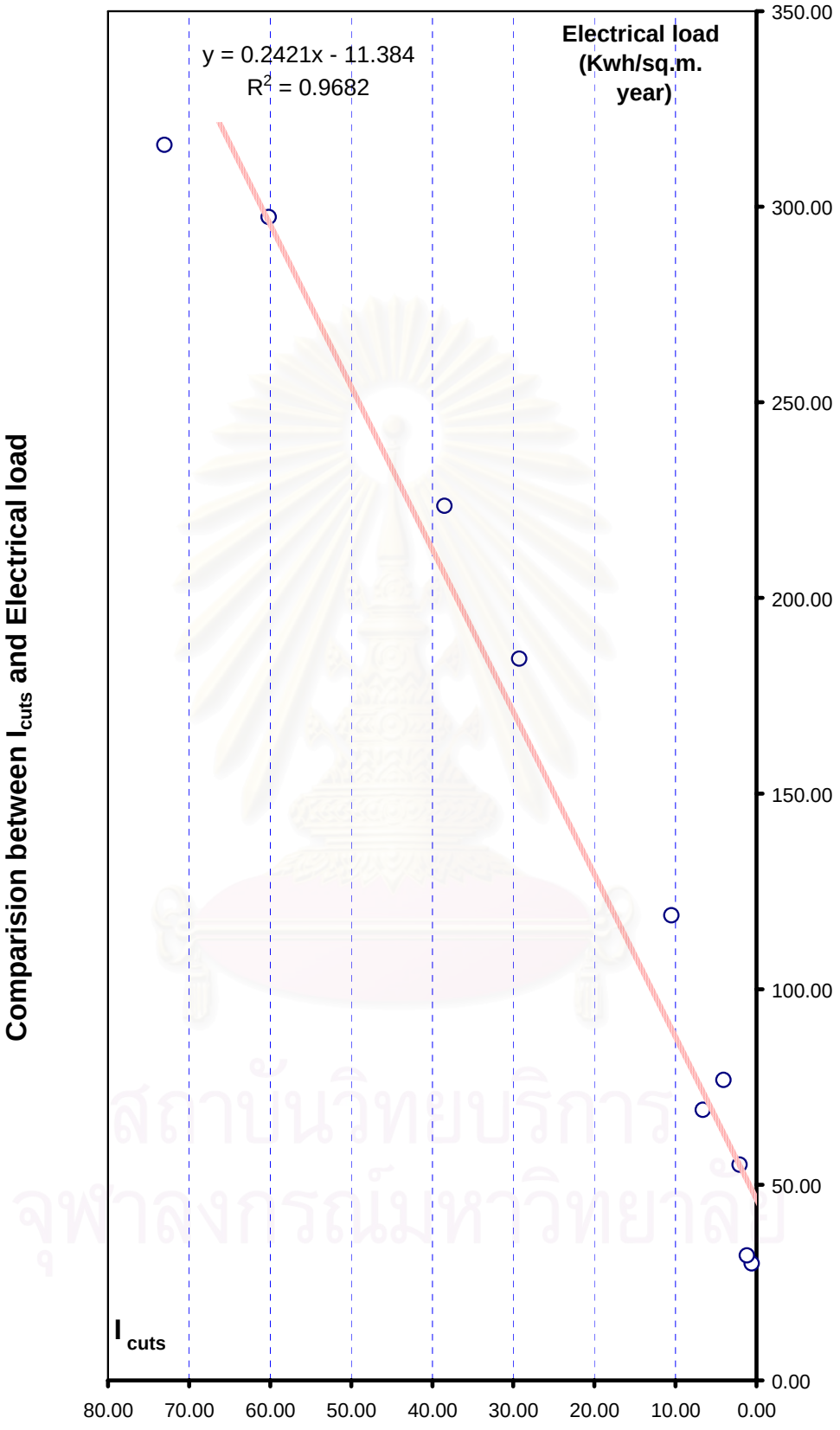
สัดส่วนพลังงานประเมินโดย $I_{CUTS}$ = (22.60 * 3000) /140.43

= 487.80

= 0.482

ดังนั้นสามารถอนุมานจากความสัมพันธ์ดังกล่าว กับ ดัชนี $I_{CUTS}$ ที่ได้ทำการวิจัย มีสัดส่วนประมาณร้อยละห้าสิบ ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงในอาคาร และสามารถนำดัชนี $I_{CUTS}$ ซึ่งมีความเที่ยงตรงเป็นที่ยอมรับจากการพิสูจน์ตามที่กล่าวมาแล้ว มีศักยภาพเพียงพอไปใช้ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเบื้องต้น สอดคล้องตามวัตถุประสงค์วิจัยที่ได้วางไว้ โดยภาระพลังงานไฟฟ้า ในส่วนอื่นเช่นมาจากปัจจัยจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ความชื้นในอาคาร การใช้งานและแสงแดด เป็นต้นซึ่งไม่ได้อยู่ในขอบเขตในงานวิจัย ซึ่งควรจะทำการศึกษาสืบเนื่อง เพื่อขยายผลของดัชนีชี้วัดให้สมบูรณ์และชัดเจนยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




แผนภูมิ 5-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $I_{CUTS}$พลังงานไฟฟ้าในอาคาร (Kwh/sq.m. year)

# บทที่ 6
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 6.1 บทสรุป

จากการศึกษาตามวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจำแนกตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารและนำมากำหนดรูปแบบการประเมินผลหาความสัมพันธ์และสร้างเกณฑ์ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารดังต่อไปนี้

$$I_{CUTS} = I_C * I_U * I_T * I_S$$
$$= 1/COP * \Sigma U.S * \Delta T * S/A$$

โดย $I_{CUTS}$ คือดัชนีชี้วัดรวม (Composite Index) ประเมินประสิทธิภาพพลังงานในอาคาร ประกอบด้วยดัชนีชี้วัดย่อย (Singular Index) 4 ดัชนีด้วยกัน คือ

6.1.1 ดัชนีประสิทธิภาพเครื่องกลปรับอากาศ ($I_C$ : 1/COP) สามารถหาได้จากประสิทธิภาพของเครื่องกลปรับอากาศโดยตรงที่ใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ในกรณีอย่างง่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศทั่วไป สามารถดูจากค่าที่ระบุไว้ในฉลากประหยัดไฟที่ติดไว้กับตัวเครื่องปรับอากาศ หรือหากมีเครื่องมือตรวจวัดที่ครบถ้วน สามารถหาได้จากการวัดกำลังไฟฟ้าที่ใส่เข้าไปและค่า Cooling Load ที่ได้ออกมาตามที่กล่าวในบทที่ โดยดัชนีชีวัดประสิทธิภาพเครื่องกลปรับอากาศสามารถคำนวณ(1)ได้ดังนี้

$I_C$ =1/COP .....(1)

6.1.2 ดัชนีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนรวมต่อพื้นที่เปลือกอาคาร ($I_U$ : ΣU.S) เฉพาะส่วนเปลือกของอาคารโดยรอบที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารตามกำหนดเท่านั้น จากความสัมพันธ์(2)

$I_U$ = ((Floor area* $U_{floor}$) + (Roof area* $U_{roof}$) + (Opaque wall* $U_{Wall}$) + (Glass area*$U_{Glass}$))/Total Surface Area..... (2)

โดยแยกเป็น

-พื้นที่ของพื้นอาคาร (Floor Area)

-พื้นที่ของหลังคา (Roof Area)

-พื้นที่ผนังรวมถึงช่องเปิดกระจกอาคาร (Opaque Wall and Glass Area)

นำมาคูณกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) ของวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้เป็น พื้น ผนัง หลังคา รวมถึงกระจกนั้น (ดูอ้างอิงภาคผนวก ก.ท้ายเล่ม) แล้วนำมาหาเป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) ของพื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมด มีหน่วยเป็น Watts / $m^2$.°k

6.1.3 ดัชนีความแตกต่างอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ตั้งของอาคาร ($I_T$ : $\Delta$T)

$I_T$ = อุณหภูมิภายนอก – อุณหภูมิภายในอาคารที่กำหนด

=อุณหภูมิภายนอก-25°C..... (3)

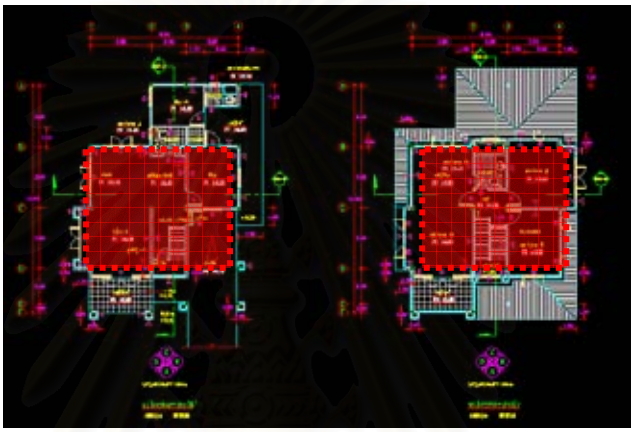
สำหรับอาคารทั่วไปสามารถใช้อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสภาพทั่วไป คือประมาณ35°C แทนค่า อุณหภูมิภายนอก หรือถ้าสถานที่ตั้งอาคารมีลักษณะพิเศษเฉพาะเช่น มีพื้นที่ต้นไม้ปกคลุมรอบอาคารมากกว่า 90% สามารถใช้อุณหภูมิระบุไว้ในตาราง 5-3

6.1.4 ดัชนีประสิทธิภาพรูปทรงอาคาร ($I_S$ : S/A)

เกิดจากการคำนวณพื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมดในส่วนปรับอากาศตาม 6.1.2 ต่อพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศในอาคารนั้น มีหน่วยเป็น ตร.ม. ($m^2$)

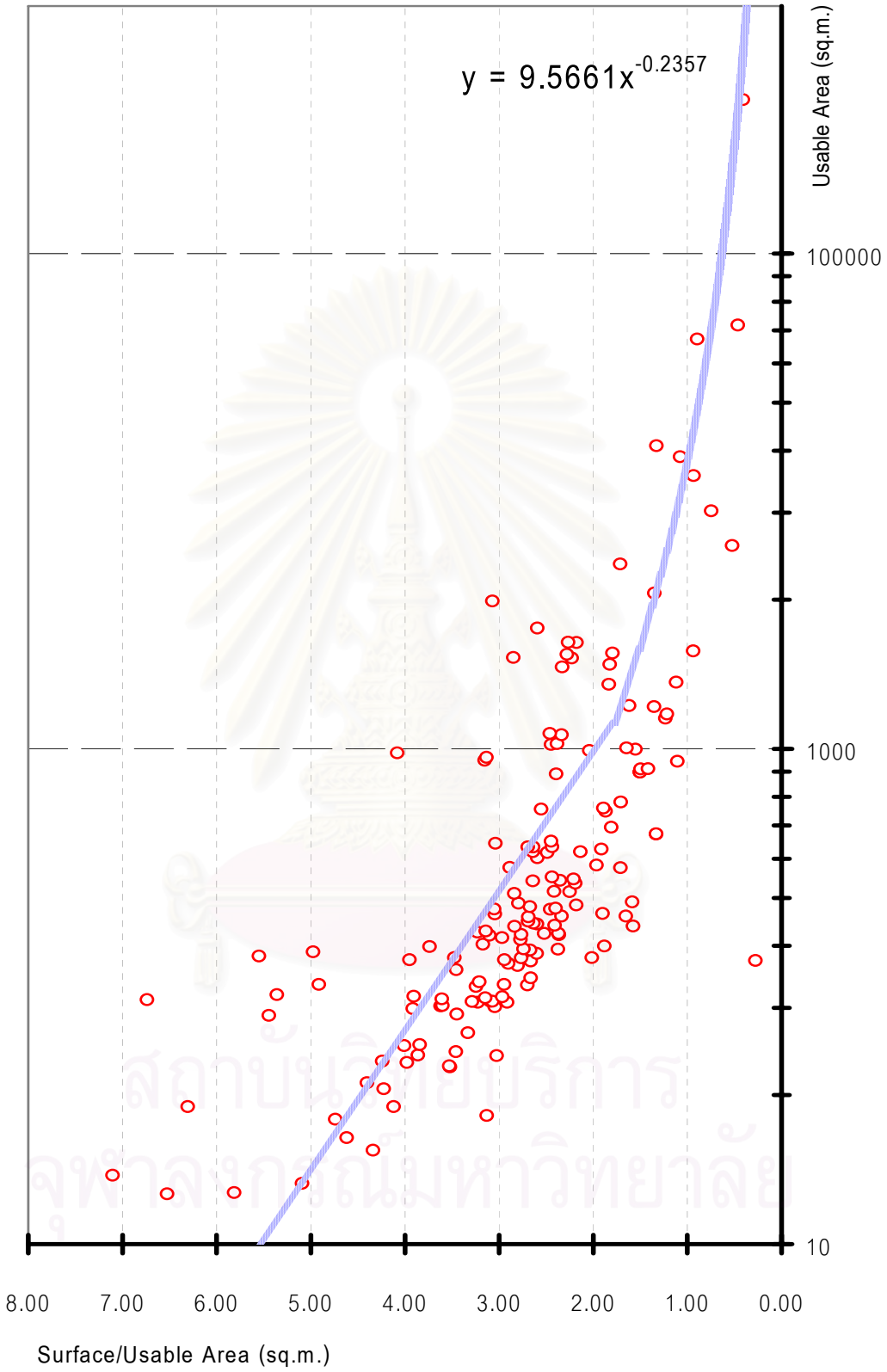
$I_S$ = (พื้นที่พื้นอาคาร+พื้นที่หลังคา+พื้นที่ผนังทึบ+พื้นที่กระจก) / พื้นที่ใช้สอยรวม (4)

จากแผนภูมิ 6-1 แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใช้สอยอาคารกับ Surface / Usable Area จะพบว่าอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกันโดยเฉพาะอาคารขนาดเล็ก (ช่วงพื้นที่ใช้สอยอาคาร 10 -1,000 ตร.ม.) แต่มีสัดส่วนของ Surface / Usable Area ค่อนข้างมาก มาจากการออกแบบรูปทรงทางสถาปัตยกรรม ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเป็นอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยมากขึ้นโดย เส้นแนวโน้มสามารถเขียนในรูปคณิตศาสตร์ได้ $y = 9.5661X^{-0.2357}$ โดยมีค่า Benchmark อยู่ที่ 2.76 โดยอยู่ในกลุ่มพื้นที่ของอาคารบ้านพักอาศัยขนาดกลาง ที่มีสัดส่วนใกล้เคียงรูปลูกบาศก์สี่เหลี่ยมจตุรัส ตามรูป 6-1 โดยอาคารกว้าง 7เมตร ยาว8.5 เมตร สูง7 เมตร (สัดส่วน=1.00:1.22:1.00)



ภาพ 6-1 แสดงผังพื้นบ้านแบบ H-08 ชั้น1 และ 2 (มีค่า $I_S$ =2.76 ) มีลักษณะรูปทรงค่อนข้างเป็นลูกบาศก์สี่เหลี่ยมจัตุรัส

ซึ่งจากกรณีของรูปทรงบ้านดังกล่าวตามข้อสังเกตของผู้วิจัยจะพบว่า การที่รูปทรงบ้านพักอาศัยที่มีการก่อสร้างเป็นลักษณะในธุรกิจก่อสร้างบ้านจัดสรรที่มีการแข่งขันสูง ดังนั้นรูปร่างบ้านพักอาศัยจะมีรูปทรงที่ก่อสร้างได้ไว และสะดวกกับเทคโนโลยีก่อสร้างเช่นระบบผนังและพื้นสำเร็จรูป ซึ่งมักจะนิยมในการทำซ้ำเพื่อลดค่าต้นทุนในการผลิต เพื่อการแข่งขันทางตลาด จึงส่งผลให้รูปร่างมีลักษณะแบบเรียบง่าย ใกล้เคียงกับรูปทรงจัตุรัสมากขึ้น ซึ่งสะท้อนผลต่อ $I_S$ นั่นหมายถึงการที่ลักษณะอาคารที่มีค่า $I_S$ น้อย นอกจากจะทำให้ภาระในการทำความเย็นของอาคารน้อยลงแล้ว ในขณะเดียวกันก็จะมีต้นทุนก่อสร้างของอาคารน้อยตามไปด้วย



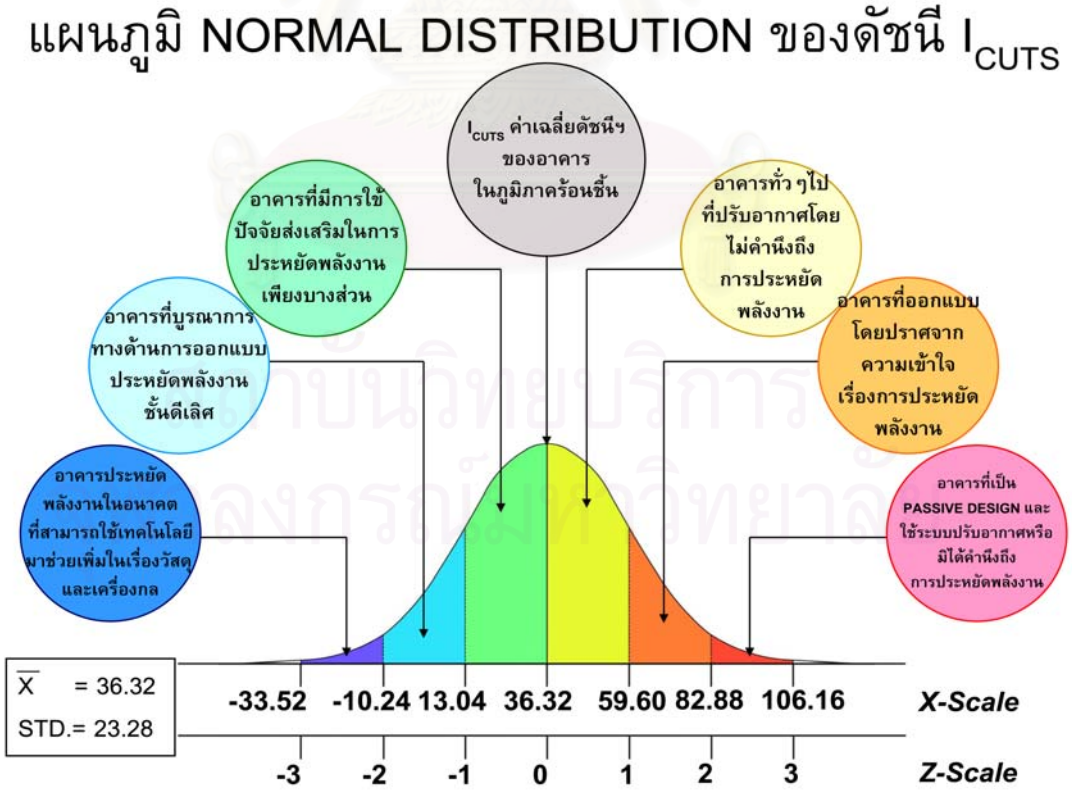

แผนภูมิ 6-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใช้สอยอาคารกับ Surface / Usable Area

6.1.5 ดัชนีประสิทธิภาพของอาคาร

$$O_{CUTS} = I_C * I_U * I_T * I_S$$

$$= (1)*(2)*(3)*(4)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

ดัชนีประสิทธิภาพของอาคารผลที่ได้จากความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์(5)ของดัชนีชี้วัดเชิงเดี่ยวทั้ง 4 ดัชนี ($I_C * I_U * I_T * I_S$) เรียกโดยย่อว่า ไอคัทส์ โดยผู้วิจัยต้องการสื่อความหมายของการใช้ดัชนี (Index) ในเชิงนำมาลด ตัด ทอน การใช้พลังงานลงไป เพื่อใช้เป็นค่าดัชนีชี้วัดรวม มาประเมินประสิทธิภาพของอาคาร ซึ่งจากการทดลองประเมินค่าดัชนีในกลุ่มอาคารตัวอย่างจะพบว่า อาคารที่ได้ค่า $I_{CUTS}$ น้อย จะมีแนวโน้มประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่าอาคารที่มีค่า $I_{CUTS}$ สูงกว่า ซึ่งจะตรงข้ามกับดัชนีชี้วัดส่วนใหญ่ที่ใช้มักจะมีการให้คะแนนของดัชนี ในทางยิ่งตัวเลขประเมินสูง ยิ่งมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน




แผนภูมิ 6-2 แสดงความสัมพันธ์ของ $I_{CUTS}$ โดยนำมาแจกแจง Normal Distribution

จากแผนภูมิ 6-2 จากดัชนี $I_{CUTS}$ มีช่วงค่ามาตรฐานเทียบเคียง (Benchmark Index) อยู่ที่ 36.32 ซึ่งอาคารในช่วงนี้จะเป็นอาคารที่มีองค์ประกอบของดัชนีเชิงเดี่ยวดังต่อไปนี้

$I_C$ ;(1/COP) = 0.43

$I_U$ ; ($\Sigma$U.S) = 2.57

$I_T$ ; ($\Delta$T) = 13.06

$I_S$ ; (S/A) = 2.60

โดยอาคารที่เป็นตัวมาตรฐานดัชนีเทียบเคียงจะมีลักษณะที่สามารถวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

-$I_C$ ค่าสัมประสิทธิ์ของเครื่องกลปรับอากาศ เมื่อเทียบเคียงกับค่ามาตรฐาน อยู่ที่ เบอร์ 4 (เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีดัชนีเดิมเป็น เบอร์5 และกลายเป็นเบอร์ 4 ตามข้อกำหนดของเครื่องปรับอากาศใหม่ ปี พ.ศ.2549) หรือ ไม่ได้มีการบำรุงรักษาเครื่องกลตามมาตรฐานที่ดี

-$I_U$ ค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุจะเป็นวัสดุที่ใช้งานทั่วไปในท้องตลาด

- ผนัง เป็นระบบก่ออิฐบล็อกหรืออิฐมอญหนา 10 เซนติเมตร
- หลังคา เป็นกระเบื้องคอนกรีตมีฝ้าเพดานหรือคอนกรีตมีฝ้าเพดานยิปซั่ม ขนาด 12 มม.
- พื้น เป็นคอนกรีตมีวัสดุปูพื้น เช่น กระเบื้องเคลือบ หรือหินธรรมชาติ

จะพบว่าอาคารในช่วงดัชนีเทียบเคียงมาตรฐานไม่มีการใส่วัสดุฉนวนเพิ่มในอาคาร เนื่องจากเป็นข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและอาคารมีอายุมากกว่า10ปีขึ้นไป

- $I_T$ จะมีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในช่วง 38.06 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศภายนอก ของอาคารที่มีต้นไม้ยืนต้นให้ร่มเงาอยู่ในช่วง 30 – 10% ของพื้นที่รอบอาคาร

-$I_S$ ขนาดของอาคารมีพื้นที่อยู่ในช่วง 100 – 200 ตร.ม. ซึ่งอยู่ในช่วงบ้านพักอาศัยขนาดกลาง ประเด็นที่น่าสนใจก็คือขนาดของอาคารในช่วงนี้มีค่า $I_S$ แตกต่างกันมากอันเนื่องมาจากการแปรปรวนจากเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้งานที่มีขนาดแตกต่างกัน เป็นผลมาจากการออกแบบรูปลักษณ์ของสถาปัตยกรรมโดยตรง

จากข้อมูลของดัชนีมาตรฐานเทียบเคียงของอาคารกลุ่มตัวอย่างศึกษาจะพบว่ามีหลายอาคารมีศักยภาพเพียงพอที่จะทำการปรับปรุงค่าดัชนีได้ง่ายสำหรับอาคารนั้น ยกตัวอย่างเช่น

การเปลี่ยนและดูแลเครื่องปรับอากาศใหม่เป็นเบอร์ 5 สำหรับอาคารขนาดเล็กและบ้านพักอาศัยซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปในท้องตลาด อาคารจะมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพอย่างน้อยดีขึ้นถึง16.28%

สำหรับเปลือกอาคารสามารถทำได้โดยนำวัสดุที่มีค่า U-Value ต่ำมาเปลี่ยนแทนหรือประกอบเพิ่ม

สำหรับอุณหภูมิภายนอกนั้นขึ้นอยู่กับสภาพรอบอาคารว่าสามารถปรับปรุงโดยใช้ภูมิสถาปัตยกรรมเข้ามาลดความร้อนรอบอาคารให้เย็นลงเช่น ขึ้นอยู่แต่ละกรณีอาคารนั้นได้ก่อสร้างเต็มพื้นที่ สภาพแวดล้อมเป็นถนนคอนกรีตสาธารณะและลานจอดรถ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุง

แต่ดัชนี $I_S$ นั้นจะปรับเปลี่ยนได้ยากที่สุดเทียบกับตัวแปรอื่นที่กล่าวมา เนื่องจากรูปทรงและรูปร่างของอาคารนั้นได้ทำการก่อสร้างถาวร ในกรณีที่เป็นอาคารที่ถูกสร้างขึ้นแล้ว สิ่งที่พอปรับปรุงได้บ้างอาจต้องดูในรายละเอียดปลีกย่อยของอาคารที่มีพื้นที่ผิวมากเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน มาปรับปรุงให้ลดน้อยลง เช่นปิดช่องเปิดของอาคารบางส่วน แต่การปรับปรุงที่ได้อาจไม่คุ้มค่ากับมูลค่าเงินที่ลงไปหรือเมื่อปรับปรุงแล้วไม่ส่งผลให้เด่นชัดเท่ากับ 3 ตัวแปรที่กล่าวมาก่อนหน้านั้น รวมทั้งต้องตรวจสอบปัญหาการดัดแปลงสิ่งปลูกสร้างอาคารเดิมที่จะมีผลตามมาด้านกฎหมาย ตามพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคารด้วย

จากข้อวิเคราะห์เบื้องต้นนั้นจะพบว่าดัชนีที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สำคัญมากสำหรับขั้นตอนการออกแบบร่างอาคาร (Preliminary Design Process)ไปจนถึงพัฒนาแบบและก่อสร้างจริง โดยสามารถนำดัชนีมาเป็นเครื่องมือ (Design Tool Guideline) ช่วยชี้นำในการตรวจสอบศักยภาพการออกแบบอาคารด้านประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน เพื่อนำมาปรับปรุงและเป็นข้อควรระวังในการทำงาน ซึ่งดัชนีนี้จะช่วยให้ทั้งสถาปนิกและวิศวกร มัณฑนากร ภูมิสถาปนิก รวมทั้งผู้ออกแบบด้านอื่น ๆ ได้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบที่มีต่อการประหยัดพลังงานตั้งแต่จุดเริ่มต้นของงานออกแบบ ทั้งในส่วนของการออกแบบพื้นที่ใช้สอยและการออกแบบรูปทรงอาคารให้ได้ทั้งความสวยงามและมีประสิทธิภาพ การเว้นที่ว่างรอบอาคารเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดี ในขณะเดียวกันรวมทั้งการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีค่า u ต่ำหรือเป็นฉนวนอย่างเหมาะสม มีการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ร่วมกับแสงประดิษฐ์และเลือกประสิทธิภาพเครื่องกลปรับอากาศและเครื่องกลอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพให้เหมาะสมที่สุด

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยตามที่กล่าวมาแล้วตาม5.4 สามารถนำดัชนี $I_{CUTS}$ มาขยายศักยภาพในการประเมินเพิ่มขึ้น พิจารณาจากความสัมพันธ์ของดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร สามารถนำมาวิเคราะห์เพิ่มโดยวิธีขยายความโดยเพิ่มตัวแปรดัชนีการใช้พลังงานทางด้านไฟฟ้า (Lighting Load: $I_{L)}$ เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ของอาคารต่อปี เพื่อให้ภาพของการใช้ดัชนีมีความชัดเจนยิ่งขึ้นวิเคราะห์ตามแบบสมการ ดังต่อไปนี้

$$I_{CUTS} = 1/COP * \Sigma US * \Delta T * S/A \quad (1)$$

โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง

Lighting Load: $I_L$ = กำลังไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ * พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการเปิดไฟฟ้าแสงสว่าง 1 วัตต์ (2)

โดยที่พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการเปิดไฟฟ้าแสงสว่าง 1 วัตต์ สามารถหาได้จากการนำพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จ่ายให้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 1 วัตต์นั้น ไปรวมกับพลังงานที่ระบบปรับอากาศต้องใช้ไปในการลดความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง 1 วัตต์นั้น (ซึ่งหาได้จากการเอาความร้อน 3.412 Btu (1 วัตต์) หารด้วยค่า COP ของระบบปรับอากาศในพื้นที่นั้นๆ)ซึ่งการออกแบบตามมาตรฐานทั่วไปนั้น จะใช้กำลังไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างสำหรับอาคารต่างๆ ดังนี้

ตาราง 6-1 แสดงกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกตามประเภทอาคาร

| ลำดับที่ | ประเภทอาคาร | กำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(สูงสุด)ต่อ 1 ตร.ม. (Watt / ตร.ม.) |
|---|---|---|
| 1 | สำนักงาน สถานศึกษา | 14 |
| 2 | ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า ซุปเปอร์สโตร์ | 18 |
| 3 | โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น | 12 |
| 4 | อาคารพักอาศัย | 25 |

ที่มา : (คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม : อาคารที่ไม่ใช่อาคารพักอาศัย (อาคารสาธารณะ), 2550) (คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม : อาคารพักอาศัย ,/2550)

ดังนั้น ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่ต่อชั่วโมง

$\Sigma I = I_{CUTS} + I_L$ (1)+(2)=(3)

ค่าพลังงานไฟฟ้าของอาคารต่อพื้นที่ต่อปี

$\Sigma I = (I_{CUTS} + I_L)^*$ จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อปี* ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (4)

จากสมการความสัมพันธ์ดัชนีประหยัดพลังงานสามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ตามสมการ (4) เพื่อนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาประสิทธิภาพของอาคารเทียบเป็นมูลค่าเงินได้ ทำให้เห็นภาพของการใช้พลังงานได้ชัดเจนยิ่งขึ้นตามตัวอย่างอาคาร 3 ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 บ้านชีวาทิตย์

$I_{CUTS}$ = 1/COP * ΣUS * $\Delta$T * S/A..... (1)

= 0.25 * 2.43 * 7 * 0.28

= 1.17 watts.hrs/ $m^2$

$I_L$ = (กำลังไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างต่อพื้นที่)* (พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศอันเกิดจากดวงโคมต่อ1Watt)..... (2)

=2Watts/ $m^2$ * (1Watt+ (3.412/EER))

= 2 * (1+ (3.412/15))

= 2* 1.227

=2.454 watts.hrs/ $m^2$

$\Sigma I = I_{CUTS} + I_L$ (1)+(2)=(3)

= 3.57 watts.hrs/ $m^2$

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี = $(I_{CUTS} + I_L)$ · จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี (4)
(ในกรณีนี้บ้านชีวาทิตย์มีการปรับอากาศตลอด 24 ชม. )

= (1.17 * 8,760) +(2.454 * 3,000)

= 17,611.2 watts.hrs/ $m^2$ year

= 17.61 KWH/ $m^2$ year

กรณีที่ 2 อาคารเรียนรวมมหาวิทยาลัยชินวัตร

$I_{CUTS}$ = 1/COP * ΣUS * $\Delta$T * S/A (1)

= 0.25 • 0.63• 1.33 • 0.25

= 2.09

$I_L$ = กำลังไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ *1.227 (2)

= 6 • 1.227

= 7.362 watts.hrs/$m^2$

$\Sigma I$ = $I_{CUTS}$+ $I_L$ (1)+(2) =(3)

= 9.452 watts.hrs/$m^2$

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี = ($I_{CUTS}$+ $I_L$) • จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี (4)

= 9.452 • 2,000

= 18,904 watts.hrs/$m^2$ year

= 18.91 KWH/$m^2$ year

กรณีที่ 3 บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2

(ในกรณีนี้ นำการใช้พลังงานแสงสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่คำนวณจากแบบก่อสร้างบ้านพักอาศัย เท่ากับ 7.53 Watts/sq.m.(อรรจน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวณิค,2550))

$I_{CUTS}$ = 1/COP * ΣUS * $\Delta$T * S/A (1)

= 2.83 • 3.99 • 12 • 0.397

= 53.77

$I_L$ =7.53 Watts/sq.m. * (1Watt+ (3.412/EER)) (2)

= 7.53 * 1.31

= 11.37

$\Sigma I$ = $I_{CUTS}$+ $I_L$ (1)+(2) =(3)

= 65.14

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี = ($I_{CUTS}$+ $I_L$) • จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี (4)

= 65.14 • 3,000

= 195,420 watts.hrs/$m^2$ year

= 195.42 KWH/$m^2$ year

กรณีที่ 4 อาคารสำนักงาน Archi-Nistrics

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$I_{CUTS}$ = 1/COP * ΣU.S * $\Delta$T * S/A (1)

= 0.36 * 4.14 * 17 * 2.37

= 60.19

$I_L$ = ไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างต่อพื้นที่*(1Watt+ (3.412/EER)) (2)

= 14 * 1.31

= 18.34

ΣI = $I_{CUTS}$+ $I_L$ (1)+ 2) =(3)

= 78.53

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี = ($I_{CUTS}$+ $I_L$) • จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี (4)

= 78.53 * 2,000

= 157,060 watts.hrs/$m^2$ year

= 157.06 KWH/$m^2$ year

ตาราง 6-2 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปีของอาคารตัวอย่าง 4 หลัง

Electrical Consumption per Year

| อาคาร | $I_{CUTS}$ | กำลังไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างต่อพื้นที่ Watts/$m^2$ | $I_L$ | จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี Hrs | ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWH/$m^2$ years) |
|---|---|---|---|---|---|
| **บ้านชีวาทิตย์** | 1.17 | 2.00 | 2.454 | 3,000 (8,760เฉพาะปรับอากาศ) | 17.61 |
| **อาคารเรียนรวม ม.ชินวัตร** | 2.09 | 6.00 | 7.362 | 2,000 | 18.91 |
| **บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2** | 53.77 | 7.53 | 11.37 | 3,000 | 195.42 |
| **อาคารสำนักงาน** Archi-Nistrics | 60.19 | 14.00 | 18.34 | 2,000 | 157.06 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จาก 4 อาคารตัวอย่าง จะพบว่า บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2 เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานต่อตารางเมตรต่อปีมากที่สุดรองลงมาคืออาคารสำนักงาน Archi-Nistrics นอกจากนี้ยังพบว่าบ้านชีวาทิตย์เป็นอาคารพักอาศัยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า[1]ต่ำมาก ถึงแม้จะเป็นอาคารเดียวในแบบประเมินที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ 24 ชั่วโมงมากกว่าอาคารอีก 3 หลัง ที่มีการใช้งานปรับอากาศปกติ(2000 ชั่วโมงแบบสำนักงาน และ 3000 ชั่วโมงแบบบ้านพักอาศัย) เนื่องจากเป็นอาคาร ที่มีดัชนีชี้วัด $I_{CUTS}$ ในเกณฑ์ดีเยี่ยมเพราะมีการบูรณาการด้านออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน

จากตาราง 6-2 จะพบว่าดัชนีชี้วัด $I_L$ของบ้านชีวาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ2.454 เนื่องจากว่ามีปัจจัยการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาเสริมช่วยกับแสงประดิษฐ์ อีกทั้งหลอดโคมมีค่าการสะท้อนแสงกระจายมากขึ้น ส่งผลให้ใช้กำลังไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างต่อพื้นที่ เพียง 2 Watts/$m^2$ และยังคงเพียงพอต่อการใช้งานได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยทั่วไปน้อยกว่า 3.765 เท่า (เทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้สูงสุดสำหรับการออกแบบบ้านพักอาศัยที่ 25 Watts/$m^2$น้อยกว่าถึง12.5 เท่า) นอกจากลดการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานจากการใช้หลอดไฟแล้ว ยังลดภาระความร้อนที่เกิดจากการใช้งานหลอดไฟที่ไปเพิ่มภาระการปรับอากาศภายในอาคารอีกทางหนึ่งด้วย

ตามข้อสรุปประเด็นที่กล่าวมานี้สามารถชี้นำว่า ถ้านำวิธีการออกแบบและเข้าใจและใช้ธรรมชาติมาช่วยปรุงแต่ง(Natural Gain)อย่างถูกวิธีจะเป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอาคารให้ดีขึ้น เช่นกรณี บ้านชีวาทิตย์ ต้องพึ่งพาความเข้าใจในวัสดุกรอบอาคาร และข้อได้เปรียบของอาคารที่มีรูปทรงอาขนาดเล็กสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้เต็มที่ เมื่อเทียบกับอาคารขนาดใหญ่ เช่นในกรณีอาคารเรียนรวมมหาวิทยาลัยชินวัตรซึ่งมีการออกแบบใช้แสงธรรมชาติจะเข้าไปช่วยแต่ได้แค่ระดับหนึ่งเท่านั้นเนื่องจากระยะความลึกของอาคาร ทำให้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้าไปใช้ในอาคารมีความสว่างไม่เพียงพอต่อการทำงาน (รวิช ควรประเสริฐ,2537) ทำให้อาคารพักอาศัยที่มีขนาดเล็กมีข้อได้เปรียบที่จุดนี้(ถึงแม้จะเสียเปรียบ ในเรื่องสัดส่วนเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย; S/A)

ซึ่งสามารถออกแบบและใช้กำลังไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างต่อพื้นที่ลดลงเหลือเพียง 2 Watts/$m^2$ (น้อยกว่าอาคารสาธารณะทั่วไปถึง 7 เท่า) ทำให้ ดัชนี $I_L$ มีค่าลดลงและเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตร ต่อปี จะพบว่ามีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2 แล้วจะต่างกันถึง 3 เท่า ทำให้อนุมานว่าสำหรับ อาคารที่ไม่ได้คำนึงการ

---

[1] ในกรณีศึกษาของบ้านชีวาทิตย์ ยังไม่ได้คิด ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เองจากแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อใช้ในอาคาร และมีปริมาณเหลือเพียงพอที่จะขายให้กับการไฟฟ้า

ออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานทั้งบ้านพักและอาคารสำนักงานตามตัวอย่าง ซึ่งมีเลขดัชนี $I_{CUTS}$ ที่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อมารวมกับดัชนี $I_L$ (ที่ถือได้ว่าเป็นค่าคงที่ของการออกแบบระบบส่องสว่างทั่วไปสำหรับบ้านพักอาศัยและสำนักงานทั่วไปในปัจจุบัน) ทำให้ผลการใช้พลังงานเพิ่มทวีคูณมากขึ้นไปอีก ประเด็นนี้จะพบว่า เลขดัชนีชี้วัดทั้งสองตัวชี้ให้เห็นถึงการขาดการบูรณาการทางด้านการออกแบบทั้งงานสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมระบบรวมถึงงานประหยัดพลังงานที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญและทุกฝ่ายควรที่จะเรียนรู้เพื่อหาทางลดการใช้พลังงานลงอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ในประเด็นส่วนพลังงานไฟฟ้า ที่ประเมินได้ จากบ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2 มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 195.42 KWH/$m^2$ year เนื่องจากการออกแบบบ้านออกแบบโดยอิงระบบธรรมชาติ (Passive Design) และมีราคาถูก แต่จากสภาพแวดล้อมปัจจุบัน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกไม่เอื้อต่อภาวะน่าสบายของมนุษย์ ทำให้ต้องมาใช้เครื่องปรับอากาศ (Active Design) ในภายหลังแล้ว ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นกว่าเดิมดังตัวอย่าง

เมื่อเทียบ กับบ้านชีวาทิตย์ จะพบว่า มีค่าการใช้ดัชนีฯพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ17.61 KWH/$m^2$ year เทียบกับ ค่าไฟฟ้าที่ได้จากการใช้งานจริง ตามตาราง 5-5 เท่ากับ 32.0 KWH/$m^2$ year อนุมานว่า ดัชนีชี้วัดรวม $I_{CUTS}$และ $I_L$ ทั้งสองดัชนี มีค่าเป็นสัดส่วนร้อยละ 55.03 ของ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงทั้งหมด ทำให้ดัชนีมีศักยภาพในการประเมินประสิทธิภาพของอาคารได้ใกล้เคียง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการวิเคราะห์หาแนวทางที่ถูกต้องในการสร้างเครื่องมือชี้วัดพลังงานอย่างง่ายขึ้นมา เพื่อให้นำไปใช้ได้ง่าย แต่ถ้าต้องการเพิ่มความเที่ยงตรงสำหรับชุดดัชนีดังกล่าว ควรที่ทำการศึกษาเงื่อนไขปลีกย่อยแยกละเอียดเพื่อกำหนดเป็นตัวปรับแต่งดัชนี (Modifier) อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มตัวแปร อาทิเช่น

- เพิ่มตัวแปรปัจจัยการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) สำหรับกลุ่มวัสดุอาคารและช่องเปิดของอาคาร พิจารณาภาระที่เกิดจากความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส
- เพิ่มตัวแปรปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)ที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมรวมไปถึง เปลือกอาคาร
- ควรพิจารณาหาดัชนีแยกย่อยสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และพื้นที่ขนาดเล็กประเภทการใช้งาน สถานที่ตั้ง เพื่อที่จะให้เห็นผลชัดเจนมากยิ่งขึ้น
- คำนึงถึงประสิทธิภาพของหลอดไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมไปถึงจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารที่เป็นผลต่อภาระการปรับอากาศด้วย

- การบำรุงรักษาและใช้งานของผู้ใช้อาคาร (User Pattern) ว่ามีความเอาใจใส่และคำนึงถึงการประหยัดพลังงานมากน้อยแค่ไหน แม้กระทั่งการแต่งตัวของผู้ใช้อาคาร (Clo-value) ที่เหมาะสมก็มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิภาวะน่าสบายในอาคารเช่นกัน

- แม้กระทั่งการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานอื่น ๆ ในอาคารได้เอง ควรที่จะนำมาเป็นตัวแปรที่ลดค่าของดัชนีลงมาด้วยอีกเช่นกัน

- รวมไปจนถึง เมื่อนำดัชนีไปประเมินค่าอาคารเดิมได้แล้ว ถ้าจะมีการปรับปรุงอาคารเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ หรืออาคารที่อยู่ในระหว่างออกแบบก่อสร้าง ก็สามารถทำได้โดยการนำปัจจัยต่างๆที่จะปรุงแต่งอาคารให้มีประสิทธิภาพ มาคำนวณหาต้นทุนอาคาร ว่ามีความเหมาะสมต่อการลงทุนหรือไม่

ซึ่งจากผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ เป็นเพียงแค่จุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์และขยายความสัมพันธ์สำหรับดัชนีการวัดประสิทธิภาพของพลังงานในเขตร้อนชื้นเท่านั้น ดัชนีที่ได้นำมาเป็นเครื่องมือชี้วัดในการออกแบบ (Design Guide Tools Index) อย่างเข้าใจง่ายสำหรับสถาปนิกและบุคคลทั่วไปให้มีการเข้าใจถึงแนวทางการประหยัดพลังงาน และสามารถออกแบบจนไปถึงปรับปรุงได้ตรงประเด็นโดยมุ่งเน้นการจัดการลดภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่มีถึง77% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร แต่อย่างไรก็ตามควรที่มีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลเพิ่มเติมโดยละเอียดนำมาหาความสัมพันธ์วิเคราะห์แบบต่อเนื่องของดัชนีประหยัดพลังงาน เพื่อขยายโซ่ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแปรเชิงเดี่ยว (Singular Index) ด้านอื่นให้มีความชัดเจนโดยค่าต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมและวิจัยต่อเพื่อทำให้ดัชนีชี้วัดรวม(Composite Index)สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แม้กระทั่งการใช้วัสดุถ้าสามารถโยงไปถึงวัสดุที่ดีและไม่มีการทำลายสภาพแวดล้อมหรือมาจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนทดแทนขึ้นมาใหม่ ลดภาระของการเกิด ก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas)น่าเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างสรรค์และอนุรักษ์พลังงานให้ยั่งยืนอีกด้วย จนไปถึงการผลักดันดัชนีให้เป็นกลไกพิจารณาการคุ้มทุนระหว่างการลงทุนในการประหยัดพลังงานของแต่ละตัวแปรกับผลประหยัดพลังงานที่ได้รับ เกี่ยวเนื่องไปถึงการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศหรือการประยุกต์ข้อมูลในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันจากภูมิอากาศร้อนชื้นที่ได้ทำการ ศึกษาไว้เพื่อที่จะยืนยัน (Verification) ทฤษฎีที่นำเสนอมามีความชัดเจนและเป็นแกนหลักในการวิเคราะห์ถึงดัชนีอันมีประสิทธิภาพในอนาคตต่อไป

# รายการอ้างอิง


**ภาษาไทย**

เกชา ธีระโกเมน. เครื่องปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.พ., 2527.

เกชา ธีระโกเมน. ความรู้เบื้องต้น วิศวกรรมงานระบบ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอ็มแอนด์อี, 2539.

เกชา ธีระโกเมน.กรรมการผู้จัดการ บริษัท เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด. สัมภาษณ์. 10 มกราคม 2550.

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2548/ Thailand Energy Situation 2005. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน, 2548.

โครงการความร่วมมือระหว่างไทย-สวีเดน ตามแผนปฏิบัติการ21 ระดับท้องถิ่น. A Guide for Local Agenda 21 in Thailand (SIDA). กรุงเทพมหานคร, 2545.

ชินวุธ สุนทรสีมะ, หลักและวิธีการทำวิทยานิพนธ์รายงานประจำภาคและเอกสารวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2529

ชูศรี วงศ์รัตนะ. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: เทพเนรมิตการพิมพ์, 2544.

นิพัทธ์ ซื่อตรง. กรรมการผู้จัดการ บริษัท นิพัทธ์แอนด์แอสโซซิเอทส์ จำกัด. สัมภาษณ์. 21 มีนาคม 2550.

ดนัย เทียนพุฒ. KPIs : Key performance indicators/BSC : The balanced scorecard ดัชนีวัดผลสำเร็จธุรกิจ .กรุงเทพมหานคร: นาโกต้า, 2545

ดนัย เทียนพุฒ. ดัชนีวัดผลสำเร็จธุรกิจ (KPIs) และการประเมินองค์กรแบบสมดุล (BSC : The Balanced Scorecard) ภาคที่ 1 โมเดล KPIs เพื่อ Benchmarking .พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร:บริษัท ดี เอ็น ที คอนซัลแตนท์, 2546

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ทิพย์สุดา ปทุมานนท์, จิตวิทยาสถาปัตยกรรมสวัสดี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ธีระศักดิ์ อุรัจนานนท์. ความน่าจะเป็นและสถิติประยุกต์ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: สยามสปอร์ตซินดิเคท, 2546.

พิชิต พิทักษ์เทพสมบัติ. ทฤษฎี วิธีวิจัย สถิติและเทคนิคในการวิเคราะห์. คณะรัฐศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เสมาธรรม, 2549.

รวิช ควรประเสริฐ . ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานทั่วไป. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

วิชัย อิทธิวิศวกุล (สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร). อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. กองอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ . อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม. การวิจัยการออกแบบเพื่อกายภาพบำบัดและสร้างดัชนีระบบนิเวศ. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

สันติ ฉันทวิลาสวงศ์. เลือก : สถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สันติ ฉันทวิลาวงศ์. สถาปัตยกถา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร: สามลดา, 2546.

สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค. การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สุนทร บุญญาธิการ. กรณีศึกษาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติการวิจัยประยุกต์เพื่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. วารสารอาษา (สิงหาคม 2539): 60 –102.

สุนทร บุญญาธิการ. รายงานการวิจัยประกอบการจัดทำมาตรฐานหมายเลข 8 เรื่องการกันความร้อนให้กับกรอบอาคารและหลังคาเสนอต่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. กันยายน 2540.

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. วารสารอาษา (กรกฎาคม 2539): 102 –103.

สุนทร บุญญาธิการ. การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. วารสารพลังงาน (Journal of Energy) ฉบับพิเศษ (2537): 28 – 51.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย. (วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครบรอบ 60 ปี (2536), 16 – 24.)

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โอเอส.พริ้นติ้งเฮาส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. เอกสารประกอบการเขียนวิชาสัมมนา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ, 2548.

สุนทร บุญญาธิการ. ปรัชญาการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครบรอบ 60 ปี (2536): 8 – 15.

สุนทร บุญญาธิการ. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ อาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่าง ของกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน. วารสารอาษา (มิถุนายน 2539): 12 – 16.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: โอเอส.พริ้นติ้งเฮาส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชีวิตและผลิตพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สุนทร บุญญาธิการ. เอกสารประกอบการสอนวิชาสัมมนา สาขาเทคโนโลยีอาคาร. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . กรุงเทพมหานคร, 2548. (อัดสำเนา)

สุภัทร สราญเลิศ . แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารจากข้อมูลที่ใช้ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนจากกรอบอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2535.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน. นี่สิบ้านหารสอง. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ, 2546.

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. รวมบทความทางวิธีวิทยาการวิจัย เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

อัครเดช สินธุภัค. การปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.

อรรจน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวณิค. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว:การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 (23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมใบหยกสกาย จังหวัดกรุงเทพฯ). หน้า 1-15. กรุงเทพมหานคร, 2550. (อัดสำเนา)

อามาล ภักดีธรรม . แนวทางการทำดัชนีเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สำหรับอาคารประเภทโรงแรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

อุทัย ศุจิสกุลวงศ์ . การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อสร้างของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

อุษณีย์ มิ่งวิมล . แนวทางการทำแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 . กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์, 2546.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาษาอังกฤษ**.

Alternative Energy Development and Efficiency, Department. Thailand Energy Situation 2005.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. 1989 ASHRAE Handbook Fundamental. I – P Edition. Atlanta Georgia, 1989.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Applications Handbook. I – P Edition. (n.p.), 1995.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Systems and Equipment Handbook. SI Edition. (n.p.), 1996.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Refrigerating Systems and Applications Handbook. SI Edition. (n.p.), 1995.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. Energy Standard for Buildings Except Low-rise Residential Buildings. SI Edition. (n.p.), 2004.

Babbie, E. Social Research. The United States of America, 2002.

Bahadori, M. N. Passive Cooling Systems in Lranian Architecture. Vol. 238. no.2. Scientific American, 1978.

Bakewell, K. and Graham B. Classification and indexing practice. London : Bingley, 1978.

Bengt, K. Benchlearning : good examples as a lever for development. Kurt Lundgren and Marie Edenfeldt Froment. Chichester : Wiley, c2001.

Briggs, D. (2003) Towards a core set of indicators. Available at: www.who.int/entity/phe/children/en/cehindic.pdf. Accessed: January 2007.

BREEAM. http://www.breeam.org . Accessed: June 2006.

CASBEE for new construction. Tool-1(2004 edition) institute for building environment and energy conservation / IBEC.

Centre for Education and Training in Renewable Energy and Energy Efficiency. Your Guide to Energy Efficiency at Home. CETREE, Pulau Pinang, 2002.

Chirarattananon, S. , Chaiwiwat ,P., Hien, V.D., Rugkwamsuk, P., and Kabaha, K. Revised Building Code of Thailand : Potential Energy and Power Demand

Savings, เอกสารการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2, 27-29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

Cope, P. J. H., and P. James. D.R. Energy policy and land-use planning : an international perspective. Oxford : Pergamon, [c1984].

Conference proceedings. Green architecture : The sustainable built environment in the new millennium April 21-22, 2000. Bangkok : The Council of Deans of Architecture Schools of Thailand, 2000.

Dorf, R. C. Energy, resources, & policy. Reading, Mass. : Addison-Wesley, [c1978]

Dryden, I. G. C. The Efficient use of energy. Butterworth Scientific in collaboration with the Institute of Energy acting on behalf of the UK Dept. of Energy,1982.

Fanger, P. O. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company. United States, 1970.

Field, B. J. Development of an integrated indexing and classification London : Institution of Electrical Engineers, 1972.

Ford, K. W. Efficient use of energy : [the APS studies on the technical aspects of the more efficient use of energy]. American Institute of Physics, 1975.

GREEN MARK. http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_buildings.html . Accessed: June 2006.

Groat, L. Wang, D. Architectural research methods. The United States of America, 2002.

Hagel, J. Alternative energy strategies : constraints and opportunities. New York : Praeger, 1976.

Henry, H. W. Energy management : theory and practice. New York : Marcel Dekker, c1980.

Heyes, S., Hardy, M., Humphreys, P., and Rookes, P. Starting Statistics in Psychology and Education. Oxford University Press, Walton Street, Oxford ox2 6DP, Reprinted 994.

Hemdal, J. F. The energy center : new alternative for effective energy use. Ann Arbor, Mich. : Ann Arbor Science, c1979.

Knowles, R. L.: Energy and form : an ecological approach to urban growth. Cambridge : M.I.T. Press, 1974.

Lee, T. H. Energy Aftermath, Harvard business school press. Boston, Massachusetts, 1992, pp251-255.

LEED http://www.usgbc.org/ Accessed: June 2006.

Manning, R. A. The Energy Factor 2000 Myths and Dilemmas of Energy, security and the pacific future, Palgrave[tm], New York, 2000, pp169-186.

Manual, F. The Measurement of Scientific and Technological Activities - Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development . Paris :OECD ,1994.

Meier, A. Energy and buildings. Lausanne : Elsevier Sequoia, 1983

Moran, M. J. Availability analysis : a guide to efficient energy use. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1982.

Munasinghe, M. Energy economics, demand management, and conservation policy. New York : Van Nostrand Reinhold, 1983.

Organisation for Economic and Cooperation Development( OECD). Environment Monographs ,General Distribution, Paris,1993

O'Connor, B. C. Explorations in indexing and abstracting : pointing, virtue, and power. Libraries Unlimited, c1996.

Olgyay, V. Design with Climate. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992.

Pedersen, C. O., Fisher, D. E., Spitler, J. D.,and Liesen, R. J. Cooling and Heating Load Calculation Principles. ASHRAE, 1998.

Pedersen, C. O., Fisher D. E., Spitler J. D.,and Liesen, R. J. Cooling And Heating Load Calculation Principles. The United States of America. American Society of Heating, 1998.

Pearson, P. Energy policies in an uncertain world. Basingstoke, Hants : Macmillan, 1989.

Persson, B. Sustainable City of Tomorrow ; Green Points for a Greener Home Environment. Formas, Stockholm, 2005, pp51-52.

The Standard Assessment Procedure (SAP) and Carbon Index: http://projects.bre.co.uk/sap2005/ Accessed: August 2006.

Schipper, L. Energy efficiency and human activity : Past trends, future prospects. Cambridge : Cambridge University Press, 1995.

Schipper, L., Meyers, S., Howarth, R. B., and Steiner, R . Energy efficiengy and human activity : past trends, future prospects. Cambridge ;New York, NY, : Cambridge University Press, 1992.

Rantanen, J. et al (2001). Strategy on European community health indicator (ECHI). Available at: http://europa.eu.int/comm/health/ph_information/documents/ev20040705_co11_en.pdf. Accessed: February 2007.

Rossi, P. H., and Freeman, H. E. Evaluation a systematic approach 7th ed. Sage Publications, USA, 2004, pp311-342.

Sinha. P.C. Energy crisis. New Delhi : Anmol Publications, c1998. Energy and the environment : policy overview.Paris : OECD, 1989.

Soontorn Boonyatikarn. World Conference & Exhibition 24-29 January 2000 (2000: Geneva,Switzerland). Chulalongkorn university, 2000.

Stein, b., and Reynolds, J.S. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. New York: John Wiley & Sons, 1992.

Thai Gypsum Products Public Company Limited. Energy Efficient Design of Buildings in Thailand. Bangkok, 1995.

The Energy Conservation Promotion Act. B.E. 2535 http://www.eppo.go.th/admin/law/doc-NEPO-ACT2.html Accessed: July 2006.

Tienchai. choosing the right mix. Bangkok : Thailand Development Research Institute, 1990.

Thompson, R. G., and Calloway, J. A. Lillian Nawalanic. Gulf Pub. Co., Book Division, 1978.

Tuve, George L. environment, populations, and food; our four interdependent crises. New York : Wiley, 1976

United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook Year Book 2006. Division of Early Warning and Assessment. Nairobi, 2006.

Zeisel, J. Inquiry by design : Tools for environment- behavior research. The United States of America: Cambridge university press, 1984

# ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก.

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อนของวัสดุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก1 **Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values[a]**

| Description | Density, kg/m³ | Conductivity[b] (k), W/(m·K) | Conductance (C), W/(m²·K) | Resistance[c] (R) 1/k, K·m/W | Resistance[c] (R) For Thickness Listed (1/C), K·m²/W | Specific Heat, kJ/(kg·K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **BUILDING BOARD** | | | | | | |
| Asbestos-cement board | 1900 | 0.58 | — | 1.73 | — | 1.00 |
| Asbestos-cement board 3.2 mm | 1900 | — | 187.4 | — | 0.005 | — |
| Asbestos-cement board 6.4 mm | 1900 | — | 93.7 | — | 0.011 | — |
| Gypsum or plaster board 9.5 mm | 800 | — | 17.6 | — | 0.056 | 1.09 |
| Gypsum or plaster board 12.7 mm | 800 | — | 12.6 | — | 0.079 | — |
| Gypsum or plaster board 15.9 mm | 800 | — | 10.1 | — | 0.099 | — |
| Plywood (Douglas fir)[d] | 540 | 0.12 | — | 8.66 | — | 1.21 |
| Plywood (Douglas fir) 6.4 mm | 540 | — | 18.2 | — | 0.055 | — |
| Plywood (Douglas fir) 9.5 mm | 540 | — | 12.1 | — | 0.083 | — |
| Plywood (Douglas fir) 12.7 mm | 540 | — | 9.1 | — | 0.11 | — |
| Plywood (Douglas fir) 15.9 mm | 540 | — | 7.3 | — | 0.14 | — |
| Plywood or wood panels 19.0 mm | 540 | — | 6.1 | — | 0.16 | 1.21 |
| Vegetable fiber board | | | | | | |
| Sheathing, regular density[e] 12.7 mm | 290 | — | 4.3 | — | 0.23 | 1.30 |
| 19.8 mm | 290 | — | 2.8 | — | 0.36 | — |
| Sheathing intermediate density[e] 12.7 mm | 350 | — | 5.2 | — | 0.19 | 1.30 |
| Nail-base sheathing[e] 12.7 mm | 400 | — | 5.3 | — | 0.19 | 1.30 |
| Shingle backer 9.5 mm | 290 | — | 6.0 | — | 0.17 | 1.30 |
| Shingle backer 7.9 mm | 290 | — | 7.3 | — | 0.14 | — |
| Sound deadening board 12.7 mm | 240 | — | 4.2 | — | 0.24 | 1.26 |
| Tile and lay-in panels, plain or acoustic | 290 | 0.058 | — | 17. | — | 0.59 |
| 12.7 mm | 290 | — | 4.5 | — | 0.22 | — |
| 19.0 mm | 290 | — | 3.0 | — | 0.33 | — |
| Laminated paperboard | 480 | 0.072 | — | 13.9 | — | 1.38 |
| Homogeneous board from repulped paper | 480 | 0.072 | — | 13.9 | — | 1.17 |
| Hardboard[e] | | | | | | |
| Medium density | 800 | 0.105 | — | 9.50 | — | 1.30 |
| High density, service-tempered grade and service grade | 880 | 0.82 | — | 8.46 | — | 1.34 |
| High density, standard-tempered grade | 1010 | 0.144 | — | 6.93 | — | 1.34 |
| Particleboard[e] | | | | | | |
| Low density | 590 | 0.102 | — | 9.77 | — | 1.30 |
| Medium density | 800 | 0.135 | — | 7.35 | — | 1.30 |
| High density | 1000 | 0.170 | — | 5.90 | — | 1.30 |
| Underlayment 15.9 mm | 640 | — | 6.9 | — | 0.14 | 1.21 |
| Waferboard | 590 | 0.01 | — | 11.0 | — | — |
| Wood subfloor 19.0 mm | — | — | 6.0 | — | 0.17 | 1.38 |
| **BUILDING MEMBRANE** | | | | | | |
| Vapor—permeable felt | — | — | 94.9 | — | 0.011 | |
| Vapor—seal, 2 layers of mopped 0.73 kg/m² felt | — | — | 47.4 | — | 0.21 | |
| Vapor—seal, plastic film | — | — | — | — | Negl. | |
| **FINISH FLOORING MATERIALS** | | | | | | |
| Carpet and fibrous pad | — | — | 2.73 | — | 0.37 | 1.42 |
| Carpet and rubber pad | — | — | 4.60 | — | 0.22 | 1.38 |
| Cork tile 3.2 mm | — | — | 20.4 | — | 0.049 | 2.01 |
| Terrazzo 25 mm | — | — | 71.0 | — | 0.014 | 0.80 |
| Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber | — | — | 113.6 | — | 0.009 | 1.26 |
| vinyl asbestos | | | | | | 1.01 |
| ceramic | | | | | | 0.80 |
| Wood, hardwood finish 19 mm | — | | 8.35 | — | 0.12 | |
| **INSULATING MATERIALS** | | | | | | |
| *Blanket and Batt*[f,g] | | | | | | |
| Mineral fiber, fibrous form processed from rock, slag, or glass | | | | | | |
| approx. 75-100 mm | 6.4-32 | — | 0.52 | — | 1.94 | |
| approx. 90 mm | 6.4-32 | — | 0.44 | — | 2.29 | |
| approx. 90 mm | 19-26 | — | 0.38 | — | 2.63 | |
| approx. 140-165 mm | 6.4-32 | — | 0.30 | — | 3.32 | |
| approx. 140 mm | 10-16 | — | 0.27 | — | 3.67 | |
| approx. 150-190 mm | 6.4-32 | — | 0.26 | — | 3.91 | |
| approx. 210-250 mm | 6.4-32 | — | 0.19 | — | 5.34 | |
| approx. 250-330 mm | 6.4-32 | — | 0.15 | — | 6.77 | |
| *Board and Slabs* | | | | | | |
| Cellular glass | 136 | 0.050 | — | 19.8 | — | 0.75 |
| Glass fiber, organic bonded | 64-140 | 0.036 | — | 27.7 | — | 0.96 |
| Expanded perlite, organic bonded | 16 | 0.052 | — | 19.3 | — | 1.26 |
| Expanded rubber (rigid) | 72 | 0.032 | — | 31.6 | — | 1.68 |
| Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (CFC-12 exp.) | 29-56 | | | | | |

ตาราง ก2 **Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values[a] (*Continued*)**

| Description | Density, kg/m$^3$ | Conductivity[b] (*k*), W/(m·K) | Conductance (*C*), W/(m$^2$·K) | Resistance[c] (*R*) 1/*k*, K·m/W | Resistance[c] (*R*) For Thickness Listed (1/*C*), K·m$^2$/W | Specific Heat, kJ/(kg·K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (HCFC-142b exp.)[h] | 29-56 | 0.029 | — | 34.7 | — | 1.21 |
| Expanded polystyrene, molded beads | 16 | 0.037 | — | 26.7 | — | — |
| | 20 | 0.036 | — | 27.7 | — | — |
| | 24 | 0.035 | — | 28.9 | — | — |
| | 28 | 0.035 | — | 28.9 | — | — |
| | 32 | 0.033 | — | 30.2 | — | — |
| Cellular polyurethane/polyisocyanurate[i] (CFC-11 exp.) (unfaced) | 24 | 0.023-0.026 | — | 43.3-38.5 | — | 1.59 |
| Cellular polyisocyanurate[i] (CFC-11 exp.) (gas-permeable facers) | 24-40 | 0.023-0.026 | — | 43.3-38.5 | — | 0.92 |
| Cellular polyisocyanurate[j] (CFC-11 exp.) (gas-impermeable facers) | 32 | 0.020 | — | 48.8 | — | 0.92 |
| Cellular phenolic (closed cell) (CFC-11, CFC-113 exp.)[k] | 32 | 0.017 | — | 56.8 | — | — |
| Cellular phenolic (open cell) | 29-35 | 0.033 | — | 30.5 | — | — |
| Mineral fiber with resin binder | 240 | 0.042 | — | 23.9 | — | 0.71 |
| Mineral fiberboard, wet felted | | | | | | |
| Core or roof insulation | 260-270 | 0.049 | — | 20.4 | — | |
| Acoustical tile | 290 | 0.050 | — | 19.8 | — | 0.80 |
| Acoustical tile | 340 | 0.053 | — | 18.7 | — | |
| Mineral fiberboard, wet molded | | | | | | |
| Acoustical tile[l] | 370 | 0.060 | — | 16.5 | — | 0.59 |
| Wood or cane fiberboard | | | | | | |
| Acoustical tile[l] 12.7 mm | — | — | 4.5 | — | 0.22 | 1.30 |
| Acoustical tile[l] 19.0 mm | — | — | 3.0 | — | 0.33 | |
| Interior finish (plank, tile) | 240 | 0.050 | — | 19.8 | — | 1.34 |
| Cement fiber slabs (shredded wood with Portland cement binder) | 400-430 | 0.072-0.076 | — | 13.9-13.1 | — | — |
| Cement fiber slabs (shredded wood with magnesia oxysulfide binder) | 350 | 0.082 | — | 12.1 | — | 1.30 |
| *Loose Fill* | | | | | | |
| Cellulosic insulation (milled paper or wood pulp) | 37-51 | 0.039-0.046 | — | 25.6-21.7 | — | 1.38 |
| Perlite, expanded | 32-66 | 0.039-0.045 | — | 25.6-22.9 | — | 1.09 |
| | 66-120 | 0.045-0.052 | — | 22.9-19.4 | — | — |
| | 120-180 | 0.052-0.060 | — | 19.4-16.6 | — | — |
| Mineral fiber (rock, slag, or glass)[g] | | | | | | |
| approx. 95-130 mm | 9.6-32 | — | — | — | 1.94 | 0.71 |
| approx. 170-220 mm | 9.6-32 | — | — | — | 3.35 | — |
| approx. 190-250 mm | 9.6-32 | — | — | — | 3.87 | — |
| approx. 260-350 mm | 9.6-32 | — | — | — | 5.28 | — |
| Mineral fiber (rock, slag, or glass)[g] | | | | | | |
| approx. 90 mm (closed sidewall application) | 32-56 | — | — | — | 2.1-2.5 | |
| Vermiculite, exfoliated | 110-130 | 0.068 | — | 14.8 | — | 1.34 |
| | 64-96 | 0.063 | — | 15.7 | — | — |
| *Spray Applied* | | | | | | |
| Polyurethane foam | 24-40 | 0.023-0.026 | — | 43.3-38.5 | — | — |
| Ureaformaldehyde foam | 11-26 | 0.032-0.040 | — | 31.5-24.7 | — | — |
| Cellulosic fiber | 56-96 | 0.042-0.049 | — | 23.9-20.4 | — | — |
| Glass fiber | 56-72 | 0.038-0.039 | — | 26.7-25.6 | — | — |
| *Reflective Insulation* | | | | | | |
| Reflective material (ε < 0.5) in center of 20 mm cavity forms two 10 mm vertical air spaces[m] | — | — | 1.76 | — | 0.57 | — |
| **METALS** (See Chapter 38, Table 3) | | | | | | |
| **ROOFING** | | | | | | |
| Asbestos-cement shingles | 1900 | — | 27.0 | — | 0.037 | 1.00 |
| Asphalt roll roofing | 1100 | — | 36.9 | — | 0.026 | 1.51 |
| Asphalt shingles | 1100 | — | 12.9 | — | 0.077 | 1.26 |
| Built-up roofing 10 mm | 1100 | — | 17.0 | — | 0.058 | 1.46 |
| Slate 13 mm | — | — | 114 | — | 0.009 | 1.26 |
| Wood shingles, plain and plastic film faced | — | — | 6.0 | — | 0.166 | 1.30 |
| **PLASTERING MATERIALS** | | | | | | |
| Cement plaster, sand aggregate | 1860 | 0.72 | — | 1.39 | — | 0.84 |
| Sand aggregate 10 mm | — | — | 75.5 | — | 0.013 | 0.84 |
| Sand aggregate 20 mm | — | — | 37.8 | — | 0.026 | 0.84 |

ตาราง ก3 **Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values[a] (*Continued*)**

| Description | Density, kg/m$^3$ | Conductivity[b] (*k*), W/(m·K) | Conductance (*C*), W/(m$^2$·K) | Resistance[c] (*R*) 1/*k*, K·m/W | Resistance[c] (*R*) For Thickness Listed (1/*C*), K·m$^2$/W | Specific Heat, kJ/(kg·K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gypsum plaster: | | | | | | |
| Lightweight aggregate ....13 mm | 720 | — | 17.7 | — | 0.056 | — |
| Lightweight aggregate ....16 mm | 720 | — | 15.2 | — | 0.066 | — |
| Lightweight aggregate on metal lath....19 mm | — | — | 12.1 | — | 0.083 | — |
| Perlite aggregate | 720 | 0.22 | — | 4.64 | — | 1.34 |
| Sand aggregate | 1680 | 0.81 | — | 1.25 | — | 0.84 |
| Sand aggregate ....13 mm | 1680 | — | 63.0 | — | 0.016 | — |
| Sand aggregate ....16 mm | 1680 | — | 51.7 | — | 0.019 | — |
| Sand aggregate on metal lath ....19 mm | — | — | 43.7 | — | 0.023 | — |
| Vermiculite aggregate | 720 | 0.24 | — | 4.09 | — | — |
| **MASONRY MATERIALS** | | | | | | |
| *Masonry Units* | | | | | | |
| Brick, fired clay | 2400 | 1.21-1.47 | — | 0.83-0.68 | — | — |
| | 2240 | 1.07-1.30 | — | 0.94-0.77 | — | — |
| | 2080 | 0.92-1.12 | — | 1.08-0.89 | — | — |
| | 1920 | 0.81-0.98 | — | 1.24-1.02 | — | 0.79 |
| | 1760 | 0.71-0.85 | — | 1.42-1.18 | — | — |
| | 1600 | 0.61-0.74 | — | 1.65-1.36 | — | — |
| | 1440 | —0.52-0.62 | — | 1.93-1.61 | — | — |
| | 1280 | 0.43-0.53 | — | 2.31-1.87 | — | — |
| | 1120 | 0.36-0.45 | — | 2.77-2.23 | — | — |
| Clay tile, hollow | | | | | | |
| 1 cell deep ....75 mm | — | — | 7.10 | — | 0.14 | 0.88 |
| 1 cell deep ....100 mm | — | — | 5.11 | — | 0.20 | — |
| 2 cells deep....150 mm | — | — | 3.75 | — | 0.27 | — |
| 2 cells deep....200 mm | — | — | 3.07 | — | 0.33 | — |
| 2 cells deep....250 mm | — | — | 2.56 | — | 0.39 | — |
| 3 cells deep....300 mm | — | — | 2.27 | — | 0.44 | — |
| Concrete blocks[n, o] | | | | | | |
| Limestone aggregate | | | | | | |
| 200 mm, 16.3 kg, 2210 kg/m$^3$ concrete, 2 cores..... | — | — | — | — | — | — |
| Same with perlite filled cores | — | — | 2.73 | — | 0.37 | — |
| 300 mm, 25 kg, 2210 kg/m$^3$ concrete, 2 cores..... | — | — | — | — | — | — |
| Same with perlite filled cores | — | — | 1.53 | — | 0.65 | — |
| Normal mass aggregate (sand and gravel) 200 mm | | | | | | |
| 15-16 kg, 2020-2180 kg/m$^3$ concrete, 2 or 3 cores | — | — | 5.1-5.8 | — | 0.20-0.17 | 0.92 |
| Same with perlite filled cores | — | — | 2.84 | — | 0.35 | — |
| Same with vermiculite filled cores | — | — | 3.0-4.1 | — | 0.34-0.24 | — |
| 300 mm, 22.7 kg, 2000 kg/m$^3$ concrete, 2 cores..... | — | — | 4.60 | — | 0.217 | 0.92 |
| Medium mass aggregate (combinations of normal and low mass aggregate) 200 mm, 12-13 kg, | | | | | | |
| 1550-1790 kg/m$^3$ concrete, 2 or 3 cores | — | — | 3.3-4.4 | — | 0.30-0.22 | — |
| Same with perlite filled cores | — | — | 1.5-2.5 | — | 0.65-0.41 | — |
| Same with vermiculite filled cores | — | — | 1.70 | — | 0.58 | — |
| Same with molded EPS (beads) filled cores | — | — | 1.82 | — | 0.56 | — |
| Same with molded EPS inserts in cores | — | — | 2.10 | — | 0.47 | — |
| Low mass aggregate (expanded shale, clay, slate or slag, pumice) 150 mm | | | | | | |
| 7.3-7.7 kg, 1360-1390 kg/m$^3$ concrete, 2 or 3 cores | — | — | 3.0-3.5 | — | 0.34-0.29 | — |
| Same with perlite filled cores | — | — | 1.36 | — | 0.74 | — |
| Same with vermiculite filled cores | — | — | 1.87 | — | 0.53 | — |
| 200 mm, 8.6-10.0 mm, 1150-1380 kg/m$^3$ concrete, | — | — | 1.8-3.1 | — | 0.56-0.33 | 0.88 |
| Same with perlite filled cores | — | — | 0.9-1.3 | — | 1.20-0.77 | — |
| Same with vermiculite filled cores | — | — | 1.1-1.5 | — | 0.93-0.69 | — |
| Same with molded EPS (beads) filled cores | — | — | 1.19 | — | 0.85 | — |
| Same with UF foam filled cores | — | — | 1.25 | — | 0.79 | — |
| Same with molded EPS inserts in cores | — | — | 1.65 | — | 0.62 | — |
| 300 mm, 14.5-16.3 kg, 1280-1440 kg/m$^3$ concrete, | | | | | | |
| 2 or 3 cores | — | — | 2.2-2.5 | — | 0.46-0.40 | — |
| Same with perlite filled cores | — | — | 0.6-0.9 | — | 1.6-1.1 | — |
| Same with vermiculite filled cores | — | — | 0.97 | — | 1.0 | — |
| Stone, lime, or sand | | | | | | |
| Quartzitic and sandstone | 2880 | 10.4 | — | 0.10 | — | — |
| | 2560 | 6.2 | — | 0.16 | — | — |
| | 2240 | 3.5 | — | 0.29 | — | — |
| | 1920 | 1.9 | — | 0.53 | — | 0.79 |
| Calcitic, dolomitic, limestone, marble, and granite .... | 2880 | 4.3 | — | 0.23 | — | — |
| | 2560 | 3.2 | — | 0.32 | — | — |
| | 2240 | 2.3 | — | 0.43 | — | — |
| | 1920 | 1.6 | — | 0.63 | — | 0.79 |
| | 1600 | 1.1 | — | 0.90 | — | — |

ตาราง ก4 **Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values[a]**

| Description | Density, kg/m$^3$ | Conductivity[b] ($k$), W/(m·K) | Conductance ($C$), W/(m$^2$·K) | Resistance[c] ($R$) 1/$k$, K·m/W | Resistance[c] ($R$) For Thickness Listed (1/$C$), K·m$^2$/W | Specific Heat, kJ/(kg·K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **BUILDING BOARD** | | | | | | |
| Asbestos-cement board | 1900 | 0.58 | — | 1.73 | — | 1.00 |
| Asbestos-cement board 3.2 mm | 1900 | — | 187.4 | — | 0.005 | — |
| Asbestos-cement board 6.4 mm | 1900 | — | 93.7 | — | 0.011 | — |
| Gypsum or plaster board 9.5 mm | 800 | — | 17.6 | — | 0.056 | 1.09 |
| Gypsum or plaster board 12.7 mm | 800 | — | 12.6 | — | 0.079 | — |
| Gypsum or plaster board 15.9 mm | 800 | — | 10.1 | — | 0.099 | — |
| Plywood (Douglas fir)[d] | 540 | 0.12 | — | 8.66 | — | 1.21 |
| Plywood (Douglas fir) 6.4 mm | 540 | — | 18.2 | — | 0.055 | — |
| Plywood (Douglas fir) 9.5 mm | 540 | — | 12.1 | — | 0.083 | — |
| Plywood (Douglas fir) 12.7 mm | 540 | — | 9.1 | — | 0.11 | — |
| Plywood (Douglas fir) 15.9 mm | 540 | — | 7.3 | — | 0.14 | — |
| Plywood or wood panels 19.0 mm | 540 | — | 6.1 | — | 0.16 | 1.21 |
| Vegetable fiber board | | | | | | |
| Sheathing, regular density[e] 12.7 mm | 290 | — | 4.3 | — | 0.23 | 1.30 |
| 19.8 mm | 290 | — | 2.8 | — | 0.36 | — |
| Sheathing intermediate density[e] 12.7 mm | 350 | — | 5.2 | — | 0.19 | 1.30 |
| Nail-base sheathing[e] 12.7 mm | 400 | — | 5.3 | — | 0.19 | 1.30 |
| Shingle backer 9.5 mm | 290 | — | 6.0 | — | 0.17 | 1.30 |
| Shingle backer 7.9 mm | 290 | — | 7.3 | — | 0.14 | — |
| Sound deadening board 12.7 mm | 240 | — | 4.2 | — | 0.24 | 1.26 |
| Tile and lay-in panels, plain or acoustic | 290 | 0.058 | — | 17. | — | 0.59 |
| 12.7 mm | 290 | — | 4.5 | — | 0.22 | — |
| 19.0 mm | 290 | — | 3.0 | — | 0.33 | — |
| Laminated paperboard | 480 | 0.072 | — | 13.9 | — | 1.38 |
| Homogeneous board from repulped paper | 480 | 0.072 | — | 13.9 | — | 1.17 |
| Hardboard[e] | | | | | | |
| Medium density | 800 | 0.105 | — | 9.50 | — | 1.30 |
| High density, service-tempered grade and service grade | 880 | 0.82 | — | 8.46 | — | 1.34 |
| High density, standard-tempered grade | 1010 | 0.144 | — | 6.93 | — | 1.34 |
| Particleboard[e] | | | | | | |
| Low density | 590 | 0.102 | — | 9.77 | — | 1.30 |
| Medium density | 800 | 0.135 | — | 7.35 | — | 1.30 |
| High density | 1000 | 0.170 | — | 5.90 | — | 1.30 |
| Underlayment 15.9 mm | 640 | — | 6.9 | — | 0.14 | 1.21 |
| Waferboard | 590 | 0.01 | — | 11.0 | — | — |
| Wood subfloor 19.0 mm | — | — | 6.0 | — | 0.17 | 1.38 |
| **BUILDING MEMBRANE** | | | | | | |
| Vapor—permeable felt | — | — | 94.9 | — | 0.011 | |
| Vapor—seal, 2 layers of mopped 0.73 kg/m$^2$ felt | — | — | 47.4 | — | 0.21 | |
| Vapor—seal, plastic film | — | — | — | — | Negl. | |
| **FINISH FLOORING MATERIALS** | | | | | | |
| Carpet and fibrous pad | — | — | 2.73 | — | 0.37 | 1.42 |
| Carpet and rubber pad | — | — | 4.60 | — | 0.22 | 1.38 |
| Cork tile 3.2 mm | — | — | 20.4 | — | 0.049 | 2.01 |
| Terrazzo 25 mm | — | — | 71.0 | — | 0.014 | 0.80 |
| Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber | — | — | 113.6 | — | 0.009 | 1.26 |
| vinyl asbestos | | | | | | 1.01 |
| ceramic | | | | | | 0.80 |
| Wood, hardwood finish 19 mm | — | | 8.35 | — | 0.12 | |
| **INSULATING MATERIALS** | | | | | | |
| *Blanket and Batt*[f,g] | | | | | | |
| Mineral fiber, fibrous form processed from rock, slag, or glass | | | | | | |
| approx. 75-100 mm | 6.4-32 | — | 0.52 | — | 1.94 | |
| approx. 90 mm | 6.4-32 | — | 0.44 | — | 2.29 | |
| approx. 90 mm | 19-26 | — | 0.38 | — | 2.63 | |
| approx. 140-165 mm | 6.4-32 | — | 0.30 | — | 3.32 | |
| approx. 140 mm | 10-16 | — | 0.27 | — | 3.67 | |
| approx. 150-190 mm | 6.4-32 | — | 0.26 | — | 3.91 | |
| approx. 210-250 mm | 6.4-32 | — | 0.19 | — | 5.34 | |
| approx. 250-330 mm | 6.4-32 | — | 0.15 | — | 6.77 | |
| *Board and Slabs* | | | | | | |
| Cellular glass | 136 | 0.050 | — | 19.8 | — | 0.75 |
| Glass fiber, organic bonded | 64-140 | 0.036 | — | 27.7 | — | 0.96 |
| Expanded perlite, organic bonded | 16 | 0.052 | — | 19.3 | — | 1.26 |
| Expanded rubber (rigid) | 72 | 0.032 | — | 31.6 | — | 1.68 |
| Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (CFC-12 exp.) | 29-56 | | | | | |

# ภาคผนวก ข.

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวม
## ($\sum$ Resistance และ Coefficience of Transmission. U)
## แยกตามลักษณะพื้น ผนัง กระจก และหลังคา ของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข. 1

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของพื้นอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข1 แสดงข้อมูลค่า $\Sigma$ Resistance และU-value ของวัสดุพื้นอาคาร

| | รายละเอียด | | IP UNIT | | SI UNIT | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\Sigma R$ | U | $\Sigma R$ | U |
| | | | h $ft^2$ F/Btu | Btu/(h $ft^2$ F) | $m^2$ K/W | W/($m^2$ K) |
| F 011 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 01101 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 1.91 | 0.5236 | 0.34 | 2.9728 |
| | F 01102 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 2.21 | 0.4525 | 0.39 | 2.5692 |
| | F 01103 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 2.51 | 0.3984 | 0.44 | 2.2622 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 01111 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 1.81 | 0.5525 | 0.32 | 3.1370 |
| | F 01112 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 2.11 | 0.4739 | 0.37 | 2.6910 |
| | F 01113 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 2.41 | 0.4149 | 0.42 | 2.3560 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 01121 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 3.84 | 0.2604 | 0.68 | 1.4786 |
| | F 01122 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 4.14 | 0.2415 | 0.73 | 1.3715 |
| | F 01123 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 4.44 | 0.2252 | 0.78 | 1.2788 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 01124 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 2.99 | 0.3344 | 0.53 | 1.8990 |
| | F 01125 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 3.29 | 0.3040 | 0.58 | 1.7258 |
| | F 01126 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 3.59 | 0.2786 | 0.63 | 1.5816 |
| F 012 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 01201 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 10.61 | 0.0943 | 1.87 | 0.5352 |
| | F 01202 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 10.91 | 0.0917 | 1.92 | 0.5204 |
| | F 01203 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 11.21 | 0.0892 | 1.97 | 0.5065 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 01211 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 10.51 | 0.0951 | 1.85 | 0.5402 |
| | F 01212 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 10.81 | 0.0925 | 1.90 | 0.5253 |
| | F 01213 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 11.11 | 0.0900 | 1.96 | 0.5111 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 01221 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 12.54 | 0.0797 | 2.21 | 0.4528 |
| | F 01222 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 12.84 | 0.0779 | 2.26 | 0.4422 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | F 01223 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 13.14 | 0.0761 | 2.31 | 0.4321 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 01224 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 11.69 | 0.0855 | 2.06 | 0.4857 |
| | F 01225 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 11.99 | 0.0834 | 2.11 | 0.4736 |
| | F 01226 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 12.29 | 0.0814 | 2.16 | 0.4620 |
| F 013 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 01301 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 7.81 | 0.1280 | 1.38 | 0.7270 |
| | F 01302 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 8.11 | 0.1233 | 1.43 | 0.7001 |
| | F 01303 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 8.41 | 0.1189 | 1.48 | 0.6751 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 01311 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 7.71 | 0.1297 | 1.36 | 0.7364 |
| | F 01312 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 8.01 | 0.1248 | 1.41 | 0.7089 |
| | F 01313 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 8.31 | 0.1203 | 1.46 | 0.6833 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 01321 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 9.74 | 0.1027 | 1.72 | 0.5830 |
| | F 01322 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 10.04 | 0.0996 | 1.77 | 0.5655 |
| | F 01323 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 10.34 | 0.0967 | 1.82 | 0.5491 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 01324 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 8.89 | 0.1125 | 1.57 | 0.6387 |
| | F 01325 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 9.19 | 0.1088 | 1.62 | 0.6178 |
| | F 01326 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 9.49 | 0.1054 | 1.67 | 0.5983 |
| F 021 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02101 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 1.76 | 0.5682 | 0.31 | 3.2261 |
| | F 02102 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 2.06 | 0.4854 | 0.36 | 2.7563 |
| | F 02103 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 2.36 | 0.4237 | 0.42 | 2.4059 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02111 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 1.66 | 0.6024 | 0.29 | 3.4205 |
| | F 02112 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 1.96 | 0.5102 | 0.35 | 2.8969 |
| | F 02113 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 2.26 | 0.4425 | 0.40 | 2.5124 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02121 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 3.69 | 0.2710 | 0.65 | 1.5388 |
| | F 02122 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 3.99 | 0.2506 | 0.70 | 1.4231 |
| | F 02123 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 4.29 | 0.2331 | 0.76 | 1.3235 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02124 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 2.84 | 0.3521 | 0.50 | 1.9993 |
| | F 02125 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 3.14 | 0.3185 | 0.55 | 1.8083 |
| | F 02126 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 3.44 | 0.2907 | 0.61 | 1.6506 |
| F 022 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02201 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 3.27 | 0.3058 | 0.58 | 1.7364 |
| | F 02202 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 3.57 | 0.2801 | 0.63 | 1.5905 |
| | F 02203 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 3.87 | 0.2584 | 0.68 | 1.4672 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02211 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 3.17 | 0.3155 | 0.56 | 1.7912 |
| | F 02212 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 3.47 | 0.2882 | 0.61 | 1.6363 |
| | F 02213 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 3.77 | 0.2653 | 0.66 | 1.5061 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02221 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 5.20 | 0.1923 | 0.92 | 1.0919 |
| | F 02222 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 5.50 | 0.1818 | 0.97 | 1.0324 |
| | F 02223 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 5.80 | 0.1724 | 1.02 | 0.9790 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02224 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 4.35 | 0.2299 | 0.77 | 1.3053 |
| | F 02225 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 4.65 | 0.2151 | 0.82 | 1.2211 |
| | F 02226 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 4.95 | 0.2020 | 0.87 | 1.1471 |
| F 023 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02301 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 14.27 | 0.0701 | 2.51 | 0.3979 |
| | F 02302 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 14.57 | 0.0686 | 2.57 | 0.3897 |
| | F 02303 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 14.87 | 0.0672 | 2.62 | 0.3818 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02311 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 14.17 | 0.0706 | 2.50 | 0.4007 |
| | F 02312 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 14.47 | 0.0691 | 2.55 | 0.3924 |
| | F 02313 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 14.77 | 0.0677 | 2.60 | 0.3844 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02321 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 16.20 | 0.0617 | 2.85 | 0.3505 |
| | F 02322 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 16.50 | 0.0606 | 2.91 | 0.3441 |
| | F 02323 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 16.80 | 0.0595 | 2.96 | 0.3380 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02324 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 15.35 | 0.0651 | 2.70 | 0.3699 |
| | F 02325 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 15.65 | 0.0639 | 2.76 | 0.3628 |
| | F 02326 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 15.95 | 0.0627 | 2.81 | 0.3560 |
| F 024 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02401 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 15.56 | 0.0643 | 2.74 | 0.3649 |
| | F 02402 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 15.86 | 0.0631 | 2.79 | 0.3580 |
| | F 02403 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 16.16 | 0.0619 | 2.85 | 0.3514 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02411 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 15.46 | 0.0647 | 2.72 | 0.3673 |
| | F 02412 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 15.76 | 0.0635 | 2.78 | 0.3603 |
| | F 02413 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 16.06 | 0.0623 | 2.83 | 0.3535 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02421 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 17.49 | 0.0572 | 3.08 | 0.3246 |
| | F 02422 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 17.79 | 0.0562 | 3.13 | 0.3192 |
| | F 02423 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 18.09 | 0.0553 | 3.19 | 0.3139 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02424 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 16.64 | 0.0601 | 2.93 | 0.3412 |
| | F 02425 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 16.94 | 0.0590 | 2.98 | 0.3352 |
| | F 02426 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 17.24 | 0.0580 | 3.04 | 0.3294 |
| F 025 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02501 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 25.27 | 0.0396 | 4.45 | 0.2247 |
| | F 02502 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 25.57 | 0.0391 | 4.50 | 0.2221 |
| | F 02503 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 25.87 | 0.0387 | 4.56 | 0.2195 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02511 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 25.17 | 0.0397 | 4.43 | 0.2256 |
| | F 02512 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 25.47 | 0.0393 | 4.49 | 0.2229 |
| | F 02513 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 25.77 | 0.0388 | 4.54 | 0.2203 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02521 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 27.20 | 0.0368 | 4.79 | 0.2088 |
| | F 02522 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 27.50 | 0.0364 | 4.84 | 0.2065 |
| | F 02523 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 27.80 | 0.0360 | 4.90 | 0.2042 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02524 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 26.35 | 0.0380 | 4.64 | 0.2155 |
| | F 02525 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 26.65 | 0.0375 | 4.69 | 0.2131 |
| | F 02526 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 26.95 | 0.0371 | 4.75 | 0.2107 |
| F 026 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02601 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 26.56 | 0.0377 | 4.68 | 0.2138 |
| | F 02602 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 26.86 | 0.0372 | 4.73 | 0.2114 |
| | F 02603 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 27.16 | 0.0368 | 4.78 | 0.2091 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02611 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 26.46 | 0.0378 | 4.66 | 0.2146 |
| | F 02612 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 26.76 | 0.0374 | 4.71 | 0.2122 |
| | F 02613 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 27.06 | 0.0370 | 4.77 | 0.2098 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02621 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 28.49 | 0.0351 | 5.02 | 0.1993 |
| | F 02622 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 28.79 | 0.0347 | 5.07 | 0.1972 |
| | F 02623 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 29.09 | 0.0344 | 5.12 | 0.1952 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02624 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 27.64 | 0.0362 | 4.87 | 0.2054 |
| | F 02625 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 27.94 | 0.0358 | 4.92 | 0.2032 |
| | F 02626 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 28.24 | 0.0354 | 4.97 | 0.2011 |
| F 027 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 9 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02701 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 36.27 | 0.0276 | 6.39 | 0.1565 |
| | F 02702 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 36.57 | 0.0273 | 6.44 | 0.1553 |
| | F 02703 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 36.87 | 0.0271 | 6.49 | 0.1540 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02711 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 36.17 | 0.0276 | 6.37 | 0.1570 |
| | F 02712 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 36.47 | 0.0274 | 6.42 | 0.1557 |
| | F 02713 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 36.77 | 0.0272 | 6.48 | 0.1544 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02721 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 38.20 | 0.0262 | 6.73 | 0.1486 |
| | F 02722 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 38.50 | 0.0260 | 6.78 | 0.1475 |
| | F 02723 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 38.80 | 0.0258 | 6.83 | 0.1463 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02724 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 37.35 | 0.0268 | 6.58 | 0.1520 |
| | F 02725 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 37.65 | 0.0266 | 6.63 | 0.1508 |
| | F 02726 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 37.95 | 0.0264 | 6.68 | 0.1496 |
| F 028 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 02801 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 37.56 | 0.0266 | 6.62 | 0.1512 |
| | F 02802 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 37.86 | 0.0264 | 6.67 | 0.1500 |
| | F 02803 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 38.16 | 0.0262 | 6.72 | 0.1488 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 02811 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 37.46 | 0.0267 | 6.60 | 0.1516 |
| | F 02812 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 37.76 | 0.0265 | 6.65 | 0.1504 |
| | F 02813 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 38.06 | 0.0263 | 6.70 | 0.1492 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 02821 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 39.49 | 0.0253 | 6.95 | 0.1438 |
| | F 02822 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 39.79 | 0.0251 | 7.01 | 0.1427 |
| | F 02823 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 40.09 | 0.0249 | 7.06 | 0.1416 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 02824 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 38.64 | 0.0259 | 6.81 | 0.1469 |
| | F 02825 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 38.94 | 0.0257 | 6.86 | 0.1458 |
| | F 02826 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 39.24 | 0.0255 | 6.91 | 0.1447 |
| F 031 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 03101 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 10.46 | 0.0956 | 1.84 | 0.5428 |
| | F 03102 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 10.76 | 0.0929 | 1.90 | 0.5277 |
| | F 03103 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 11.06 | 0.0904 | 1.95 | 0.5134 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03111 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 10.36 | 0.0965 | 1.82 | 0.5481 |
| | F 03112 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 10.66 | 0.0938 | 1.88 | 0.5326 |
| | F 03113 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 10.96 | 0.0912 | 1.93 | 0.5181 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03121 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 12.39 | 0.0807 | 2.18 | 0.4583 |
| | F 03122 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 12.69 | 0.0788 | 2.23 | 0.4474 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | F 03123 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 10.96 | 0.0912 | 1.93 | 0.5181 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03124 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 11.54 | 0.0867 | 2.03 | 0.4920 |
| | F 03125 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 11.84 | 0.0845 | 2.09 | 0.4796 |
| | F 03126 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 12.14 | 0.0824 | 2.14 | 0.4677 |
| F 032 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 03201 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 11.97 | 0.0835 | 2.11 | 0.4744 |
| | F 03202 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 12.27 | 0.0815 | 2.16 | 0.4628 |
| | F 03203 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 12.57 | 0.0796 | 2.21 | 0.4517 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03211 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 11.87 | 0.0842 | 2.09 | 0.4783 |
| | F 03212 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 12.17 | 0.0822 | 2.14 | 0.4666 |
| | F 03213 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 12.47 | 0.0802 | 2.20 | 0.4553 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03221 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 13.90 | 0.0719 | 2.45 | 0.4085 |
| | F 03222 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 14.20 | 0.0704 | 2.50 | 0.3999 |
| | F 03223 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 14.50 | 0.0690 | 2.55 | 0.3916 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03224 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 13.05 | 0.0766 | 2.30 | 0.4351 |
| | F 03225 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 13.35 | 0.0749 | 2.35 | 0.4253 |
| | F 03226 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 13.65 | 0.0733 | 2.40 | 0.4160 |
| F 033 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 03301 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 22.97 | 0.0435 | 4.05 | 0.2472 |
| | F 03302 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 23.27 | 0.0430 | 4.10 | 0.2440 |
| | F 03303 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 23.57 | 0.0424 | 4.15 | 0.2409 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03311 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 22.87 | 0.0437 | 4.03 | 0.2483 |
| | F 03312 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 23.17 | 0.0432 | 4.08 | 0.2451 |
| | F 03313 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 23.47 | 0.0426 | 4.13 | 0.2419 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03321 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 24.90 | 0.0402 | 4.39 | 0.2280 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F 03322 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 25.20 | 0.0397 | 4.44 | 0.2253 |
| F 03323 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 25.50 | 0.0392 | 4.49 | 0.2227 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | | |
| F 03324 | พื้นหนา 4 นิ้ว | | 24.05 | 0.0416 | 4.24 | 0.2361 |
| F 03325 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 24.35 | 0.0411 | 4.29 | 0.2332 |
| F 03326 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 24.65 | 0.0406 | 4.34 | 0.2303 |
| F 034 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | | |
| F 03401 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | | 24.26 | 0.0412 | 4.27 | 0.2340 |
| F 03402 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | | 24.56 | 0.0407 | 4.33 | 0.2312 |
| F 03403 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | | 24.86 | 0.0402 | 4.38 | 0.2284 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | | |
| F 03411 | พื้นหนา 4 นิ้ว | | 24.16 | 0.0414 | 4.26 | 0.2350 |
| F 03412 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 24.46 | 0.0409 | 4.31 | 0.2321 |
| F 03413 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 24.76 | 0.0404 | 4.36 | 0.2293 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | | |
| F 03421 | พื้นหนา 4 นิ้ว | | 26.19 | 0.0382 | 4.61 | 0.2168 |
| F 03422 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 26.49 | 0.0378 | 4.67 | 0.2143 |
| F 03423 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 26.79 | 0.0373 | 4.72 | 0.2119 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | | |
| F 03424 | พื้นหนา 4 นิ้ว | | 25.34 | 0.0395 | 4.46 | 0.2241 |
| F 03425 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 25.64 | 0.0390 | 4.52 | 0.2215 |
| F 03426 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 25.94 | 0.0386 | 4.57 | 0.2189 |
| F 035 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | | |
| F 03501 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | | 33.97 | 0.0294 | 5.98 | 0.1671 |
| F 03502 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | | 34.27 | 0.0292 | 6.04 | 0.1657 |
| F 03503 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | | 34.57 | 0.0289 | 6.09 | 0.1642 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | | |
| F 03511 | พื้นหนา 4 นิ้ว | | 33.87 | 0.0295 | 5.97 | 0.1676 |
| F 03512 | พื้นหนา 6 นิ้ว | | 34.17 | 0.0293 | 6.02 | 0.1662 |
| F 03513 | พื้นหนา 8 นิ้ว | | 34.47 | 0.0290 | 6.07 | 0.1647 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03521 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 35.90 | 0.0279 | 6.32 | 0.1582 |
| | F 03522 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 36.20 | 0.0276 | 6.38 | 0.1569 |
| | F 03523 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 36.50 | 0.0274 | 6.43 | 0.1556 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03524 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 35.05 | 0.0285 | 6.17 | 0.1620 |
| | F 03525 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 35.35 | 0.0283 | 6.23 | 0.1606 |
| | F 03526 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 35.65 | 0.0281 | 6.28 | 0.1593 |
| F 036 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 03601 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 35.26 | 0.0284 | 6.21 | 0.1610 |
| | F 03602 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 35.56 | 0.0281 | 6.26 | 0.1597 |
| | F 03603 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 35.86 | 0.0279 | 6.32 | 0.1583 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03611 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 35.16 | 0.0284 | 6.19 | 0.1615 |
| | F 03612 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 35.46 | 0.0282 | 6.25 | 0.1601 |
| | F 03613 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 35.76 | 0.0280 | 6.30 | 0.1588 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03621 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 37.19 | 0.0269 | 6.55 | 0.1527 |
| | F 03622 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 37.49 | 0.0267 | 6.60 | 0.1515 |
| | F 03623 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 37.79 | 0.0265 | 6.66 | 0.1503 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03624 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 36.34 | 0.0275 | 6.40 | 0.1562 |
| | F 03625 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 36.64 | 0.0273 | 6.45 | 0.1550 |
| | F 03626 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 36.94 | 0.0271 | 6.51 | 0.1537 |
| F 037 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 9 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์,หินขัด | | | | | |
| | F 03701 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 44.97 | 0.0222 | 7.92 | 0.1263 |
| | F 03702 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 45.27 | 0.0221 | 7.97 | 0.1254 |
| | F 03703 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 45.57 | 0.0219 | 8.03 | 0.1246 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03711 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 44.87 | 0.0223 | 7.90 | 0.1265 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | F 03712 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 45.17 | 0.0221 | 7.96 | 0.1257 |
| | F 03713 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 45.47 | 0.0220 | 8.01 | 0.1249 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03721 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 46.90 | 0.0213 | 8.26 | 0.1211 |
| | F 03722 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 47.20 | 0.0212 | 8.31 | 0.1203 |
| | F 03723 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 47.50 | 0.0211 | 8.37 | 0.1195 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03724 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 46.05 | 0.0217 | 8.11 | 0.1233 |
| | F 03725 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 46.35 | 0.0216 | 8.16 | 0.1225 |
| | F 03726 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 46.65 | 0.0214 | 8.22 | 0.1217 |
| F 038 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 03801 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 46.26 | 0.0216 | 8.15 | 0.1227 |
| | F 03802 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 46.56 | 0.0215 | 8.20 | 0.1220 |
| | F 03803 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 46.86 | 0.0213 | 8.25 | 0.1212 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 03811 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 46.16 | 0.0217 | 8.13 | 0.1230 |
| | F 03812 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 46.46 | 0.0215 | 8.18 | 0.1222 |
| | F 03813 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 46.76 | 0.0214 | 8.24 | 0.1214 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 03821 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 48.19 | 0.0208 | 8.49 | 0.1178 |
| | F 03822 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 48.49 | 0.0206 | 8.54 | 0.1171 |
| | F 03823 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 48.79 | 0.0205 | 8.59 | 0.1164 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 03824 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 47.34 | 0.0211 | 8.34 | 0.1199 |
| | F 03825 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 47.64 | 0.0210 | 8.39 | 0.1192 |
| | F 03826 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 47.94 | 0.0209 | 8.44 | 0.1184 |
| F 041 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 04101 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 7.66 | 0.1305 | 1.35 | 0.7413 |
| | F 04102 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 7.96 | 0.1256 | 1.40 | 0.7133 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| F 04103 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 8.26 | 0.1211 | 1.45 | 0.6874 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| F 04111 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 7.56 | 0.1323 | 1.33 | 0.7511 |
| F 04112 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 7.86 | 0.1272 | 1.38 | 0.7224 |
| F 04113 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 8.16 | 0.1225 | 1.44 | 0.6958 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| F 04121 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 9.59 | 0.1043 | 1.69 | 0.5921 |
| F 04122 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 9.89 | 0.1011 | 1.74 | 0.5741 |
| F 04123 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 10.19 | 0.0981 | 1.79 | 0.5572 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| F 04124 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 8.74 | 0.1144 | 1.54 | 0.6497 |
| F 04125 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 9.04 | 0.1106 | 1.59 | 0.6281 |
| F 04126 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 9.34 | 0.1071 | 1.64 | 0.6079 |
| F 042 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน | | | | |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| F 04201 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 9.17 | 0.1091 | 1.62 | 0.6192 |
| F 04202 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 9.47 | 0.1056 | 1.67 | 0.5996 |
| F 04203 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 9.77 | 0.1024 | 1.72 | 0.5812 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| F 04211 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 9.07 | 0.1103 | 1.60 | 0.6260 |
| F 04212 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 9.37 | 0.1067 | 1.65 | 0.6060 |
| F 04213 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 9.67 | 0.1034 | 1.70 | 0.5872 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| F 04221 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 11.10 | 0.0901 | 1.95 | 0.5115 |
| F 04222 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 11.40 | 0.0877 | 2.01 | 0.4981 |
| F 04223 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 11.70 | 0.0855 | 2.06 | 0.4853 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| F 04224 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 10.25 | 0.0976 | 1.81 | 0.5540 |
| F 04225 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 10.55 | 0.0948 | 1.86 | 0.5382 |
| F 04226 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 10.85 | 0.0922 | 1.91 | 0.5233 |
| F 043 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์,หินขัด | | | | | |
| F 04301 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 20.17 | 0.0496 | 3.55 | 0.2815 |
| F 04302 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 20.47 | 0.0489 | 3.61 | 0.2774 |
| F 04303 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 20.77 | 0.0481 | 3.66 | 0.2734 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| F 04311 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 20.07 | 0.0498 | 3.53 | 0.2829 |
| F 04312 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 20.37 | 0.0491 | 3.59 | 0.2787 |
| F 04313 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 20.67 | 0.0484 | 3.64 | 0.2747 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| F 04321 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 22.10 | 0.0452 | 3.89 | 0.2569 |
| F 04322 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 22.40 | 0.0446 | 3.95 | 0.2535 |
| F 04323 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 22.70 | 0.0441 | 4.00 | 0.2501 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| F 04324 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 21.25 | 0.0471 | 3.74 | 0.2672 |
| F 04325 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 21.55 | 0.0464 | 3.80 | 0.2635 |
| F 04326 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 21.85 | 0.0458 | 3.85 | 0.2599 |
| F 044 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว Reflective Air Space | | | | |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| F 04401 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 21.46 | 0.0466 | 3.78 | 0.2646 |
| F 04402 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 21.76 | 0.0460 | 3.83 | 0.2609 |
| F 04403 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 22.06 | 0.0453 | 3.89 | 0.2574 |
| วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| F 04411 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 21.36 | 0.0468 | 3.76 | 0.2658 |
| F 04412 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 21.66 | 0.0462 | 3.81 | 0.2621 |
| F 04413 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 21.96 | 0.0455 | 3.87 | 0.2586 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| F 04421 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 23.39 | 0.0428 | 4.12 | 0.2428 |
| F 04422 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 23.69 | 0.0422 | 4.17 | 0.2397 |
| F 04423 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 23.99 | 0.0417 | 4.23 | 0.2367 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| F 04424 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 22.54 | 0.0444 | 3.97 | 0.2519 |
| F 04425 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 22.84 | 0.0438 | 4.02 | 0.2486 |
| F 04426 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 23.14 | 0.0432 | 4.08 | 0.2454 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F 045 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 04501 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 31.17 | 0.0321 | 5.49 | 0.1822 |
| | F 04502 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 31.47 | 0.0318 | 5.54 | 0.1804 |
| | F 04503 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 31.77 | 0.0315 | 5.60 | 0.1787 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 04511 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 31.07 | 0.0322 | 5.47 | 0.1827 |
| | F 04512 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 31.37 | 0.0319 | 5.52 | 0.1810 |
| | F 04513 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 31.67 | 0.0316 | 5.58 | 0.1793 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 04521 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 33.10 | 0.0302 | 5.83 | 0.1715 |
| | F 04522 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 33.40 | 0.0299 | 5.88 | 0.1700 |
| | F 04523 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 33.70 | 0.0297 | 5.94 | 0.1685 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 04524 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 32.25 | 0.0310 | 5.68 | 0.1761 |
| | F 04525 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 32.55 | 0.0307 | 5.73 | 0.1744 |
| | F 04526 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 32.85 | 0.0304 | 5.79 | 0.1728 |
| F 046 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 04601 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 32.46 | 0.0308 | 5.72 | 0.1749 |
| | F 04602 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 32.76 | 0.0305 | 5.77 | 0.1733 |
| | F 04603 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 33.06 | 0.0302 | 5.82 | 0.1717 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 04611 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 32.36 | 0.0309 | 5.70 | 0.1755 |
| | F 04612 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 32.66 | 0.0306 | 5.75 | 0.1739 |
| | F 04613 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 32.96 | 0.0303 | 5.80 | 0.1723 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 04621 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 34.39 | 0.0291 | 6.06 | 0.1651 |
| | F 04622 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 34.69 | 0.0288 | 6.11 | 0.1637 |
| | F 04623 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 34.99 | 0.0286 | 6.16 | 0.1623 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 04624 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 33.54 | 0.0298 | 5.91 | 0.1693 |
| | F 04625 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 33.84 | 0.0296 | 5.96 | 0.1678 |
| | F 04626 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 34.14 | 0.0293 | 6.01 | 0.1663 |
| F 047 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 9 นิ้ว Non Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซรามิกส์, หินขัด | | | | | |
| | F 04701 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 42.17 | 0.0237 | 7.43 | 0.1346 |
| | F 04702 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 42.47 | 0.0235 | 7.48 | 0.1337 |
| | F 04703 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 42.77 | 0.0234 | 7.53 | 0.1328 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 04711 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 42.07 | 0.0238 | 7.41 | 0.1350 |
| | F 04712 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 42.37 | 0.0236 | 7.46 | 0.1340 |
| | F 04713 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 42.67 | 0.0234 | 7.51 | 0.1331 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| | F 04721 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 44.10 | 0.0227 | 7.77 | 0.1288 |
| | F 04722 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 44.40 | 0.0225 | 7.82 | 0.1279 |
| | F 04723 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 44.70 | 0.0224 | 7.87 | 0.1270 |
| | วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| | F 04724 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 43.25 | 0.0231 | 7.62 | 0.1313 |
| | F 04725 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 43.55 | 0.0230 | 7.67 | 0.1304 |
| | F 04726 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 43.85 | 0.0228 | 7.72 | 0.1295 |
| F 048 | พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU Foam หนา 2 นิ้ว ไม่ติดพื้นดิน มีฝ้าเพดาน มีฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว Reflective Air Space | | | | | |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หิน ขัด | | | | | |
| | F 04801 | พื้นหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 43.46 | 0.0230 | 7.65 | 0.1306 |
| | F 04802 | พื้นหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 43.76 | 0.0229 | 7.71 | 0.1298 |
| | F 04803 | พื้นหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 44.06 | 0.0227 | 7.76 | 0.1289 |
| | วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย | | | | | |
| | F 04811 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 43.36 | 0.0231 | 7.64 | 0.1310 |
| | F 04812 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 43.66 | 0.0229 | 7.69 | 0.1301 |
| | F 04813 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 43.96 | 0.0227 | 7.74 | 0.1292 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นไฟเบอร์) | | | | | |
| F 04821 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 45.39 | 0.0220 | 7.99 | 0.1251 |
| F 04822 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 45.69 | 0.0219 | 8.05 | 0.1243 |
| F 04823 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 45.99 | 0.0217 | 8.10 | 0.1235 |
| วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง) | | | | | |
| F 04824 | พื้นหนา 4 นิ้ว | 44.54 | 0.0225 | 7.84 | 0.1275 |
| F 04825 | พื้นหนา 6 นิ้ว | 44.84 | 0.0223 | 7.90 | 0.1266 |
| F 04826 | พื้นหนา 8 นิ้ว | 45.14 | 0.0222 | 7.95 | 0.1258 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข. 2

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของผนังอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.2 แสดงข้อมูลค่า $\Sigma$ Resistance และ Coefficience of Transmission, U ของวัสดุก่อสร้างอาคาร ประเภทผนัง

| รายละเอียด | | | IP UNIT | | SI UNIT | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\Sigma R$ | U | $\Sigma R$ | U |
| | | | h $ft^2$ F/Btu | Btu/(h $ft^2$ F) | $m^2$ K/W | W/($m^2$ K) |
| W 011 | ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) | | | | | |
| | W 01101 | ผนังหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 1.53 | 0.6536 | 0.27 | 3.7111 |
| | W 01102 | ผนังหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 1.83 | 0.5464 | 0.32 | 3.1027 |
| | W 01103 | ผนังหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 2.13 | 0.4695 | 0.38 | 2.6657 |
| | W 01104 | ผนังหนา 10 นิ้ว (25 ซม.) | 2.43 | 0.4115 | 0.43 | 2.3366 |
| W 012 | ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ใส่ฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว(ภายใน) และผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. | | | | | |
| | W 01201 | ผนังหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 12.98 | 0.0770 | 2.29 | 0.4374 |
| | W 01202 | ผนังหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 13.28 | 0.0753 | 2.34 | 0.4276 |
| | W 01203 | ผนังหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 13.58 | 0.0736 | 2.39 | 0.4181 |
| | W 01204 | ผนังหนา 10 นิ้ว (25 ซม.) | 13.88 | 0.0720 | 2.44 | 0.4091 |
| | W 01205 | ผนังหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 13.85 | 0.0722 | 2.44 | 0.4100 |
| | W 01206 | ผนังหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.15 | 0.0707 | 2.49 | 0.4013 |
| | W 01207 | ผนังหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.45 | 0.0692 | 2.54 | 0.3929 |
| | W 01208 | ผนังหนา 10 นิ้ว (25 ซม.) มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.75 | 0.0678 | 2.60 | 0.3849 |
| W 013 | ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 $kgm^2$ (ภายนอก) | | | | | |
| | W 01301 | ผนังหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 13.08 | 0.0765 | 2.30 | 0.4341 |
| | W 01302 | ผนังหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 13.38 | 0.0747 | 2.36 | 0.4244 |
| | W 01303 | ผนังหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 13.68 | 0.0731 | 2.41 | 0.4151 |
| | W 01304 | ผนังหนา 10 นิ้ว (25 ซม.) | 13.98 | 0.0715 | 2.46 | 0.4062 |
| W 014 | ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 $kgm^2$ (ภายนอก) | | | | | |
| | W 01401 | ผนังหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 16.93 | 0.0591 | 2.98 | 0.3354 |
| | W 01402 | ผนังหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 17.23 | 0.0580 | 3.03 | 0.3295 |
| | W 01403 | ผนังหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 17.53 | 0.0570 | 3.09 | 0.3239 |
| | W 01404 | ผนังหนา 10 นิ้ว (25 ซม.) | 17.83 | 0.0561 | 3.14 | 0.3185 |
| W 021 | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน | | | | | |
| | W 02101 | ก่อครึ่งแผ่นหนา (หนารวม 10 - 11 ซม.) | 1.68 | 0.5952 | 0.30 | 3.3798 |
| | W 02102 | ก่อเต็มแผ่น (หนารวม 17 - 18 ซม.) | 2.13 | 0.4695 | 0.38 | 2.6657 |
| | W 02103 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ (หนารวม 20 - 21 ซม.) | 3.00 | 0.3333 | 0.53 | 1.8927 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 02111 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 1.88 | 0.5319 | 0.33 | 3.0202 |
| | W 02112 | ก่อเต็มแผ่น | 2.33 | 0.4292 | 0.41 | 2.4369 |
| | W 02113 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 3.20 | 0.3125 | 0.56 | 1.7744 |
| | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายในตกแต่งไม้หนา 1 นิ้ว (ไม่มีโครงเคร่า) | | | | | |
| | W 02121 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 2.53 | 0.3953 | 0.45 | 2.2443 |
| | W 02122 | ก่อเต็มแผ่น | 2.98 | 0.3356 | 0.52 | 1.9054 |
| | W 02123 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 3.85 | 0.2597 | 0.68 | 1.4748 |
| | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายในตกแต่งไม้หนา 1 นิ้ว (มีโครงเคร่า 2 นิ้ว) | | | | | |
| | W 02121 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 3.40 | 0.2941 | 0.60 | 1.6700 |
| | W 02122 | ก่อเต็มแผ่น | 3.85 | 0.2597 | 0.68 | 1.4748 |
| | W 02123 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 4.72 | 0.2119 | 0.83 | 1.2030 |
| W 022 | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว (ภายใน) และผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. | | | | | |
| | W 02201 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 13.13 | 0.0762 | 2.31 | 0.4324 |
| | W 02202 | ก่อเต็มแผ่น | 13.58 | 0.0736 | 2.39 | 0.4181 |
| | W 02203 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 14.45 | 0.0692 | 2.54 | 0.3929 |
| | W 02204 | ก่อครึ่งแผ่นหนา มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.00 | 0.0714 | 2.47 | 0.4056 |
| | W 02205 | ก่อเต็มแผ่น มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.45 | 0.0692 | 2.54 | 0.3929 |
| | W 02206 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 15.32 | 0.0653 | 2.70 | 0.3706 |
| W 023 | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 kgm$^2$ (ภายนอก) | | | | | |
| | W 02301 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 13.23 | 0.0756 | 2.33 | 0.4292 |
| | W 02302 | ก่อเต็มแผ่น | 13.68 | 0.0731 | 2.41 | 0.4151 |
| | W 02303 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 14.55 | 0.0687 | 2.56 | 0.3902 |
| | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 02311 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 13.43 | 0.0745 | 2.37 | 0.4228 |
| | W 02312 | ก่อเต็มแผ่น | 13.88 | 0.0720 | 2.44 | 0.4091 |
| | W 02313 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 14.75 | 0.0678 | 2.60 | 0.3849 |
| W 024 | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 kgm$^2$ (ภายนอก) | | | | | |
| | W 02401 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 17.08 | 0.0585 | 3.01 | 0.3324 |
| | W 02402 | ก่อเต็มแผ่น | 17.53 | 0.0570 | 3.09 | 0.3239 |
| | W 02403 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 18.40 | 0.0543 | 3.24 | 0.3086 |
| | ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 02411 | ก่อครึ่งแผ่นหนา | 17.28 | 0.0579 | 3.04 | 0.3286 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | W 02412 | ก่อเต็มแผ่น | 17.73 | 0.0564 | 3.12 | 0.3202 |
| | W 02413 | ก่อครึ่งแผ่น 2 ชั้น มีช่องอากาศ | 18.60 | 0.0538 | 3.28 | 0.3053 |
| W 031 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายใน | | | | | |
| | W 03101 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว (หนารวม 9 - 10 ซม.) | 1.84 | 0.5435 | 0.32 | 3.0859 |
| | W 03102 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว (หนารวม 12 - 13 ซม.) | 1.94 | 0.5155 | 0.34 | 2.9268 |
| | W 03103 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว (หนารวม 16 - 17 ซม.) | 2.14 | 0.4673 | 0.38 | 2.6533 |
| | W 03104 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว (หนารวม 19 - 20 ซม.) | 2.34 | 0.4274 | 0.41 | 2.4265 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (กรอกปูนภายในโพรง) ฉาบปูนภายนอกและภายใน | | | | | |
| | W 03105 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 1.56 | 0.6410 | 0.27 | 3.6397 |
| | W 03106 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 1.67 | 0.5988 | 0.29 | 3.4000 |
| | W 03107 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 1.89 | 0.5291 | 0.33 | 3.0042 |
| | W 03108 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 2.11 | 0.4739 | 0.37 | 2.6910 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 03111 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 2.04 | 0.4902 | 0.36 | 2.7833 |
| | W 03112 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 2.14 | 0.4673 | 0.38 | 2.6533 |
| | W 03113 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 2.34 | 0.4274 | 0.41 | 2.4265 |
| | W 03114 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 2.54 | 0.3937 | 0.45 | 2.2354 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (กรอกปูนภายในโพรง) ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 03115 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 1.76 | 0.5682 | 0.31 | 3.2261 |
| | W 03116 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 1.87 | 0.5348 | 0.33 | 3.0364 |
| | W 03117 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 2.09 | 0.4785 | 0.37 | 2.7167 |
| | W 03118 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 2.31 | 0.4329 | 0.41 | 2.4580 |
| W 032 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว(ภายใน) และผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. | | | | | |
| | W 03201 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 13.29 | 0.0752 | 2.34 | 0.4272 |
| | W 03202 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 13.39 | 0.0747 | 2.36 | 0.4240 |
| | W 03203 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 13.59 | 0.0736 | 2.39 | 0.4178 |
| | W 03204 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 13.79 | 0.0725 | 2.43 | 0.4117 |
| | W 03205 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.16 | 0.0706 | 2.49 | 0.4010 |
| | W 03206 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.26 | 0.0701 | 2.51 | 0.3982 |
| | W 03207 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.46 | 0.0692 | 2.55 | 0.3927 |
| | W 03208 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 14.66 | 0.0682 | 2.58 | 0.3873 |
| W 033 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 03301 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 13.39 | 0.0747 | 2.36 | 0.4240 |
| | W 03302 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 13.49 | 0.0741 | 2.38 | 0.4209 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | W 03303 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 13.69 | 0.0730 | 2.41 | 0.4148 |
| | W 03304 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 13.89 | 0.0720 | 2.45 | 0.4088 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 03311 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 13.59 | 0.0736 | 2.39 | 0.4178 |
| | W 03312 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 13.69 | 0.0730 | 2.41 | 0.4148 |
| | W 03313 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 13.89 | 0.0720 | 2.45 | 0.4088 |
| | W 03314 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 14.09 | 0.0710 | 2.48 | 0.4030 |
| W 034 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 03401 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 17.24 | 0.0580 | 3.04 | 0.3294 |
| | W 03402 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 17.34 | 0.0577 | 3.05 | 0.3275 |
| | W 03403 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 17.54 | 0.0570 | 3.09 | 0.3237 |
| | W 03404 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 17.74 | 0.0564 | 3.12 | 0.3201 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 03411 | คอนกรีตบล็อค 3 นิ้ว | 17.44 | 0.0573 | 3.07 | 0.3256 |
| | W 03412 | คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว | 17.54 | 0.0570 | 3.09 | 0.3237 |
| | W 03413 | คอนกรีตบล็อค 6 นิ้ว | 17.74 | 0.0564 | 3.12 | 0.3201 |
| | W 03414 | คอนกรีตบล็อค 8 นิ้ว | 17.94 | 0.0557 | 3.16 | 0.3165 |
| W 041 | ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ฉาบปูนภายนอกและภายใน | | | | | |
| | W 04101 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว (หนารวม 9 - 10 ซม.) | 3.09 | 0.3236 | 0.54 | 1.8375 |
| | W 04102 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว (หนารวม 12 - 13 ซม.) | 3.71 | 0.2695 | 0.65 | 1.5305 |
| | W 04104 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว (หนารวม 16 - 17 ซม.) | 4.95 | 0.2020 | 0.87 | 1.1471 |
| | W 04104 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว (หนารวม 19 - 20 ซม.) | 6.19 | 0.1616 | 1.09 | 0.9173 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค (ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ | | | | | |
| | W 04111 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 3.29 | 0.3040 | 0.58 | 1.7258 |
| | W 04112 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 3.91 | 0.2558 | 0.69 | 1.4522 |
| | W 04113 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 5.15 | 0.1942 | 0.91 | 1.1025 |
| | W 04114 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 6.39 | 0.1565 | 1.13 | 0.8886 |
| W 042 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว(ภายใน) และผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. | | | | | |
| | W 04201 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 14.54 | 0.0688 | 2.56 | 0.3905 |
| | W 04202 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 15.16 | 0.0660 | 2.67 | 0.3745 |
| | W 04204 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 16.40 | 0.0610 | 2.89 | 0.3462 |
| | W 04204 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 17.64 | 0.0567 | 3.11 | 0.3219 |
| | W 04205 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 15.41 | 0.0649 | 2.71 | 0.3685 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | W 04206 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 16.03 | 0.0624 | 2.82 | 0.3542 |
| | W 04207 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 17.27 | 0.0579 | 3.04 | 0.3288 |
| | W 04208 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว มีช่องอากาศโครงเคร่า 2 นิ้ว (5 ซม.) | 18.51 | 0.0540 | 3.26 | 0.3068 |
| W 043 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 04301 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 14.64 | 0.0683 | 2.58 | 0.3878 |
| | W 04302 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 15.26 | 0.0655 | 2.69 | 0.3721 |
| | W 04304 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 16.50 | 0.0606 | 2.91 | 0.3441 |
| | W 04304 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 17.74 | 0.0564 | 3.12 | 0.3201 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ ใส่ EPS 3 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 04311 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 14.84 | 0.0674 | 2.61 | 0.3826 |
| | W 04312 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 15.46 | 0.0647 | 2.72 | 0.3673 |
| | W 04313 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 16.70 | 0.0599 | 2.94 | 0.3400 |
| | W 04314 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 17.94 | 0.0557 | 3.16 | 0.3165 |
| W 044 | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค ฉาบปูนภายนอกและภายใน ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 04401 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 18.49 | 0.0541 | 3.26 | 0.3071 |
| | W 04402 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 19.11 | 0.0523 | 3.37 | 0.2971 |
| | W 04404 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 20.35 | 0.0491 | 3.58 | 0.2790 |
| | W 04404 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 21.59 | 0.0463 | 3.80 | 0.2630 |
| | ผนังก่อคอนกรีตบล็อค ฉาบปูนภายนอกและภายในปูกระเบื้องเซรามิกส์ ใส่ EPS 4 นิ้ว 12 kgm2 (ภายนอก) | | | | | |
| | W 04411 | คอนกรีตมวลเบา 3 นิ้ว | 18.69 | 0.0535 | 3.29 | 0.3038 |
| | W 04412 | คอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว | 19.31 | 0.0518 | 3.40 | 0.2940 |
| | W 04413 | คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว | 20.55 | 0.0487 | 3.62 | 0.2763 |
| | W 04414 | คอนกรีตมวลเบา 8 นิ้ว | 21.79 | 0.0459 | 3.84 | 0.2606 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข. 3

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของกระจกอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.3 แสดงข้อมูลค่า Σ Resistance และ Coefficience of Transmission, U ของวัสดุก่อสร้างอาคารประเภทผนัง

| รายละเอียด | | | IP UNIT | | SI UNIT | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **ΣR** | **U** | **ΣR** | **U** |
| | | | h $ft^2$ F/Btu | Btu/(h $ft^2$ F) | $m^2$ K/W | W/($m^2$ K) |
| G 011 | กระจกใส (Clear Glass) | | | | | |
| | G 01101 | กระจกใส หนา 3 มม. | 0.948 | 1.0549 | 0.167 | 5.9895 |
| | G 01102 | กระจกใส หนา 4 มม. | 0.953 | 1.0493 | 0.168 | 5.9580 |
| | G 01103 | กระจกใส หนา 6 มม. | 0.964 | 1.0373 | 0.170 | 5.8900 |
| | G 01104 | กระจกใส หนา 8 มม. | 0.975 | 1.0256 | 0.172 | 5.8236 |
| | G 01105 | กระจกใส หนา 10 มม. | 0.986 | 1.0142 | 0.174 | 5.7586 |
| G 012 | กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-E) | | | | | |
| | G 01201 | กระจกLow-E หนา 3 มม. | 1.568 | 0.6378 | 0.276 | 3.6212 |
| | G 01202 | กระจกLow-E หนา 4 มม. | 1.574 | 0.6353 | 0.277 | 3.6074 |
| | G 01203 | กระจกLow-E หนา 6 มม. | 1.586 | 0.6305 | 0.279 | 3.5801 |
| | G 01204 | กระจกLow-E หนา 10 มม. | 1.598 | 0.6258 | 0.281 | 3.5532 |
| G 013 | กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Reflective) | | | | | |
| | G 01301 | กระจกHeat-Reflective HR-74 หนา 6 มม. | 1.849 | 0.5408 | 0.326 | 3.0708 |
| | G 01302 | กระจกHeat-Reflective HR-74 หนา 10 มม. | 1.866 | 0.5359 | 0.329 | 3.0429 |
| | G 01303 | กระจกHigh-Performance Reflective SS-08 Clear | 2.108 | 0.4744 | 0.371 | 2.6935 |
| G 014 | กระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated) | | | | | |
| | G 01401 | กระจกLaminated 6 มม. (กระจกใส 3 + 3 มม.) | 1.591 | 0.6285 | 0.280 | 3.5688 |
| | G 01402 | กระจกLaminated 8 มม. (กระจกใส 4 + 4 มม.) | 1.603 | 0.6238 | 0.282 | 3.5421 |
| | G 01403 | กระจกLaminated 10 มม. (กระจกใส 6 + 4 มม.) | 1.615 | 0.6192 | 0.284 | 3.5158 |
| | G 01404 | กระจกLaminated 12 มม. (กระจกใส 6 + 6 มม.) | 1.627 | 0.6146 | 0.287 | 3.4899 |
| G 015 | กระจกฮีตสต็อป (Heat-Stop) | | | | | |
| | G 01501 | กระจกHeat-Stop 24 มม. | 2.941 | 0.3400 | 0.518 | 1.9305 |
| | G 01502 | กระจกHeat-Stop 26 มม. | 3.030 | 0.3300 | 0.534 | 1.8737 |
| | G 01503 | กระจกHeat-Stop 28 มม. | 3.125 | 0.3200 | 0.550 | 1.8170 |

## ภาคผนวก ข. 4

## ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานวัสดุรวมของหลังคาอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.4 แสดงข้อมูลค่า $\Sigma$ Resistance และCoefficience of Transmission, U ของวัสดุก่อสร้างอาคารประเภทหลังคา

| รายละเอียด | | IP UNIT | | SI UNIT | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\Sigma R$ | U | $\Sigma R$ | U |
| | | h $ft^2$ F/Btu | Btu/(h $ft^2$ F) | $m^2$ K/W | W/($m^2$ K) |
| | หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์ ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | |
| R 011 | | | | | |
| R 01101 | หลังคาหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 1.91 | 0.5236 | 0.34 | 2.9728 |
| R 01102 | หลังคาหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 2.21 | 0.4525 | 0.39 | 2.5692 |
| R 01103 | หลังคาหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 2.51 | 0.3984 | 0.44 | 2.2622 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | | | | |
| R 01111 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 3.87 | 0.2584 | 0.68 | 1.4672 |
| R 01112 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 4.17 | 0.2398 | 0.73 | 1.3616 |
| R 01113 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 4.47 | 0.2237 | 0.79 | 1.2702 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | |
| R 01121 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 14.79 | 0.0676 | 2.60 | 0.3839 |
| R 01122 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 15.09 | 0.0663 | 2.66 | 0.3763 |
| R 01123 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 15.39 | 0.0650 | 2.71 | 0.3689 |
| | - Reflective Air Space | | | | |
| R 01124 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 20.18 | 0.0496 | 3.55 | 0.2814 |
| R 01125 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 20.48 | 0.0488 | 3.61 | 0.2772 |
| R 01126 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 20.78 | 0.0481 | 3.66 | 0.2732 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | |
| R 01131 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 26.03 | 0.0384 | 4.58 | 0.2181 |
| R 01132 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 26.33 | 0.0380 | 4.64 | 0.2156 |
| R 01133 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 26.63 | 0.0376 | 4.69 | 0.2132 |
| | - Reflective Air Space | | | | |
| R 01134 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 31.18 | 0.0321 | 5.49 | 0.1821 |
| R 01135 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 31.48 | 0.0318 | 5.54 | 0.1804 |
| R 01136 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 31.78 | 0.0315 | 5.60 | 0.1787 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | R 01141 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 37.03 | 0.0270 | 6.52 | 0.1533 |
| | R 01142 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 37.33 | 0.0268 | 6.57 | 0.1521 |
| | R 01143 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 37.63 | 0.0266 | 6.63 | 0.1509 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01144 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 42.18 | 0.0237 | 7.43 | 0.1346 |
| | R 01145 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 42.48 | 0.0235 | 7.48 | 0.1337 |
| | R 01146 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 42.78 | 0.0234 | 7.53 | 0.1327 |
| | หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท EPS หนา 2 นิ้ว วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, | | | | | |
| R 012 | กระเบื้องเซอรามิกส์ ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | R 01201 | หลังคาหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 10.61 | 0.0943 | 1.87 | 0.5352 |
| | R 01202 | หลังคาหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 10.91 | 0.0917 | 1.92 | 0.5204 |
| | R 01203 | หลังคาหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 11.21 | 0.0892 | 1.97 | 0.5065 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | | | | | |
| | R 01211 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 12.73 | 0.0786 | 2.24 | 0.4460 |
| | R 01212 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 13.03 | 0.0767 | 2.29 | 0.4358 |
| | R 01213 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 13.33 | 0.0750 | 2.35 | 0.4260 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01221 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 23.73 | 0.0421 | 4.18 | 0.2393 |
| | R 01222 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 24.03 | 0.0416 | 4.23 | 0.2363 |
| | R 01223 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 24.33 | 0.0411 | 4.28 | 0.2334 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01224 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 28.88 | 0.0346 | 5.09 | 0.1966 |
| | R 01225 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 29.18 | 0.0343 | 5.14 | 0.1946 |
| | R 01226 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 29.48 | 0.0339 | 5.19 | 0.1926 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01231 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 34.73 | 0.0288 | 6.12 | 0.1635 |
| | R 01232 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 35.03 | 0.0285 | 6.17 | 0.1621 |
| | R 01233 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 35.33 | 0.0283 | 6.22 | 0.1607 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01234 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 39.88 | 0.0251 | 7.02 | 0.1424 |
| | R 01235 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 40.18 | 0.0249 | 7.08 | 0.1413 |
| | R 01236 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 40.48 | 0.0247 | 7.13 | 0.1403 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01241 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 45.73 | 0.0219 | 8.05 | 0.1242 |
| | R 01242 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 46.03 | 0.0217 | 8.11 | 0.1234 |
| | R 01243 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 46.33 | 0.0216 | 8.16 | 0.1226 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01244 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 50.88 | 0.0197 | 8.96 | 0.1116 |
| | R 01245 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 51.18 | 0.0195 | 9.01 | 0.1109 |
| | R 01246 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 51.48 | 0.0194 | 9.07 | 0.1103 |
| R 013 | หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มีฉนวนประเภท PU หนา 2 นิ้ว วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์ ไม่มีฝ้าเพดาน | | | | | |
| | R 01301 | หลังคาหนา 4 นิ้ว (10 ซม.) | 7.97 | 0.1255 | 1.40 | 0.7124 |
| | R 01302 | หลังคาหนา 6 นิ้ว (15 ซม.) | 8.27 | 0.1209 | 1.46 | 0.6866 |
| | R 01303 | หลังคาหนา 8 นิ้ว (20 ซม.) | 8.57 | 0.1167 | 1.51 | 0.6625 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | | | | | |
| | R 01311 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 8.42 | 0.1188 | 1.48 | 0.6743 |
| | R 01312 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 10.23 | 0.0978 | 1.80 | 0.5550 |
| | R 01313 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 10.53 | 0.0950 | 1.85 | 0.5392 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01321 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 19.42 | 0.0515 | 3.42 | 0.2924 |
| | R 01322 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 21.23 | 0.0471 | 3.74 | 0.2675 |
| | R 01323 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 21.53 | 0.0464 | 3.79 | 0.2637 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01324 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 19.42 | 0.0515 | 3.42 | 0.2924 |
| | R 01325 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 26.38 | 0.0379 | 4.65 | 0.2152 |
| | R 01326 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 26.68 | 0.0375 | 4.70 | 0.2128 |
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01331 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 30.42 | 0.0329 | 5.36 | 0.1867 |
| | R 01332 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 32.23 | 0.0310 | 5.68 | 0.1762 |
| | R 01333 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 32.53 | 0.0307 | 5.73 | 0.1745 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01334 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 30.42 | 0.0329 | 5.36 | 0.1867 |
| | R 01335 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 37.38 | 0.0268 | 6.58 | 0.1519 |
| | R 01336 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 37.68 | 0.0265 | 6.64 | 0.1507 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | | |
| | - Non Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01341 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 41.42 | 0.0241 | 7.29 | 0.1371 |
| | R 01342 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 43.23 | 0.0231 | 7.61 | 0.1313 |
| | R 01343 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 43.53 | 0.0230 | 7.67 | 0.1304 |
| | - Reflective Air Space | | | | | |
| | R 01344 | หลังคาหนา 4 นิ้ว | 41.42 | 0.0241 | 7.29 | 0.1371 |
| | R 01345 | หลังคาหนา 6 นิ้ว | 48.38 | 0.0207 | 8.52 | 0.1174 |
| | R 01346 | หลังคาหนา 8 นิ้ว | 48.68 | 0.0205 | 8.57 | 0.1166 |
| | หลังคากระเบื้องซีเมนต์หนา 5 มม. (กระเบื้องลอนคู่, กระเบื้องลอนเดี่ยว เป็นต้น) วางเอียง | | | | | |
| R 021 | 45.0 องศา | | | | | |
| | R 02101 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.04 | 0.9615 | 0.18 | 5.4596 |
| | R 02102 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 2.86 | 0.3497 | 0.50 | 1.9853 |
| | R 02103 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 13.86 | 0.0722 | 2.44 | 0.4097 |
| | R 02104 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 17.11 | 0.0584 | 3.01 | 0.3319 |
| | R 02105 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 24.86 | 0.0402 | 4.38 | 0.2284 |
| | R 02106 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 28.11 | 0.0356 | 4.95 | 0.2020 |
| | R 02107 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 35.86 | 0.0279 | 6.32 | 0.1583 |
| | R 02108 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 39.11 | 0.0256 | 6.89 | 0.1452 |
| | หลังคากระเบื้องซีเมนต์หนา 5 มม. (กระเบื้องลอนคู่, กระเบื้องลอนเดี่ยว เป็นต้น) วางเอียง | | | | | |
| R 022 | 22.5 องศา | | | | | |
| | R 02201 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.12 | 0.8929 | 0.20 | 5.0696 |
| | R 02202 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 3.01 | 0.3322 | 0.53 | 1.8864 |
| | R 02203 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 14.01 | 0.0714 | 2.47 | 0.4053 |
| | R 02204 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.21 | 0.0549 | 3.21 | 0.3118 |
| | R 02205 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 25.01 | 0.0400 | 4.40 | 0.2270 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | R 02206 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.21 | 0.0342 | 5.14 | 0.1944 |
| | R 02207 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 36.01 | 0.0278 | 6.34 | 0.1577 |
| | R 02208 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.21 | 0.0249 | 7.08 | 0.1412 |
| | หลังคากระเบื้องคอนกรีต หรือเซอรามิกส์ หนา 6 มม. วางเอียง 45.0 | | | | | |
| R 031 | องศา | | | | | |
| | R 03101 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.05 | 0.9560 | 0.18 | 5.4283 |
| | R 03102 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 2.87 | 0.3489 | 0.50 | 1.9812 |
| | R 03103 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 13.87 | 0.0721 | 2.44 | 0.4095 |
| | R 03104 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 17.12 | 0.0584 | 3.01 | 0.3317 |
| | R 03105 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 24.87 | 0.0402 | 4.38 | 0.2283 |
| | R 03106 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 28.12 | 0.0356 | 4.95 | 0.2019 |
| | R 03107 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 35.87 | 0.0279 | 6.32 | 0.1583 |
| | R 03108 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 39.12 | 0.0256 | 6.89 | 0.1452 |
| | หลังคากระเบื้องคอนกรีต หรือเซอรามิกส์ หนา 6 มม. วางเอียง 22.5 | | | | | |
| R 032 | องศา | | | | | |
| | R 03201 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.13 | 0.8881 | 0.20 | 5.0426 |
| | R 03202 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 3.02 | 0.3316 | 0.53 | 1.8826 |
| | R 03203 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 14.02 | 0.0713 | 2.47 | 0.4051 |
| | R 03204 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.22 | 0.0549 | 3.21 | 0.3117 |
| | R 03205 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 25.02 | 0.0400 | 4.41 | 0.2270 |
| | R 03206 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.22 | 0.0342 | 5.15 | 0.1943 |
| | R 03207 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | - Non Reflective Air Space | 36.02 | 0.0278 | 6.34 | 0.1577 |
| | R 03208 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.22 | 0.0249 | 7.08 | 0.1412 |
| | หลังคากระเบื้องคอนกรีต หรือเซอรามิกส์ หนา 14 มม. วางเอียง | | | | | |
| R 033 | 45.0 องศา | | | | | |
| | R 03301 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.09 | 0.9141 | 0.19 | 5.1901 |
| | R 03302 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 2.91 | 0.3432 | 0.51 | 1.9485 |
| | R 03303 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 13.91 | 0.0719 | 2.45 | 0.4081 |
| | R 03304 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 17.16 | 0.0583 | 3.02 | 0.3308 |
| | R 03305 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 24.91 | 0.0401 | 4.39 | 0.2279 |
| | R 03306 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 28.16 | 0.0355 | 4.96 | 0.2016 |
| | R 03307 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 35.91 | 0.0278 | 6.33 | 0.1581 |
| | R 03308 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 39.16 | 0.0255 | 6.90 | 0.1450 |
| | หลังคากระเบื้องคอนกรีต หรือเซอรามิกส์ หนา 14 มม. วางเอียง | | | | | |
| R 034 | 22.5 องศา | | | | | |
| | R 03401 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.17 | 0.8518 | 0.21 | 4.8365 |
| | R 03402 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 3.06 | 0.3264 | 0.54 | 1.8531 |
| | R 03403 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 14.06 | 0.0711 | 2.48 | 0.4037 |
| | R 03404 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.26 | 0.0548 | 3.22 | 0.3109 |
| | R 03405 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 25.06 | 0.0399 | 4.41 | 0.2265 |
| | R 03406 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.26 | 0.0342 | 5.15 | 0.1940 |
| | R 03407 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 36.06 | 0.0277 | 6.35 | 0.1574 |
| | R 03408 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.26 | 0.0248 | 7.09 | 0.1410 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R 041 | หลังคาโลหะ หนา 0.5 มม. วางเอียง 45.0 องศา | | | | | |
| | R 04101 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.01 | 0.9895 | 0.18 | 5.6186 |
| | R 04102 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 2.83 | 0.3533 | 0.50 | 2.0060 |
| | R 04103 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 13.83 | 0.0723 | 2.44 | 0.4105 |
| | R 04104 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 17.08 | 0.0585 | 3.01 | 0.3324 |
| | R 04105 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 24.83 | 0.0403 | 4.37 | 0.2287 |
| | R 04106 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 28.08 | 0.0356 | 4.95 | 0.2022 |
| | R 04107 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 35.83 | 0.0279 | 6.31 | 0.1585 |
| | R 04108 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 39.08 | 0.0256 | 6.88 | 0.1453 |
| R 042 | หลังคาโลหะ หนา 0.5 มม. วางเอียง 22.5 องศา | | | | | |
| | R 04201 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.09 | 0.9169 | 0.19 | 5.2064 |
| | R 04202 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 2.98 | 0.3355 | 0.52 | 1.9050 |
| | R 04203 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 13.98 | 0.0715 | 2.46 | 0.4061 |
| | R 04204 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.18 | 0.0550 | 3.20 | 0.3123 |
| | R 04205 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 24.98 | 0.0400 | 4.40 | 0.2273 |
| | R 04206 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.18 | 0.0343 | 5.14 | 0.1946 |
| | R 04207 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 35.98 | 0.0278 | 6.34 | 0.1578 |
| | R 04208 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.18 | 0.0249 | 7.08 | 0.1413 |
| | หลังคาชิงเกิล (Ashphalt Shingles) ปูบนไม้อัดหนา 18 มม. วางเอียง 45.0 | | | | | |
| R 051 | องศา | | | | | |
| | R 05101 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 2.38 | 0.4202 | 0.42 | 2.3857 |
| | R 05102 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 4.20 | 0.2381 | 0.74 | 1.3519 |
| | R 05103 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | - Non Reflective Air Space | 15.20 | 0.0658 | 2.68 | 0.3736 |
| | R 05104 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.45 | 0.0542 | 3.25 | 0.3078 |
| | R 05105 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 26.20 | 0.0382 | 4.61 | 0.2167 |
| | R 05106 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.45 | 0.0340 | 5.19 | 0.1928 |
| | R 05107 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 37.20 | 0.0269 | 6.55 | 0.1526 |
| | R 05108 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.45 | 0.0247 | 7.12 | 0.1404 |
| | หลังคาชิงเกิล (Ashphalt Shingles) ปูบนไม้อัดหนา 18 มม. วางเอียง 22.5 | | | | | |
| R 052 | องศา | | | | | |
| | R 05201 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 2.46 | 0.4065 | 0.43 | 2.3081 |
| | R 05202 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 4.35 | 0.2299 | 0.77 | 1.3053 |
| | R 05203 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 15.35 | 0.0651 | 2.70 | 0.3699 |
| | R 05204 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 19.55 | 0.0512 | 3.44 | 0.2904 |
| | R 05205 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 26.35 | 0.0380 | 4.64 | 0.2155 |
| | R 05206 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 30.55 | 0.0327 | 5.38 | 0.1859 |
| | R 05207 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 37.35 | 0.0268 | 6.58 | 0.1520 |
| | R 05208 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 41.55 | 0.0241 | 7.32 | 0.1367 |
| R 061 | หลังคาแผ่นไม้ (Wood Shingles) ปูบนไม้อัดหนา 18 มม. วางเอียง 45.0 องศา | | | | | |
| | R 06101 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 2.88 | 0.3472 | 0.51 | 1.9715 |
| | R 06102 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 4.70 | 0.2128 | 0.83 | 1.2081 |
| | R 06103 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 15.70 | 0.0637 | 2.77 | 0.3617 |
| | R 06104 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.95 | 0.0528 | 3.34 | 0.2996 |
| | R 06105 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | - Non Reflective Air Space | 26.70 | 0.0375 | 4.70 | 0.2127 |
| | R 06106 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.95 | 0.0334 | 5.27 | 0.1896 |
| | R 06107 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 37.70 | 0.0265 | 6.64 | 0.1506 |
| | R 06108 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.95 | 0.0244 | 7.21 | 0.1387 |
| R 062 | หลังคาแผ่นไม้ (Wood Shingles) ปูบนไม้อัดหนา 18 มม. วางเอียง 22.5 องศา | | | | | |
| | R 06201 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 2.96 | 0.3378 | 0.52 | 1.9182 |
| | R 06202 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 4.85 | 0.2062 | 0.85 | 1.1707 |
| | R 06203 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 15.85 | 0.0631 | 2.79 | 0.3582 |
| | R 06204 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 20.05 | 0.0499 | 3.53 | 0.2832 |
| | R 06205 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 26.85 | 0.0372 | 4.73 | 0.2115 |
| | R 06206 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 31.05 | 0.0322 | 5.47 | 0.1829 |
| | R 06207 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 37.85 | 0.0264 | 6.67 | 0.1500 |
| | R 06208 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 42.05 | 0.0238 | 7.41 | 0.1350 |
| R 063 | หลังคาแผ่นไม้ (Wood Shingles) บนโครงหลังคา วางเอียง 45.0 องศา | | | | | |
| | R 06301 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 1.95 | 0.5128 | 0.34 | 2.9118 |
| | R 06302 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 3.77 | 0.2653 | 0.66 | 1.5061 |
| | R 06303 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 14.77 | 0.0677 | 2.60 | 0.3844 |
| | R 06304 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 18.02 | 0.0555 | 3.17 | 0.3151 |
| | R 06305 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 25.77 | 0.0388 | 4.54 | 0.2203 |
| | R 06306 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 29.02 | 0.0345 | 5.11 | 0.1957 |
| | R 06307 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | - Non Reflective Air Space | 36.77 | 0.0272 | 6.48 | 0.1544 |
| | R 06308 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 40.02 | 0.0250 | 7.05 | 0.1419 |
| | หลังคาแผ่นไม้ (Wood Shingles) บนโครงหลังคา วางเอียง 45.0 | | | | | |
| R 064 | องศา | | | | | |
| | R 06401 | ไม่มีฝ้าเพดาน | 2.03 | 0.4926 | 0.36 | 2.7970 |
| | R 06402 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ไม่มีฉนวน | 3.92 | 0.2551 | 0.69 | 1.4485 |
| | R 06403 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 14.92 | 0.0670 | 2.63 | 0.3806 |
| | R 06404 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 19.12 | 0.0523 | 3.37 | 0.2970 |
| | R 06405 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 25.92 | 0.0386 | 4.56 | 0.2191 |
| | R 06406 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 6 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 30.12 | 0.0332 | 5.30 | 0.1885 |
| | R 06407 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Non Reflective Air Space | 36.92 | 0.0271 | 6.50 | 0.1538 |
| | R 06408 | มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 9 นิ้ว | | | | |
| | | - Reflective Air Space | 41.12 | 0.0243 | 7.24 | 0.1381 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ค.

## ข้อมูลสำรวจอาคารตัวอย่างในงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัย 2 ชั้น (LAND & HOUSES)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Si

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | improved environment | = | 36.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 100.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 296.70 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.967** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 47.40 | = | 72.544 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 9.80 | = | 58.697 |
| E wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 24.70 | = | 37.802 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 7.70 | = | 46.119 |
| W wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 35.80 | = | 54.790 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 5.70 | = | 34.140 |
| S wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 43.90 | = | 67.187 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 13.60 | = | 81.457 |
| Floor | F 01131 | = | 2.308 | * | 50.00 | = | 115.405 |
| Roof | R 0902 | = | 0.546 | * | 58.10 | = | 31.723 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.022** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | COP | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **20.455** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัย 2 ชั้น (บ้านเอื้ออาทร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Loca

improved environment = [illegible]

**Site and Location index; $I_T$ = 14.00**

**Building Form Ratio**

Usable area per bldg. = 42.50 $m^2$

Surface area per bldg. = 179.50 $m^2$

**Surface area : usable area; $I_S$ = 4.224**

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 16.10 | = | 54.414 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 2.40 | = | 14.375 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 36.70 | = | 124.037 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 31.90 | = | 107.814 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 3.80 | = | 22.760 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 12.50 | = | 42.247 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 3.40 | = | 20.364 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 16.50 | = | 49.051 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 14.00 | = | 45.166 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 42.20 | = | 79.605 |

**Material index; $I_U$ = 3.119**

**Mechanical Efficiency**

COP = No.5

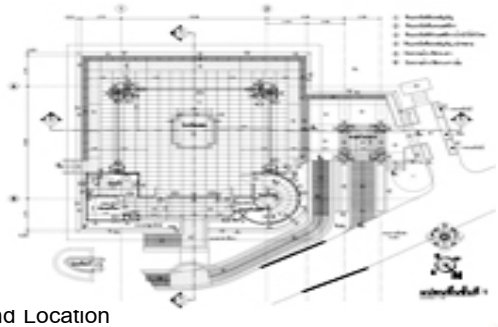
**Mechanical Efficiency index; $I_C$ = 0.310**

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$ = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = 57.169**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน จ.นครปฐม

**ประเภท** อาคารสาธารณะ



**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 30.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **5.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 294.96 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 694.04 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.353** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02401 | = | 0.336 | * | 57.67 | = | 19.377 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 13.13 | = | 23.857 |
| E wall | W 02402 | = | 0.336 | * | 55.28 | = | 18.574 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 15.52 | = | 28.199 |
| W wall | W 02403 | = | 0.336 | * | 51.46 | = | 17.291 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 19.34 | = | 35.140 |
| S wall | W 02404 | = | 0.336 | * | 51.23 | = | 17.213 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 19.57 | = | 35.558 |
| Floor | F 01303 | = | 0.675 | * | 184.96 | = | 124.875 |
| Roof | R 06208 | = | 0.135 | * | 76.85 | = | 10.398 |
| | R 07108 | = | 0.139 | * | 51.91 | = | 7.205 |
| | G 01402 | = | 3.542 | * | 21.88 | = | 77.501 |
| | R 01113 | = | 1.820 | * | 75.24 | = | 136.929 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.796** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

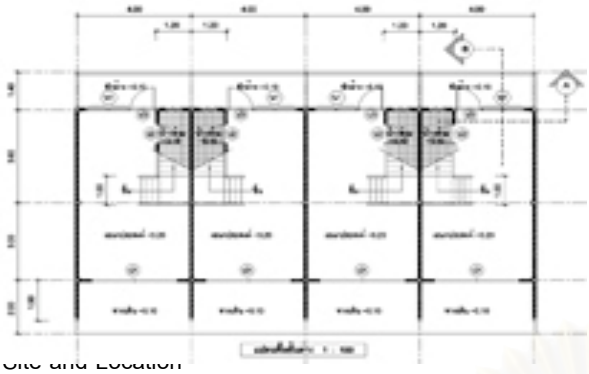
| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.6 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.270** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **2.527**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารห้องแถว สูง 2 ชั้น ถ. สวนตะไคร้ จ. นครปฐม

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 234.80 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 512.04 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.181** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.785 | * | 58.32 | = | 220.759 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 18.48 | = | 108.847 |
| E wall | W 02101 | = | 3.785 | * | 44.22 | = | 167.386 |
| W wall | W 02101 | = | 3.785 | * | 44.22 | = | 167.386 |
| S wall | W 02101 | = | 3.785 | * | 65.76 | = | 248.921 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.04 | = | 65.026 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 129.20 | = | 384.083 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 140.80 | = | 265.602 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.179** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

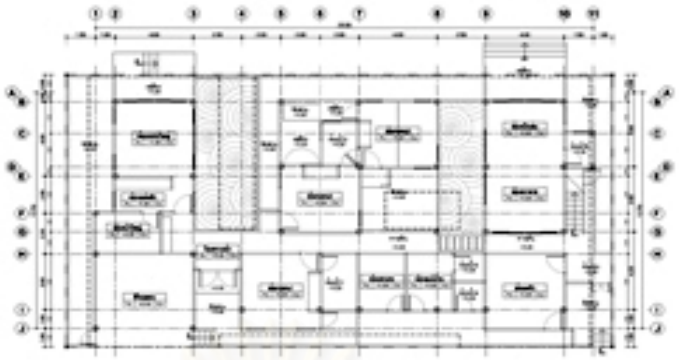
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.3 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **39.383**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักตากอากาศ สูง 1 ชั้น อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 33.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **8.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 151.95 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 755.87 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.974** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 99.01 | = | 151.531 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 21.74 | = | 66.760 |
| E wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 72.68 | = | 111.234 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 17.60 | = | 54.047 |
| W wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 72.40 | = | 110.805 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 17.88 | = | 54.907 |
| S wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 99.10 | = | 151.668 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 21.65 | = | 66.484 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 151.95 | = | 451.713 |
| Roof | R 03404 | = | 0.333 | * | 181.86 | = | 60.470 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.693** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

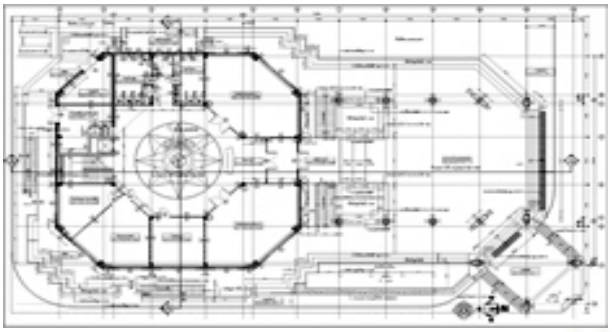
| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | No.5 |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **20.885**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

**ประเภท** อาคารราชการ



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 35.00 °c | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **10.00** | |
| **Building Form Ratio** | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 1333.60 $m^2$ | |
| | Surface area per bldg. | = | 1645.66 $m^2$ | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.234** | |

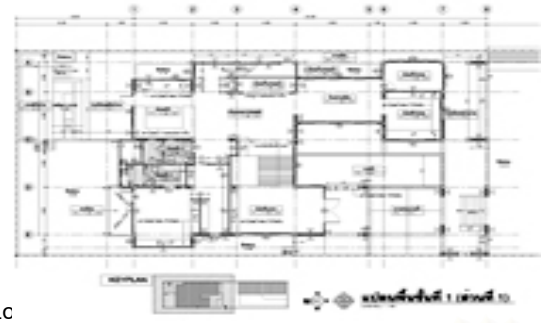
| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06103 | = | 0.311 | * | 57.67 | = | 17.941 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 13.13 | = | 23.857 |
| E wall | W 06103 | = | 0.311 | * | 55.28 | = | 17.198 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 15.52 | = | 28.199 |
| W wall | W 06103 | = | 0.311 | * | 51.46 | = | 16.009 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 19.34 | = | 35.140 |
| S wall | W 06103 | = | 0.311 | * | 51.23 | = | 15.938 |
| | G 01503 | = | 1.817 | * | 19.57 | = | 35.558 |
| Floor | F 09014 | = | 0.372 | * | 296.20 | = | 110.216 |
| | F 09016 | = | 0.348 | * | 213.30 | = | 74.122 |
| Roof | R 04208 | = | 0.144 | * | 665.42 | = | 95.887 |
| | G 01404 | = | 3.490 | * | 113.04 | = | 394.494 |
| | R 01112 | = | 1.362 | * | 74.50 | = | 101.439 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.587** | | | | |

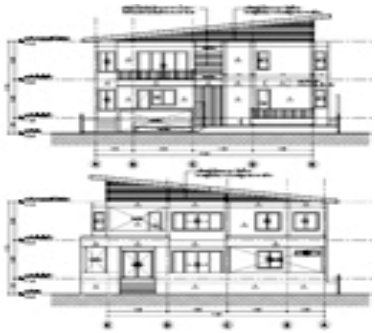
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Mechanical Efficiency** | | | | |
| | A/C performance | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.290** | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | = **2.101** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น ถ.สนามบินน้ำ จ.นนทบุรี

**ประเภท** อาคารพักอาศัย





Site and Lc

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 424.48 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1038.92 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.448** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 86.72 | = | 159.348 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 21.74 | = | 57.953 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 25.40 | = | 78.000 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 115.98 | = | 213.113 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 30.29 | = | 93.016 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 68.65 | = | 126.144 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 62.38 | = | 166.288 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 52.50 | = | 161.220 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 71.00 | = | 130.463 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 28.44 | = | 75.813 |
| | G 01301 | = | 3.071 | * | 35.29 | = | 108.370 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 222.16 | = | 660.432 |
| Roof | R04404 | = | 0.645 | * | 218.37 | = | 140.739 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.090** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

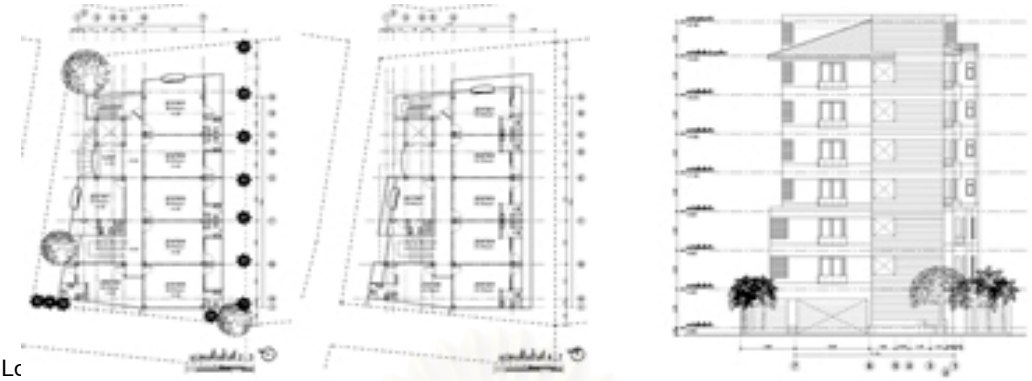
| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **23.270**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารคอนโดมิเนียม สูง 7 ชั้น จ.ขอนแก่น

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ



Site and Lc

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 987.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 2015.14 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.041** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 398.26 | = | 609.520 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 39.36 | = | 140.469 |
| E wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 356.29 | = | 545.287 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 19.68 | = | 70.234 |
| W wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 392.52 | = | 600.735 |
| S wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 348.13 | = | 532.798 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 133.45 | = | 476.260 |
| Floor | F 01303 | = | 0.622 | * | 164.39 | = | 102.185 |
| Roof | R 03204 | = | 0.312 | * | 116.87 | = | 36.429 |
| | R 01111 | = | 1.467 | * | 46.19 | = | 67.769 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.579** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **14.660**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารอพาร์ทเมนท์ สูง 3 ชั้น จ.สมุทรสาคร

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ

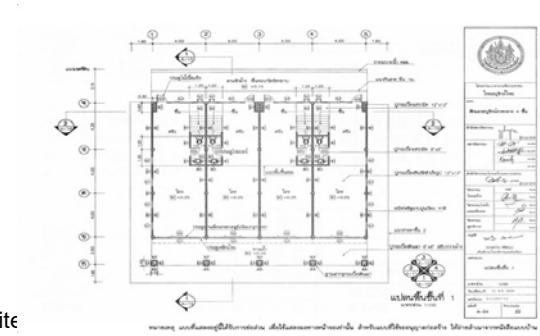
Site a

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 35.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **10.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 2331.84 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 5197.01 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.229** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 883.10 | = | 1351.548 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 79.15 | = | 282.472 |
| E wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 690.18 | = | 1056.292 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 47.95 | = | 171.125 |
| W wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 608.18 | = | 930.794 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 29.95 | = | 106.886 |
| S wall | W 04102 | = | 1.530 | * | 857.10 | = | 1311.756 |
| | G 01401 | = | 3.569 | * | 65.15 | = | 232.509 |
| Floor | F 02101 | = | 3.226 | * | 777.28 | = | 2507.611 |
| Roof | R 03204 | = | 0.312 | * | 1158.97 | = | 361.256 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.599** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **11.050** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคกลาง สูง 4 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ



Site

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 808.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1214.76 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.503** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 160.40 | = | 542.114 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 63.60 | = | 374.607 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 147.74 | = | 499.326 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 23.76 | = | 139.947 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 147.74 | = | 499.326 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 23.76 | = | 139.947 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 118.40 | = | 400.164 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 105.60 | = | 621.988 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 196.00 | = | 582.664 |
| Roof | R 03202 | = | 1.883 | * | 181.86 | = | 342.374 |
| | R 01111 | = | 1.467 | * | 45.90 | = | 67.344 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.410** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **22.250** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคอีสาน สูง 4 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ

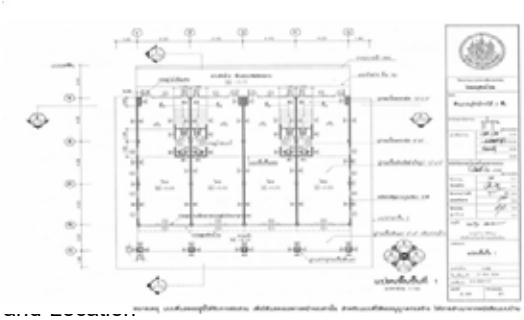
Site and Location

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 808.00 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1214.76 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.503** | | | |
| **Material** | | | U | | A | UA |
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 160.40 | = 542.114 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 63.60 | = 374.607 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 147.74 | = 499.326 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 23.76 | = 139.947 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 147.74 | = 499.326 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 23.76 | = 139.947 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 118.40 | = 400.164 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 105.60 | = 621.988 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 196.00 | = 582.664 |
| Roof | R 03202 | = | 1.883 | * | 181.86 | = 342.374 |
| | R 01111 | = | 1.467 | * | 45.90 | = 67.344 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.410** | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | = | **22.250** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคใต้ สูง 3 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ



Site and Location:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 612.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1045.26 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.708** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 123.60 | = | 417.739 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 52.40 | = | 308.638 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 115.31 | = | 389.720 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 19.44 | = | 114.502 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 115.31 | = | 389.720 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 19.44 | = | 114.502 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 90.40 | = | 305.530 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 85.60 | = | 504.188 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 196.00 | = | 582.664 |
| Roof | R 03202 | = | 1.883 | * | 181.86 | = | 342.374 |
| | R 01111 | = | 1.467 | * | 45.90 | = | 67.344 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.319** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

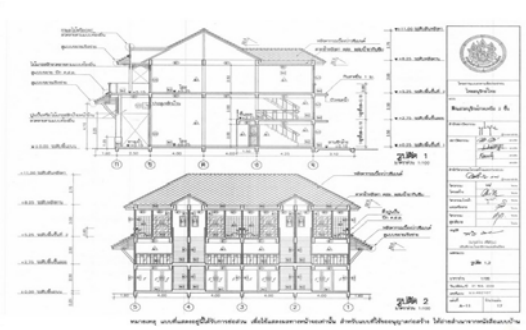
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **24.605**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย ภาคเหนือ สูง 2 ชั้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ



Site a

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 484.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 875.76 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.809** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 96.40 | = | 325.809 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 31.60 | = | 186.125 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 82.88 | = | 280.115 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 15.12 | = | 89.057 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 82.88 | = | 280.115 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 15.12 | = | 89.057 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 62.40 | = | 210.897 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 65.60 | = | 386.387 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 196.00 | = | 582.664 |
| Roof | R 03202 | = | 1.883 | * | 181.86 | = | 342.374 |
| | R 01111 | = | 1.467 | * | 45.90 | = | 67.344 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.166** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **24.862** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Lc

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 84.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 457.46 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **5.446** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 26.04 | = | 34.146 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 19.98 | = | 60.344 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.10 | = | 65.379 |
| E wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 33.84 | = | 44.374 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 14.61 | = | 44.125 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 12.33 | = | 72.624 |
| W wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 32.89 | = | 43.129 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 5.05 | = | 15.252 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 18.94 | = | 111.557 |
| S wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 43.59 | = | 57.160 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 7.75 | = | 23.407 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.90 | = | 64.201 |
| Floor | F 02101 | = | 3.226 | * | 35.40 | = | 114.205 |
| | F 02131 | = | 2.458 | * | 48.60 | = | 119.459 |
| Roof | R 03103 | = | 0.409 | * | 136.44 | = | 55.871 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.023** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

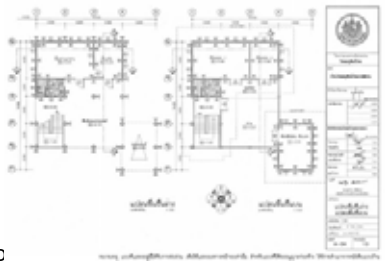
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **37.560**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



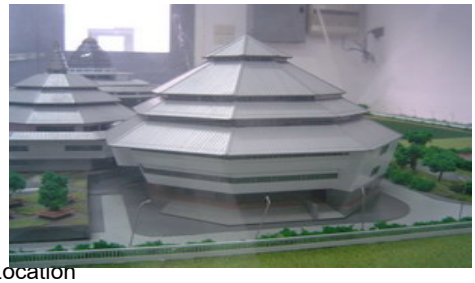
Site and Lc

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 89.50 $m^2$ | | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 350.42 $m^2$ | | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.915** | | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA | |
| N wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 34.50 | = | 45.240 | |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 24.75 | = | 74.750 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.80 | = | 63.612 | |
| E wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 24.30 | = | 31.865 | |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 10.10 | = | 30.504 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.10 | = | 47.709 | |
| W wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 23.05 | = | 30.225 | |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 10.10 | = | 30.504 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 9.35 | = | 55.072 | |
| S wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 33.35 | = | 43.732 | |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 24.80 | = | 74.901 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.90 | = | 70.091 | |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 36.00 | = | 107.020 | |
| | F 02131 | = | 2.458 | * | 17.50 | = | 43.015 | |
| Roof | R 03103 | = | 0.409 | * | 71.82 | = | 29.410 | |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.219** | | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **29.629** | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารศูนย์กีฬาและสนามกีฬากลางแจ้ง (อาคาร D)

**ประเภท** อาคารราชการ



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2693.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 5867.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.179** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 186.00 | = | 43.580 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 92.00 | = | 35.898 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 129.00 | = | 249.037 |
| E wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 214.00 | = | 50.140 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 87.00 | = | 33.947 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 92.00 | = | 177.608 |
| W wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 224.00 | = | 52.483 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 89.00 | = | 34.728 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 83.00 | = | 160.233 |
| S wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 187.00 | = | 43.814 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 95.00 | = | 37.069 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 123.00 | = | 237.454 |
| Floor | F 01302 | = | 0.700 | * | 770.00 | = | 539.077 |
| | F 09021 | = | 0.871 | * | 669.00 | = | 582.632 |
| Roof | R 04401 | = | 1.405 | * | 2827.00 | = | 3972.500 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.065** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **10.073**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารศูนย์ประชุม 500 ที่นั่ง (อาคาร E)

**ประเภท** อาคารราชการ

Site

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 °c | | | |
| | | = | **14.00** | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 3079.00 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 7986.00 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.594** | | | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1159.00 | = | 271.554 |
| E wall | W 02303 | = | 0.390 | * | 279.00 | = | 108.866 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 162.00 | = | 312.744 |
| W wall | G 01501 | = | 1.931 | * | 425.00 | = | 820.471 |
| S wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1159.00 | = | 271.554 |
| Floor | F 01302 | = | 0.700 | * | 1412.00 | = | 988.541 |
| Roof | R 04402 | = | 0.969 | * | 3122.00 | = | 3024.594 |
| | R 09001 | = | 0.261 | * | 268.00 | = | 70.028 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.726** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

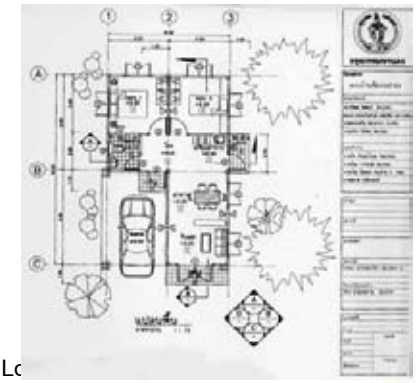
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **8.173**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านช้องนาง (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Lo

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 45.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 198.10 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.402** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 15.40 | = | 28.298 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.60 | = | 44.764 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 24.50 | = | 45.020 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.50 | = | 32.395 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 28.40 | = | 52.186 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 1.60 | = | 9.424 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 13.40 | = | 24.623 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.60 | = | 27.094 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 45.00 | = | 133.775 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 52.10 | = | 98.280 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.503** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

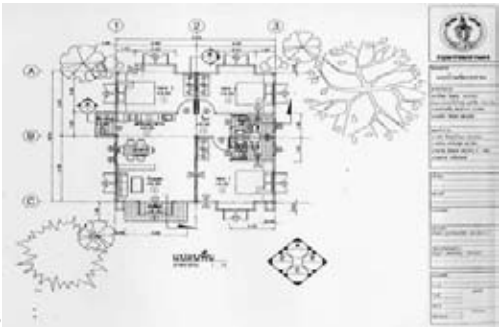
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **37.575**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านบุญนาค (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



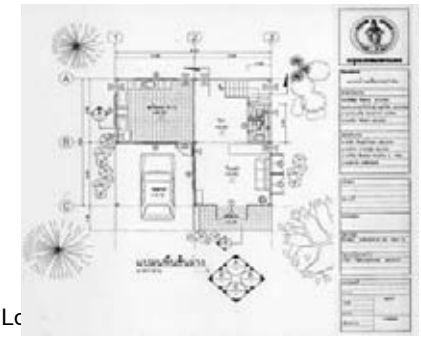
S

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | **=** | **11.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 64.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 246.00 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | **=** | **3.844** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 21.40 | = | 39.323 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.60 | = | 15.314 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 26.80 | = | 49.246 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.20 | = | 18.848 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 25.80 | = | 47.409 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.20 | = | 24.738 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 19.70 | = | 36.200 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.30 | = | 25.327 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 64.00 | = | 190.258 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 74.00 | = | 139.592 |
| | **Material index; $I_U$** | **=** | **2.383** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | **=** | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | **=** | **$I_C$ x $I_U$ x $I_T$ x $I_S$** | | | **=** | **31.236** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น บ้านพุทธชาด (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Lo

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 112.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 330.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.946** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 40.80 | = | 74.972 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.20 | = | 42.408 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 42.80 | = | 78.647 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.20 | = | 30.628 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 39.80 | = | 73.134 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.20 | = | 48.298 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 29.40 | = | 54.024 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 18.60 | = | 109.555 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 48.00 | = | 142.693 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 16.00 | = | 51.618 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 74.00 | = | 139.592 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.562** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

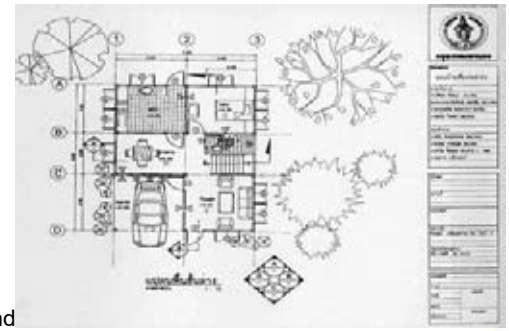
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **25.745**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านวาสนา

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



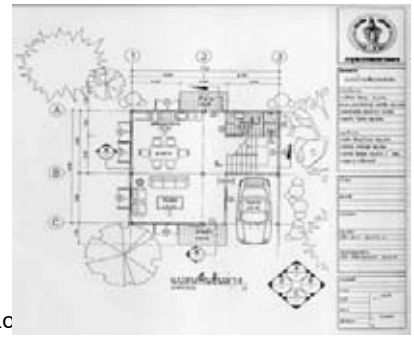
Site and

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 95.75 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 314.65 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.286** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 35.90 | = | 65.968 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.60 | = | 44.764 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 36.30 | = | 66.703 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.20 | = | 60.078 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 36.60 | = | 67.254 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 9.90 | = | 58.311 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 34.80 | = | 63.946 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.20 | = | 60.078 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 50.75 | = | 150.868 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 12.25 | = | 39.520 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 70.15 | = | 132.329 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.574** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **34.084** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น บ้านสร้อยฟ้า (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Lc 

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |
| **Building Form Ratio** | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 94.90 $m^2$ | |
| | Surface area per bldg. | = | 276.65 $m^2$ | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.915** | |

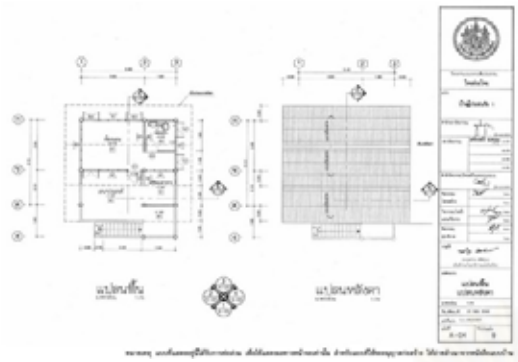
| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 43.80 | = | 80.484 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.50 | = | 26.505 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 39.00 | = | 71.664 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.10 | = | 30.039 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 26.00 | = | 47.776 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.30 | = | 37.107 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 43.80 | = | 80.484 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.90 | = | 34.751 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 39.95 | = | 118.762 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 7.50 | = | 24.196 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 54.80 | = | 103.374 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.368** | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Mechanical Efficiency** | | | |
| A/C performance | = | No.5 | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | = **23.541** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site a

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 16.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 104.39 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **6.524** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W05101 | = | 3.190 | * | 8.40 | = | 26.795 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 5.40 | = | 18.251 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.40 | = | 14.136 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 9.48 | = | 30.240 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 4.20 | = | 14.195 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.40 | = | 14.136 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 16.80 | = | 53.590 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 13.00 | = | 41.469 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.20 | = | 18.848 |
| Floor | W 05101 | = | 3.321 | * | 12.96 | = | 43.034 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 3.24 | = | 10.453 |
| Roof | R 02101 | = | 5.460 | * | 22.91 | = | 125.080 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.930** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

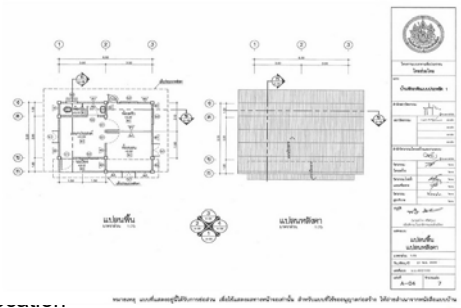
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.3 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **100.121**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



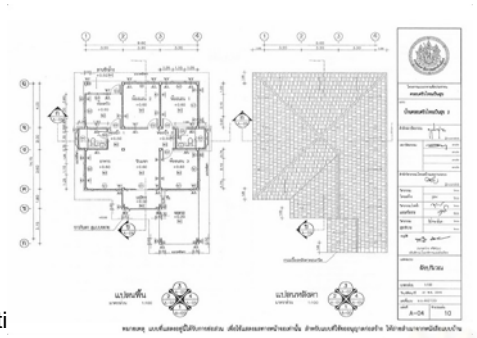
Site and Location

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 27.00 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 124.73 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.620** | | | |
| **Material** | | | U | | A | UA |
| N wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 13.29 | = 42.394 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 4.80 | = 14.812 |
| | G 01103 | = | 5.890 | | 4.88 | |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 7.49 | = 23.892 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 5.90 | = 18.207 |
| | G 01103 | = | 5.890 | | 1.44 | 8.482 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 8.89 | = 28.358 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 4.00 | = 12.343 |
| | G 01103 | = | 5.890 | | 2.88 | 16.963 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 4.26 | = 13.589 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 9.96 | = 30.735 |
| | G 01103 | = | 5.890 | | 1.98 | 11.662 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 27.00 | = 80.265 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 27.96 | = 52.743 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.842** | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.3 | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | = | **51.263** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



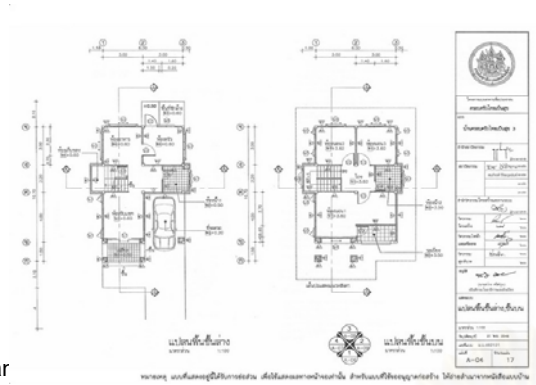
Site and Locati

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 91.76 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 332.05 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.619** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 19.50 | = | 25.570 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 12.05 | = | 40.726 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.20 | = | 24.738 |
| E wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 13.33 | = | 17.480 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 12.05 | = | 40.726 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.82 | = | 34.280 |
| W wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 19.18 | = | 25.151 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 8.37 | = | 28.289 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.66 | = | 21.558 |
| S wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 13.81 | = | 18.109 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 5.67 | = | 19.163 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.14 | = | 59.725 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 91.76 | = | 272.782 |
| Roof | R 03302 | = | 1.949 | * | 112.51 | = | 219.228 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.552** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **31.496** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site ar

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 100.56 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 392.97 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.908** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 45.93 | = | 155.232 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.56 | = | 26.859 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 49.80 | = | 168.312 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.88 | = | 34.633 |
| | W 09001 | = | 2.103 | * | 2.40 | = | 5.047 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 44.82 | = | 151.481 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 13.26 | = | 78.102 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 42.81 | = | 144.688 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.68 | = | 45.236 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 46.83 | = | 139.215 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 8.10 | = | 26.132 |
| Roof | R 03402 | = | 1.853 | * | 120.90 | = | 224.044 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.051** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

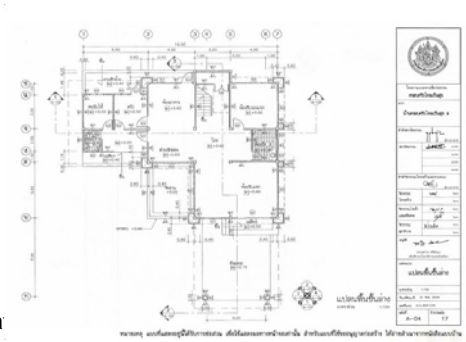
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **40.658**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 8 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



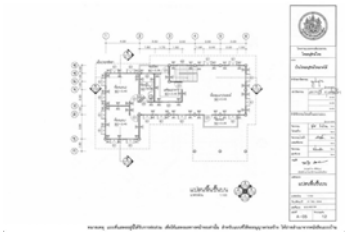
Site and Loca

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 231.20 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 617.90 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.673** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 39.99 | = | 135.157 |
| | W 02102 | = | 2.666 | | 21.00 | | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 16.01 | = | 94.300 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 37.81 | = | 127.789 |
| | W 02102 | = | 2.666 | | 36.33 | | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 18.26 | = | 107.552 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 63.76 | = | 215.494 |
| | W 02102 | = | 2.666 | | 17.13 | | 45.664 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.51 | = | 67.794 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 41.40 | = | 139.922 |
| | W 02102 | = | 2.666 | | 13.10 | | 34.921 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 22.51 | = | 132.585 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 115.60 | = | 343.653 |
| Roof | R 03302 | = | 1.949 | * | 163.49 | = | 318.564 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.854** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **26.009** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 141.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 557.12 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.951** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 52.72 | = | 69.132 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 20.43 | = | 61.703 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 13.16 | = | 77.513 |
| E wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 30.96 | = | 40.598 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 13.50 | = | 40.773 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.40 | = | 31.806 |
| W wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 27.36 | = | 35.877 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 13.30 | = | 40.169 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 9.20 | = | 54.188 |
| S wall | W 05104 | = | 1.311 | * | 50.56 | = | 66.299 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 19.15 | = | 57.837 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 16.60 | = | 97.775 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 37.50 | = | 111.479 |
| | F 02131 | = | 2.458 | * | 66.00 | = | 162.228 |
| Roof | R 03103 | = | 0.409 | * | 181.28 | = | 74.232 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.834** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **24.707**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 112.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 550.36 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.914** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 50.28 | = | 169.934 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 22.73 | = | 68.649 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 13.00 | = | 76.571 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 46.03 | = | 155.570 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 18.35 | = | 55.421 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.57 | = | 68.148 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 51.21 | = | 173.078 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 5.57 | = | 16.823 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 19.17 | = | 112.912 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 64.88 | = | 219.279 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 9.13 | = | 27.575 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 12.00 | = | 70.680 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 28.00 | = | 83.238 |
| | F 02131 | = | 2.458 | * | 56.00 | = | 137.648 |
| Roof | R 03103 | = | 0.409 | * | 142.44 | = | 58.328 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.714** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **45.483** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ECO- SPHERE

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site


| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 29.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **4.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 33.08 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 103.58 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.131** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06105 | = | 0.116 | * | 21.09 | = | 2.442 |
| | G 01302 | = | 3.043 | * | 2.26 | = | 6.877 |
| E wall | W 06105 | = | 0.116 | * | 22.22 | = | 2.573 |
| | G 01302 | = | 3.043 | * | 1.13 | = | 3.438 |
| W wall | W 06105 | = | 0.116 | * | 23.35 | = | 2.704 |
| S wall | W 06105 | = | 0.116 | * | 23.35 | = | 2.704 |
| Floor | F 09031 | = | 0.274 | * | 10.18 | = | 2.791 |
| Roof | G 01302 | = | 3.043 | * | 1.13 | = | 3.438 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.227** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

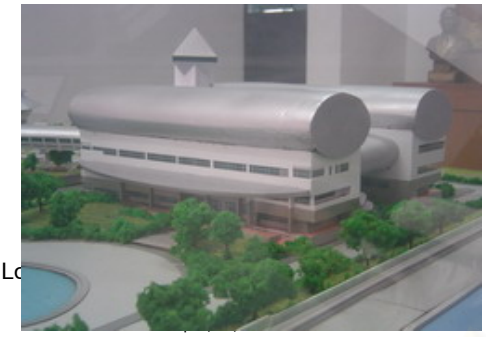
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.210** | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | = **0.597** |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองบังคับการฯ (อาคาร B)

**ประเภท** อาคารราชการ

Site and Lo



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 5601.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 9604.00 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.715** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 403.00 | = | 94.423 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 270.00 | = | 115.884 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 285.00 | = | 550.198 |
| E wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 235.00 | = | 55.061 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 741.00 | = | 318.037 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 30.00 | = | 57.916 |
| W wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 343.00 | = | 80.365 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 490.00 | = | 210.308 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 30.00 | = | 57.916 |
| S wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 55.00 | = | 12.887 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 710.00 | = | 304.732 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 272.00 | = | 525.101 |
| Floor | F 01302 | = | 0.700 | * | 2246.00 | = | 1572.425 |
| Roof | R 04402 | = | 0.969 | * | 2880.00 | = | 2790.144 |
| | R 04401 | = | 1.405 | * | 614.00 | = | 862.793 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.792** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **5.895** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองบัญชาการฯ (อาคาร A)

**ประเภท** อาคารราชการ

Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 15170.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 16366.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.079** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1163.00 | = | 272.491 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 506.00 | = | 217.175 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 469.00 | = | 905.414 |
| E wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1183.00 | = | 277.177 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 466.00 | = | 200.007 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 494.00 | = | 953.677 |
| W wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1223.00 | = | 286.549 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 466.00 | = | 200.007 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 485.00 | = | 936.302 |
| S wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 1163.00 | = | 272.491 |
| | W 02301 | = | 0.429 | * | 506.00 | = | 217.175 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 469.00 | = | 905.414 |
| Floor | F 01302 | = | 0.700 | * | 232.00 | = | 162.423 |
| Roof | R 04402 | = | 0.969 | * | 3526.00 | = | 3415.989 |
| | G 01402 | = | 3.542 | * | 1640.00 | = | 5809.058 |
| | R 09001 | = | 0.261 | * | 2375.00 | = | 620.588 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **0.918** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **4.300**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารศูนย์ราชการ ถ.แจ้งวัฒนะ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | outside air temp. | = | 32.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **7.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 420000.00 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 171983.70 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **0.409** |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 09011 | = | 0.292 | * | 3451.10 | = | 1006.341 |
| | W 09012 | = | 0.287 | * | 1129.70 | = | 324.563 |
| | G 01601 | = | 1.147 | * | 2575.20 | = | 2953.239 |
| E wall | W 09011 | = | 0.292 | * | 5048.70 | = | 1472.201 |
| | W 09012 | = | 0.287 | * | 1667.40 | = | 479.044 |
| | G 01601 | = | 1.147 | * | 4132.50 | = | 4739.151 |
| W wall | W 09011 | = | 0.292 | * | 5048.70 | = | 1472.201 |
| | W 09012 | = | 0.287 | * | 1667.40 | = | 479.044 |
| | G 01601 | = | 1.147 | * | 4132.50 | = | 4739.151 |
| S wall | W 09011 | = | 0.292 | * | 3451.10 | = | 1006.341 |
| | W 09012 | = | 0.287 | * | 1129.70 | = | 324.563 |
| | G 01601 | = | 1.147 | * | 2575.20 | = | 2953.239 |
| Floor | F 01303 | = | 2.973 | * | 52144.20 | = | 155012.967 |
| | F 02303 | = | 0.382 | * | 7325.50 | = | 2796.876 |
| Roof | R 01303 | = | 0.663 | * | 36122.30 | = | 23931.024 |
| | R 04108 | = | 0.145 | * | 23417.10 | = | 3402.505 |
| | R 04208 | = | 0.141 | * | 16965.40 | = | 2397.211 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.184** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

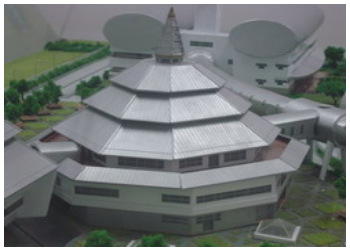
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.300** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **1.018**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารสโมสรข้าราชการ (อาคาร C)

**ประเภท** อาคารราชการ



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2148.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 5006.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.331** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 241.00 | = | 56.466 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 161.00 | = | 62.822 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 93.00 | = | 179.538 |
| E wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 251.00 | = | 58.809 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 130.00 | = | 50.726 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 87.00 | = | 167.955 |
| W wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 245.00 | = | 57.404 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 126.00 | = | 49.165 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 43.00 | = | 83.012 |
| S wall | W 06102 | = | 0.234 | * | 222.00 | = | 52.015 |
| | W 02303 | = | 0.390 | * | 150.00 | = | 58.530 |
| | G 01501 | = | 1.931 | * | 106.00 | = | 204.635 |
| Floor | F 01302 | = | 0.700 | * | 846.00 | = | 592.285 |
| Roof | R 04401 | = | 1.405 | * | 1556.00 | = | 2186.491 |
| | G 01402 | = | 3.542 | * | 323.00 | = | 1144.101 |
| | R 09001 | = | 0.261 | * | 426.00 | = | 111.314 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.022** | | | | |

Mechanical Efficiency

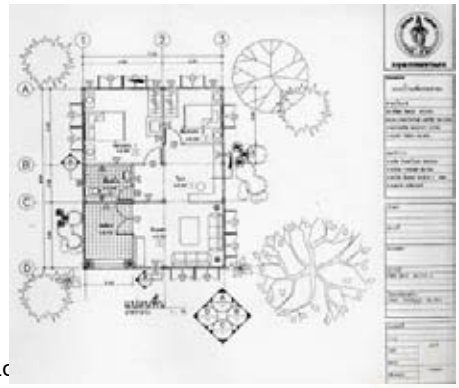
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **10.335**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านผกากอง (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Lo

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 58.10 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 224.30 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.861** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 17.10 | = | 31.422 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.90 | = | 22.971 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 24.60 | = | 45.203 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.90 | = | 22.971 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 22.60 | = | 41.528 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.90 | = | 34.751 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 18.40 | = | 33.811 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.60 | = | 15.314 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 58.10 | = | 172.718 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 67.20 | = | 126.765 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.441** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

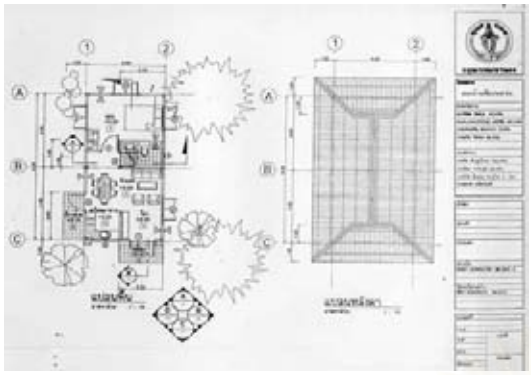
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **32.131**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านรางทอง (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 32.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 151.60 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.738** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 12.00 | = | 22.050 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 1.30 | = | 7.657 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 12.00 | = | 22.050 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.80 | = | 22.382 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 24.00 | = | 44.101 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.60 | = | 15.314 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 24.00 | = | 44.101 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.90 | = | 17.081 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 32.00 | = | 95.129 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 37.00 | = | 69.796 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.372** | | | | |

Mechanical Efficiency

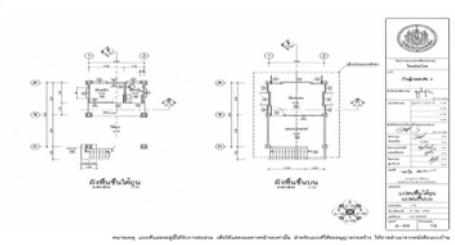
| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **38.326**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 17.64 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 89.80 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **5.091** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W05101 | = | 3.190 | * | 7.75 | = | 24.722 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 8.00 | = | 27.038 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.00 | = | 17.670 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 3.60 | = | 11.484 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 7.00 | = | 23.658 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.50 | = | 14.725 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 3.60 | = | 11.484 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 7.00 | = | 23.658 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.50 | = | 14.725 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 7.75 | = | 24.722 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 5.00 | = | 16.899 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.00 | = | 35.340 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 6.84 | = | 20.334 |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 3.96 | = | 12.776 |
| Roof | R 02101 | = | 5.460 | * | 15.30 | = | 83.532 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **4.040** | | | | |

Mechanical Efficiency

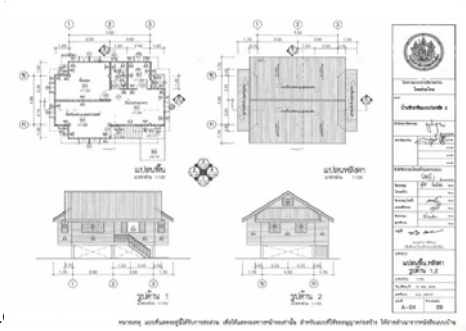
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.3 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **80.306**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 2 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and L

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 54.90 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 232.70 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.239** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W05101 | = | 3.190 | * | 12.38 | = | 39.491 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 8.00 | = | 27.038 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.10 | = | 30.039 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 9.10 | = | 29.028 |
| | W 02101 | = | 3.380 | * | 4.72 | = | 15.952 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.50 | = | 32.395 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 16.32 | = | 52.059 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.00 | = | 17.670 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 39.68 | = | 126.575 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.60 | = | 38.874 |
| Floor | F 02102 | = | 3.226 | * | 58.90 | = | 190.017 |
| Roof | R 02201 | = | 5.070 | * | 63.40 | = | 321.413 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.956** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

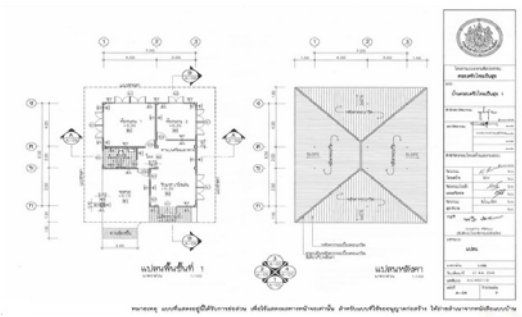
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.3 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **65.478**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 54.25 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 215.90 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.980** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 16.50 | = | 55.766 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.50 | = | 26.505 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 22.50 | = | 76.045 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.00 | = | 35.340 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 18.30 | = | 61.850 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 5.40 | = | 16.309 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.80 | = | 28.272 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 8.00 | = | 27.038 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 7.50 | = | 22.652 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.50 | = | 32.395 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 54.25 | = | 161.274 |
| Roof | R 02202 | = | 1.949 | * | 62.65 | = | 122.075 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.083** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

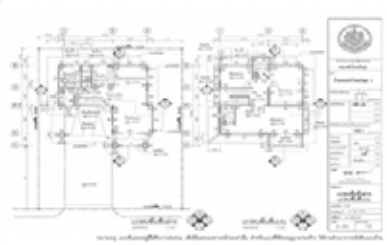
| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **41.833**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 4 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 133.85 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 375.25 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.804** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 50.32 | = | 170.070 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.80 | = | 69.502 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 27.22 | = | 91.997 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 19.78 | = | 52.728 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.80 | = | 63.612 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 76.44 | = | 258.349 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 20.50 | = | 54.647 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.70 | = | 33.573 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 39.34 | = | 132.960 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 15.60 | = | 41.585 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 15.30 | = | 90.118 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 59.85 | = | 177.921 |
| | F 02231 | = | 1.486 | * | 17.50 | = | 26.012 |
| Roof | R 01111 | = | 1.467 | * | 5.10 | = | 7.483 |
| | R 03402 | = | 1.853 | * | 85.40 | = | 158.255 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.386** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **32.369**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 6 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 173.02 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 513.80 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.970** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 46.54 | = | 157.294 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 3.00 | = | 9.061 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.20 | = | 42.408 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 45.76 | = | 154.658 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 5.14 | = | 15.524 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.60 | = | 68.324 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 54.26 | = | 183.386 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 18.30 | = | 107.788 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 46.48 | = | 157.091 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 5.60 | = | 16.913 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 12.80 | = | 75.393 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 85.12 | = | 253.043 |
| | F 02231 | = | 1.486 | * | 34.20 | = | 50.835 |
| Roof | R 03302 | = | 1.949 | * | 137.80 | = | 268.503 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.037** | | | | |

Mechanical Efficiency

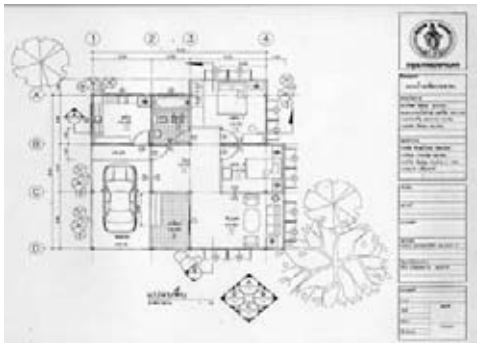
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **30.750**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านยี่สุ่น (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 63.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 254.60 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.009** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 24.40 | = | 44.836 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.60 | = | 32.984 |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 23.70 | = | 43.550 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.80 | = | 45.942 |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 26.00 | = | 47.776 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.50 | = | 32.395 |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 25.80 | = | 47.409 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.20 | = | 24.738 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 63.50 | = | 188.771 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 68.10 | = | 128.462 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.501** | | | | |

Mechanical Efficiency

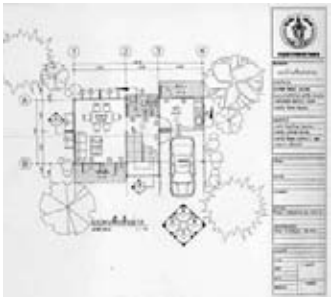
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **34.200**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบ้านพักอาศัย สูง 1 ชั้น บ้านราตรี (แบบบ้านเพื่อประชาชน กรุงเทพมหานคร)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



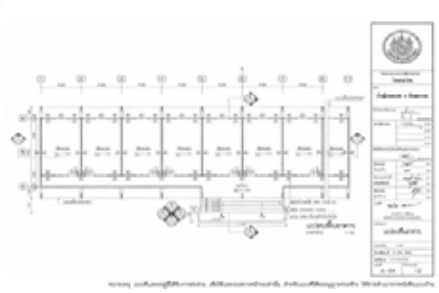
Site and Location

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 °c | | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 95.05 $m^2$ | | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 306.65 $m^2$ | | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.226** | | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA | |
| N wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 25.90 | = | 47.592 | |
| | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.10 | = | 67.307 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.00 | = | 58.900 | |
| E wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 23.20 | = | 42.631 | |
| | W 05101 | = | 3.190 | * | 24.90 | = | 79.429 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.90 | = | 52.421 | |
| W wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 14.80 | = | 27.196 | |
| | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.40 | = | 68.264 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.20 | = | 30.628 | |
| S wall | W 04101 | = | 1.838 | * | 14.50 | = | 26.644 | |
| | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.40 | = | 68.264 | |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.50 | = | 32.395 | |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 31.60 | = | 93.940 | |
| | F 02101 | = | 3.226 | * | 12.75 | = | 41.133 | |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 65.50 | = | 123.558 | |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.805** | | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | | |
| | A/C performance | = | No.5 | | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **30.864** | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านผู้ประสบภัย 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | **=** | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 216.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 658.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | **=** | **3.046** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W05101 | = | 3.190 | * | 73.40 | = | 234.139 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 13.20 | = | 77.749 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 14.40 | = | 45.935 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 14.40 | = | 45.935 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 53.40 | = | 170.341 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 33.20 | = | 195.549 |
| Floor | F 02101 | = | 3.226 | * | 216.00 | = | 696.845 |
| Roof | R 02201 | = | 5.070 | * | 240.00 | = | 1216.704 |
| | **Material index; $I_U$** | **=** | **4.078** | | | | |

Mechanical Efficiency

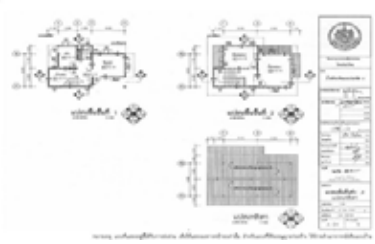
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.3 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | **=** | **0.355** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **48.509**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทยช่วยไทย บ้านแบบประหยัด 3 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 71.50 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 238.10 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.330** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.00 | = | 66.988 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 20.70 | = | 63.878 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.90 | = | 40.641 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 12.50 | = | 39.874 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 12.50 | = | 38.573 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.10 | = | 30.039 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 12.75 | = | 40.671 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 11.50 | = | 35.488 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.75 | = | 33.868 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.75 | = | 69.380 |
| | W 03101 | = | 3.086 | * | 19.75 | = | 60.946 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.10 | = | 41.819 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 34.00 | = | 101.075 |
| | F 02102 | = | 3.226 | * | 3.50 | = | 11.291 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 43.30 | = | 81.680 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.176** | | | | |

Mechanical Efficiency

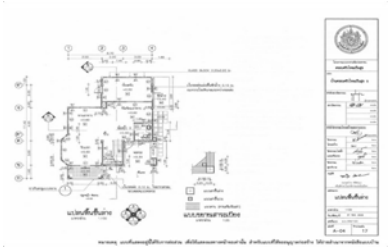
| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | No.3 |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.355** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **41.301**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 5 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 139.52 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 371.46 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.662** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 37.21 | = | 125.761 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 9.34 | = | 28.209 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.90 | = | 40.641 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 5.62 | = | 18.994 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 7.48 | = | 22.591 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.60 | = | 44.764 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 43.92 | = | 148.439 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 8.68 | = | 26.215 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.40 | = | 49.476 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 39.27 | = | 132.723 |
| | W 02111 | = | 3.020 | * | 3.78 | = | 11.416 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 13.50 | = | 79.516 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 71.66 | = | 213.029 |
| | F 02231 | = | 1.486 | * | 11.80 | = | 17.540 |
| Roof | R 03402 | = | 1.853 | * | 96.30 | = | 178.454 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.063** | | | | |

Mechanical Efficiency

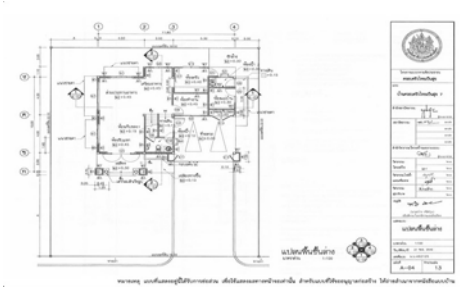
| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | No.5 |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **27.808**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 7 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **11.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 178.28 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 493.05 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.766** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 61.88 | = | 209.140 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 12.00 | = | 31.988 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 10.20 | = | 60.078 |
| E wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 29.12 | = | 98.419 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 7.36 | = | 19.620 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 12.00 | = | 70.680 |
| W wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 53.18 | = | 179.736 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.70 | = | 51.243 |
| S wall | W 02101 | = | 3.380 | * | 30.42 | = | 102.812 |
| | W 02102 | = | 2.666 | * | 36.56 | = | 97.458 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 17.10 | = | 100.720 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 71.10 | = | 211.364 |
| | F 02231 | = | 1.486 | * | 24.93 | = | 37.056 |
| Roof | R 03302 | = | 1.949 | * | 118.50 | = | 230.897 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.045** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **28.714**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** เรือนไทยหมู่ BST - T5 (บ้านทรงไทย อยุธยา)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 34.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **9.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 146.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 810.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **5.548** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 60.00 | = | 191.394 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 18.00 | = | 107.811 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 86.50 | = | 275.926 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 21.50 | = | 128.774 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 88.50 | = | 282.306 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 19.50 | = | 116.795 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 67.00 | = | 213.723 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 11.00 | = | 65.885 |
| Floor | F 05101 | = | 3.321 | * | 146.00 | = | 484.793 |
| Roof | R 02101 | = | 3.460 | * | 292.00 | = | 1010.203 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.553** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **54.990**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** เรือนไทยหมู่ BST - D1 (บ้านทรงไทย อยุธยา)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 34.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **9.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 36.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 227.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **6.306** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 20.00 | = | 63.798 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 7.00 | = | 41.927 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 20.00 | = | 63.798 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 7.00 | = | 41.927 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.50 | = | 68.583 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 6.50 | = | 38.932 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 21.50 | = | 68.583 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 6.50 | = | 38.932 |
| Floor | F 05101 | = | 3.321 | * | 36.00 | = | 119.538 |
| Roof | R 04101 | = | 5.619 | * | 81.00 | = | 455.107 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **4.410** | | | | |

Mechanical Efficiency

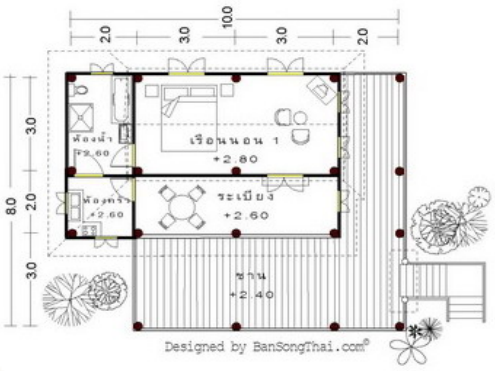
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **77.587**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** เรือนไทยเดี่ยว BST - S1 (บ้านทรงไทย อยุธยา)

**ประเภท** อาคารพักอาศัย




**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 34.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **9.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 19.00 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 135.00 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **7.105** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 18.50 | = | 59.013 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 5.50 | = | 32.942 |
| E wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 9.50 | = | 30.304 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 5.50 | = | 32.942 |
| W wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 13.50 | = | 43.064 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 1.50 | = | 8.984 |
| S wall | W 05101 | = | 3.190 | * | 20.00 | = | 63.798 |
| | G 01101 | = | 5.990 | * | 4.00 | = | 23.958 |
| Floor | F 05101 | = | 3.321 | * | 19.00 | = | 63.090 |
| Roof | R 03101 | = | 5.428 | * | 38.00 | = | 206.275 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **4.181** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

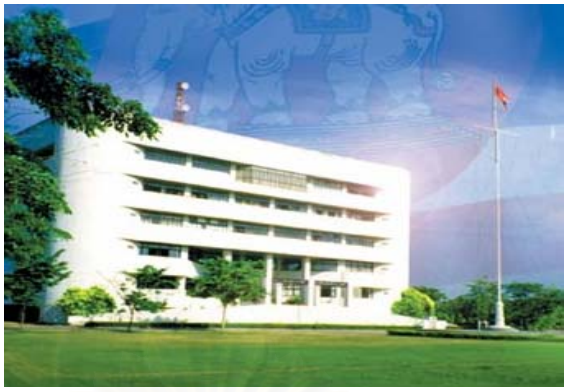
| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **82.873**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือและสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหาร กองทัพเรือ

**ประเภท** อาคารราชการ



**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 35.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **10.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 2489.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 2331.40 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **0.937** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 166.23 | = | 561.824 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 104.64 | = | 616.330 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 105.19 | = | 355.521 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 87.01 | = | 512.489 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 90.90 | = | 307.224 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.76 | = | 51.596 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 294.88 | = | 996.635 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 49.79 | = | 293.263 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 712.00 | = | 1829.270 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 712.00 | = | 1343.102 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.946** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.381** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **10.512**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.น.ป.ข. กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง

**ประเภท** อาคารราชการ

Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 402.19 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1060.79 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.638** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 90.00 | = | 304.182 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 21.60 | = | 120.917 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 37.20 | = | 125.729 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 31.00 | = | 104.774 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 124.20 | = | 419.771 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 24.60 | = | 137.711 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 330.00 | = | 847.836 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 402.19 | = | 758.683 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.658** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.439** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **40.010**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารสโมสรสัญญาบัตร กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

Outside air temp.(°c)

**Site and Location index; $I_T$** = **13.00**

**Building Form Ratio**

Usable area per bldg. = 202.12 $m^2$

Surface area per bldg. = 544.24 $m^2$

**Surface area : usable area; $I_S$** = **2.693**

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 11.10 | = | 37.516 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 3.90 | = | 21.832 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 34.14 | = | 115.386 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 25.86 | = | 144.764 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 22.04 | = | 74.491 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 12.96 | = | 72.550 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.48 | = | 69.218 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 9.52 | = | 53.293 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 202.12 | = | 519.287 |
| Roof | R 01111 | = | 1.468 | * | 202.12 | = | 296.672 |

**Material index; $I_U$** = **2.582**

**Mechanical Efficiency**

A/C performance = จากการตรวจสอบ

**Mechanical Efficiency index; $I_C$** = **0.589**

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **53.227**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.นปข. เขตนครพนม กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 266.06 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 642.49 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.415** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 38.30 | = | 129.446 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 4.20 | = | 23.512 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 0.50 | = | 1.690 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 28.15 | = | 95.141 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 0.60 | = | 3.359 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.00 | = | 67.596 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 266.06 | = | 683.561 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 284.68 | = | 537.014 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.399** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.681** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **59.177**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารเอนกประสงค์ กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 403.34 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 983.77 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.439** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 8.75 | = | 29.573 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 44.99 | = | 152.057 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 52.10 | = | 306.869 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 23.20 | = | 78.411 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 36.80 | = | 216.752 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 6.75 | = | 22.814 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.50 | = | 26.505 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 403.34 | = | 1036.261 |
| Roof | R 01111 | = | 1.886 | * | 83.34 | = | 157.211 |
| | R 02202 | = | 1.886 | * | 320.00 | = | 603.641 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.060** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.440** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **30.949**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารพักนายทหารสัญญาบัตร กองบัญชาการหน่วยปฏิบัติการตามลำแม่น้ำโขง

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 37.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **12.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 159.54 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 596.46 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.739** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 6.93 | = | 23.422 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 6.93 | = | 38.794 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 57.17 | = | 193.223 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 4.08 | = | 22.840 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.25 | = | 88.720 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 11.10 | = | 37.516 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 1.40 | = | 7.837 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 241.30 | = | 619.948 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 241.30 | = | 455.183 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.494** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.344** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **38.488**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารพิพิธภัณฑ์ สถาบันประสาทวิทยา

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 35.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **10.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 180.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 426.38 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.369** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.64 | = | 90.038 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.36 | = | 37.460 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 42.59 | = | 143.946 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 47.59 | = | 280.305 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 51.86 | = | 175.276 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 38.34 | = | 225.823 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 33.00 | = | 111.533 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 90.00 | = | 231.228 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 90.00 | = | 169.774 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.437** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.500** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **40.705**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกุมารประสาทวิทยา สถาบันประสาทวิทยา

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 35.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **10.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 217.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 412.55 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.901** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 58.36 | = | 197.245 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 25.08 | = | 140.398 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 37.69 | = | 127.385 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 6.62 | = | 37.059 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 32.98 | = | 111.466 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 1.84 | = | 10.300 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 57.91 | = | 195.724 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 12.09 | = | 67.680 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 89.99 | = | 231.202 |
| Roof | R 01111 | = | 1.886 | * | 89.99 | = | 169.755 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.123** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.385** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **22.855**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร มว.ไฟฟ้าแสงสว่าง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 96.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 294.88 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.072** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 25.38 | = | 85.779 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 4.62 | = | 25.863 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.00 | = | 67.596 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 18.35 | = | 62.019 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 1.65 | = | 9.237 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.92 | = | 90.984 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 3.08 | = | 17.242 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 96.00 | = | 246.643 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 98.88 | = | 188.366 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.692** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.589** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **73.048**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร บก.แผนกไฟฟ้า กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c | |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 52.50 | $m^2$ | |
| Surface area per bldg. | = | 185.20 | $m^2$ | |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.528** | | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 14.85 | = | 50.190 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 19.00 | = | 64.216 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 8.40 | = | 47.023 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 21.60 | = | 73.004 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 14.85 | = | 50.190 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 52.50 | = | 134.883 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 54.00 | = | 102.870 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.821** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.640** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **89.152**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองการขนส่ง สถานีการบิน กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 115.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 369.29 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.211** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 6.50 | = | 16.399 |
| E wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 54.60 | = | 137.750 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.82 | = | 40.170 |
| W wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 54.60 | = | 137.750 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.82 | = | 40.170 |
| S wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 6.50 | = | 16.399 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 115.00 | = | 295.458 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 118.45 | = | 225.647 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.463** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.578** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **68.587**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารแผนกเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c | |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 144.00 | $m^2$ | |
| Surface area per bldg. | = | 500.32 | $m^2$ | |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.474** | | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 10.40 | = | 35.150 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 93.60 | = | 316.349 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 93.60 | = | 316.349 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 10.40 | = | 35.150 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 144.00 | = | 369.965 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 148.32 | = | 282.550 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.709** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.498** | | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **60.942**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร บก.แผนกเชื้อเพลิง กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 52.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 183.20 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.523** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 24.00 | = | 81.115 |
| E wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 11.10 | = | 26.037 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 0.90 | = | 5.301 |
| W wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 17.40 | = | 40.815 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 1.80 | = | 10.602 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 24.00 | = | 81.115 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 52.00 | = | 133.598 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 52.00 | = | 99.060 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.607** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

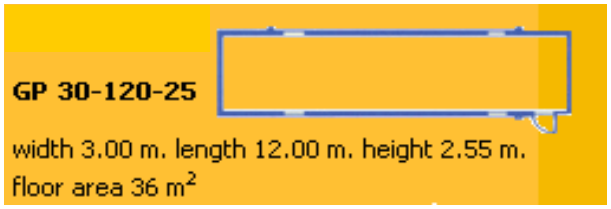
| | | | |
|---|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.494** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **72.602**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้าน container house type1

**ประเภท** อาคารพักอาศัย




**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 36.00 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 148.34 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.121** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07103 | = | 2.523 | * | 28.92 | = | 72.962 |
| | G 01101 | = | 5.958 | * | 1.60 | = | 9.533 |
| E wall | W 07103 | = | 2.523 | * | 7.65 | = | 19.300 |
| W wall | W 07103 | = | 2.523 | * | 7.65 | = | 19.300 |
| S wall | W 07103 | = | 2.523 | * | 28.92 | = | 72.962 |
| | G 01101 | = | 5.958 | * | 1.60 | = | 9.533 |
| Floor | F 02101 | = | 3.226 | * | 36.00 | = | 116.141 |
| Roof | R 04201 | = | 5.206 | * | 36.00 | = | 187.430 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.419** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **69.876**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร บก.กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 42.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **17.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 210.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 564.86 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.690** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 55.00 | = | 129.014 |
| E wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 21.25 | = | 49.846 |
| W wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 21.25 | = | 49.846 |
| S wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 36.86 | = | 86.463 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 210.00 | = | 539.532 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 220.50 | = | 420.053 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.257** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.439** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **45.302**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารคลัง 2 แผนกคลังพัสดุ กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 110.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 356.80 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.244** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 48.00 | = | 121.099 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.40 | = | 68.948 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.40 | = | 68.948 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 48.00 | = | 162.230 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 110.00 | = | 282.612 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 110.00 | = | 207.502 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.554** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.589** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **68.317**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารคลัง 1 แผนกคลังพัสดุ กองพลาธิการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 57.75 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 174.74 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.026** | | | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 14.40 | = | 36.330 |
| E wall | W 07104 | = | 2.523 | * | 13.20 | = | 33.302 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 13.20 | = | 44.613 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 14.40 | = | 48.669 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 57.75 | = | 148.371 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 61.79 | = | 116.559 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.448** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.589** | | | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **61.091**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองบังคับการศูนย์ซ่อมอากาศยาน กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 794.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1902.33 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.394** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 46.32 | = | 156.552 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 7.68 | = | 42.993 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 100.00 | = | 337.980 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 0.50 | = | 2.799 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 56.75 | = | 191.804 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 9.25 | = | 51.782 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 59.96 | = | 202.653 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 9.04 | = | 50.606 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 794.50 | = | 2041.229 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 818.33 | = | 1543.680 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.430** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.359** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **29.264**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองบังคับการกองร้อย รปภ. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 192.50 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 545.60 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.834** | | | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 65.70 | = | 222.053 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 22.50 | = | 125.955 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.40 | = | 89.227 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.40 | = | 89.227 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 13.60 | = | 45.965 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 6.00 | = | 33.588 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 192.50 | = | 494.571 |
| Roof | R 01111 | = | 1.468 | * | 192.50 | = | 282.552 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.535** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.360** | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | = | | **33.617** |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารห้องอาหารสโมสรกองร้อย รปภ. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 85.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 293.05 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.448** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 19.56 | = | 66.109 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.44 | = | 43.822 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 29.04 | = | 98.149 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.36 | = | 19.790 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 30.02 | = | 101.462 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.38 | = | 14.018 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.28 | = | 68.542 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.72 | = | 39.581 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 85.00 | = | 218.382 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 89.25 | = | 168.359 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.860** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.481** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **61.663**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารเอนกประสงค์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1157.75 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 2849.60 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.461** | | | | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 139.91 | = | 328.187 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.44 | = | 14.372 |
| E wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 129.60 | = | 304.003 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.00 | = | 35.340 |
| W wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 129.04 | = | 302.689 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.16 | = | 65.732 |
| S wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 105.29 | = | 246.979 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 11.41 | = | 67.205 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 1157.75 | = | 2974.491 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 185.00 | = | 348.980 |
| | R 04202 | = | 1.905 | * | 972.00 | = | 1851.660 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **1.645** | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.477** | | | | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **25.109**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารภัณฑุปกรณ์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 385.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 1016.75 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.641** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 19.60 | = | 66.244 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 58.72 | = | 198.462 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 9.88 | = | 55.308 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 68.60 | = | 231.854 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 65.28 | = | 220.633 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 13.12 | = | 73.446 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 385.00 | = | 989.142 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 396.55 | = | 748.043 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.541** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.656** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **57.218**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารแผนกแพทย์ กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 141.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 414.96 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.943** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 12.00 | = | 40.558 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 13.86 | = | 46.844 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 14.10 | = | 83.049 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 45.96 | = | 155.336 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 35.04 | = | 206.386 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 12.00 | = | 40.558 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 141.00 | = | 362.257 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 141.00 | = | 265.979 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.894** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.449** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **57.365**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.ฝูงบิน 203 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 225.80 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 554.62 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.456** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.35 | = | 68.779 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.90 | = | 34.751 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 17.50 | = | 59.147 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 17.50 | = | 59.147 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 27.80 | = | 93.958 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 7.20 | = | 42.408 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 225.80 | = | 580.125 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 232.57 | = | 438.715 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.483** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.589** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **50.288**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารโรงซ่อม ฮ.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 294.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 776.58 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.641** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 29.60 | = | 100.042 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 6.40 | = | 37.696 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 21.00 | = | 70.976 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 21.00 | = | 70.976 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 87.60 | = | 296.070 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.40 | = | 14.136 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 294.00 | = | 755.345 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 314.58 | = | 593.417 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.496** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.604** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **59.742**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารสโมสรโรงซ่อม ฮ.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 37.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **12.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 60.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 207.50 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.458** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 10.80 | = | 36.502 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 26.45 | = | 89.396 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 32.49 | = | 109.810 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 3.96 | = | 22.168 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 9.48 | = | 32.041 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 1.32 | = | 7.389 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 60.00 | = | 154.152 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 63.00 | = | 118.842 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.748** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.498** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **56.802**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่ออาคาร อาคาร บก.ฝูงบิน 202 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

ประเภท อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| Site and Location index; $I_T$ | = | 16.00 | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 241.30 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 382.61 | $m^2$ |
| Surface area : usable area; $I_S$ | = | 1.59 | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.38 | * | 10.00 | = | 33.80 |
| E wall | W 02102 | = | 3.38 | * | 13.30 | = | 44.95 |
| | G 01103 | = | 5.89 | * | 4.20 | = | 24.74 |
| W wall | W 02102 | = | 3.38 | * | 17.05 | = | 57.63 |
| | G 01103 | = | 5.89 | * | 4.20 | = | 24.74 |
| S wall | W 02102 | = | 3.38 | * | 10.00 | = | 33.80 |
| Floor | F 01102 | = | 2.57 | * | 159.54 | = | 409.89 |
| Roof | R 02202 | = | 1.89 | * | 164.32 | = | 309.97 |
| | Material index; $I_U$ | = | 2.46 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

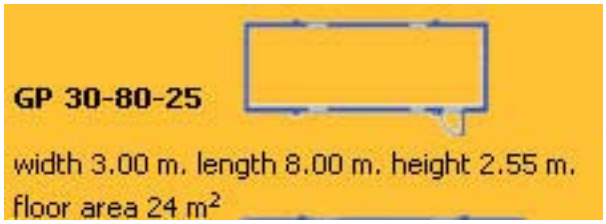
| | | | |
|---|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.36 | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = 22.46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้าน container house type2

**ประเภท** อาคารพักอาศัย




**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 24.00 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 104.10 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **4.338** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07101 | = | 6.102 | * | 18.70 | = | 114.100 |
| | G 01101 | = | 5.958 | * | 1.60 | = | 9.533 |
| E wall | W 07101 | = | 6.102 | * | 7.65 | = | 46.677 |
| W wall | W 07101 | = | 6.102 | * | 7.65 | = | 46.677 |
| S wall | W 07101 | = | 6.102 | * | 18.70 | = | 114.100 |
| | G 01101 | = | 5.958 | * | 1.60 | = | 9.533 |
| Floor | F 02101 | = | 3.226 | * | 24.00 | = | 77.427 |
| Roof | W 07101 | = | 6.102 | * | 24.00 | = | 146.438 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **5.423** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **116.660**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารแผนกสนับสนุนสายวิทยาศาสตร์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 96.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 296.80 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.092** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 20.40 | = | 68.948 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.80 | = | 28.272 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 22.80 | = | 86.305 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.40 | = | 14.136 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 22.80 | = | 77.059 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.40 | = | 14.136 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 25.20 | = | 85.171 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 96.00 | = | 246.643 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 100.00 | = | 188.638 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.727** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.425** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **46.577**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารฝูงบิน 1 เรือหลวงจักรีนฤเบศร กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2202.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 4021.46 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.826** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 207.10 | = | 699.957 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 171.90 | = | 1012.491 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 260.65 | = | 986.638 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 181.90 | = | 1071.391 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 230.21 | = | 778.064 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 181.90 | = | 1071.391 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 228.52 | = | 772.352 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 198.28 | = | 1167.869 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 1101.00 | = | 2828.689 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 1260.00 | = | 2376.837 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.174** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.436** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **40.433**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารฝูงบิน 104 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 454.50 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 605.70 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.333** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 10.71 | = | 36.198 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.19 | = | 48.239 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 37.80 | = | 143.084 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 37.80 | = | 127.756 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 32.13 | = | 108.593 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 24.57 | = | 144.717 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 227.25 | = | 583.851 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 227.25 | = | 428.680 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.676** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.615** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **35.097**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารชุมสายโทรศัพท์ กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 402.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1085.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.696** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 103.88 | = | 633.834 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 16.12 | = | 94.947 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 52.00 | = | 317.283 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 52.00 | = | 317.283 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 52.88 | = | 322.653 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.12 | = | 18.377 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 402.50 | = | 1034.103 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 402.50 | = | 759.267 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.224** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.428** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **55.790**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารหมวดถอดทำลายอมภัณฑ์ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **13.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 91.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 277.20 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.046** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 11.52 | = | 38.935 |
| | G 01102 | = | 5.958 | * | 8.08 | = | 48.141 |
| E wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 28.00 | = | 94.634 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 28.00 | = | 94.634 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 12.56 | = | 42.450 |
| | G 01102 | = | 5.958 | * | 7.04 | = | 41.944 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 91.00 | = | 233.797 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 91.00 | = | 171.660 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.764** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.604** | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | = **66.112** |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารท่าอากาศยานอู่ตะเภา กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2412.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 5496.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.279** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 39.63 | = | 119.691 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 33.87 | = | 199.494 |
| E wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 91.10 | = | 275.140 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 129.40 | = | 762.166 |
| W wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 134.10 | = | 405.009 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 149.40 | = | 879.966 |
| S wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 72.58 | = | 219.206 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 21.92 | = | 129.109 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 2412.00 | = | 6196.910 |
| Roof | R 01111 | = | 1.886 | * | 2412.00 | = | 4549.946 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.499** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.510** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **43.568**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารสำนักงานท่าอากาศยานอู่ตะเภา กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 198.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 522.02 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.636** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 9.00 | = | 27.182 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 54.01 | = | 204.444 |
| W wall | W 02111 | = | 3.020 | * | 26.34 | = | 79.552 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 27.67 | = | 162.976 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 9.00 | = | 30.418 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 198.00 | = | 508.702 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 198.00 | = | 377.190 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.664** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.465** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **48.982**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองโรงงาน (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 43.00 °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **18.00** |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1386.00 $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1687.50 $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.218** |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 133.00 | = | 811.513 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 128.50 | = | 784.056 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 127.00 | = | 774.903 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 127.00 | = | 774.903 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 586.00 | = | 1505.551 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 586.00 | = | 1116.330 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.418** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.521** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **39.023**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองซ่อมบริภัณฑ์ (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 42.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **17.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2343.80 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 6673.60 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.847** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 420.31 | = | 2564.563 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 40.19 | = | 236.719 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 490.00 | = | 2989.784 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 467.50 | = | 2852.498 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 541.80 | = | 3305.847 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 26.20 | = | 154.318 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 2343.80 | = | 6021.691 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 2343.80 | = | 4464.939 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.385** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.513** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **84.056**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารโรงซ่อมอากาศยานที่ 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 99.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 311.40 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.145** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 33.60 | = | 113.561 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 25.80 | = | 97.661 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 5.00 | = | 27.990 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 12.40 | = | 41.910 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 3.00 | = | 16.794 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 33.60 | = | 113.561 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 99.00 | = | 254.351 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 99.00 | = | 188.595 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.744** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.508** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **61.380**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารแผนกเครื่องใช้ (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 196.50 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 510.00 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.595** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 15.12 | = | 35.467 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.88 | = | 16.963 |
| E wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 18.00 | = | 42.223 |
| W wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 57.00 | = | 133.705 |
| S wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 24.00 | = | 56.297 |
| Floor | F 01101 | = | 2.973 | * | 196.50 | = | 584.150 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 196.50 | = | 374.333 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.438** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.451** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **45.651**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารพัฒนาการช่าง (ศูนย์ซ่อมอากาศยาน) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c | |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 364.00 | $m^2$ | |
| Surface area per bldg. | = | 943.80 | $m^2$ | |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.593** | | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 51.80 | = | 175.074 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 41.88 | = | 158.528 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.32 | = | 25.445 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 71.16 | = | 240.507 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 8.64 | = | 50.890 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 25.84 | = | 87.334 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 2.16 | = | 12.722 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 364.00 | = | 935.189 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 374.00 | = | 705.506 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.534** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.442** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **46.457**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.ฝูงบิน 103 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 333.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 960.99 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.886** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 45.00 | = | 274.572 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.40 | = | 31.806 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 92.10 | = | 561.957 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 83.10 | = | 507.043 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 9.00 | = | 53.010 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 45.00 | = | 274.572 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 5.40 | = | 31.806 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 333.00 | = | 855.544 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 342.99 | = | 647.009 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.369** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.593** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **92.239**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารโรงจอดเครื่องบิน ฝูงบิน 103 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Site and Location** | | | | | | | |
| | Outside air temp.(°c) | = | 41.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 182.50 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 589.51 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.230** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 36.58 | = | 223.197 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 15.43 | = | 90.883 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 63.01 | = | 384.462 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 55.58 | = | 327.366 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 17.43 | = | 106.351 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 15.58 | = | 91.766 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 15.43 | = | 94.148 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 182.50 | = | 468.879 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 187.97 | = | 354.583 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.633** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.398** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **74.728** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารฝูงบิน 102 กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Site and Location** | | | | | | | |
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 1484.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 2010.00 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.354** | | | | |
| **Material** | | | U | | A | | UA |
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 62.34 | = | 380.374 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 21.66 | = | 127.577 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 108.00 | = | 658.973 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 108.00 | = | 658.973 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 187.02 | = | 1141.121 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 64.98 | = | 382.732 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 729.00 | = | 1872.947 |
| Roof | R 04202 | = | 1.886 | * | 729.00 | = | 1375.170 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.283** | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.740** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | = | **49.351** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก. กองบิน 1 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 40.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 382.25 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 951.47 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.489** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 31.50 | = | 106.464 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 60.00 | = | 227.118 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 25.50 | = | 86.185 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 58.50 | = | 197.718 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 382.25 | = | 982.077 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 393.72 | = | 742.705 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.462** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.378** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **34.743**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารโรงเก็บ 1 ฝูงบิน 101 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 41.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **16.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 454.00 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 604.00 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.330** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 26.80 | = | 62.865 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 3.20 | = | 18.848 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 24.00 | = | 90.847 |
| W wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 24.00 | = | 56.297 |
| S wall | W 07102 | = | 2.346 | * | 67.20 | = | 157.631 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 4.80 | = | 28.272 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 227.00 | = | 583.208 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 227.00 | = | 432.435 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.368** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.439** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **22.130**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารสถานีการบิน กบร. กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40.00 °c | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **15.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1042.75 $m^2$ | |
| | Surface area per bldg. | = | 2551.94 $m^2$ | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.447** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 61.03 | = | 206.269 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 7.97 | = | 44.616 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 110.71 | = | 419.071 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 78.30 | = | 438.323 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 90.67 | = | 306.446 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 35.33 | = | 197.777 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 65.62 | = | 221.782 |
| | G 01102 | = | 5.598 | * | 6.38 | = | 35.715 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 1042.75 | = | 2679.033 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 1053.18 | = | 1986.696 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.561** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.390** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **36.667**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารหมวดคลังที่ 3 (ศูนย์ส่งกำลัง) กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 44.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **19.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 902.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 2845.25 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **3.154** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 291.25 | = | 1777.091 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 226.25 | = | 1380.487 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 252.50 | = | 1540.654 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 271.25 | = | 1655.059 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 902.00 | = | 2317.418 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 902.00 | = | 1718.310 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **3.651** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.400** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **87.535**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.ฝูงบิน 106 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 42.00 | °c | |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **17.00** | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 572.50 | $m^2$ | |
| Surface area per bldg. | = | 1461.23 | $m^2$ | |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.552** | | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 39.00 | = | 131.812 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 126.00 | = | 476.948 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 109.50 | = | 370.088 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 36.00 | = | 121.673 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 572.50 | = | 1470.867 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 578.23 | = | 1090.761 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.506** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.400** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **43.498**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารบก.ฝูงบิน 201 กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1497.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 2422.50 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **1.618** | |

| **Material** | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 138.20 | = | 467.088 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 40.30 | = | 237.367 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 105.00 | = | 397.457 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 144.00 | = | 486.691 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 117.10 | = | 395.775 |
| | G 01103 | = | 5.890 | * | 29.90 | = | 176.111 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 924.00 | = | 2373.941 |
| Roof | R 04202 | = | 1.905 | * | 924.00 | = | 1760.220 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.598** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | จากการตรวจสอบ | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.450** | |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **26.482**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองบัญชาการ กองการบินทหารเรือ กองเรือยุทธการ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Outside air temp.(°c) | = | 39.00 | °c |
| **Site and Location index; $I_T$** | = | **14.00** | |

**Building Form Ratio**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable area per bldg. | = | 1052.75 | $m^2$ |
| Surface area per bldg. | = | 2510.53 | $m^2$ |
| **Surface area : usable area; $I_S$** | = | **2.385** | |

| Material | | | U | | A | | UA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 96.00 | = | 324.461 |
| E wall | W 02102 | = | 3.785 | * | 118.50 | = | 448.558 |
| W wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 84.00 | = | 283.903 |
| S wall | W 02102 | = | 3.380 | * | 96.00 | = | 324.461 |
| Floor | F 01102 | = | 2.569 | * | 1052.75 | = | 2704.725 |
| Roof | R 02202 | = | 1.886 | * | 1063.28 | = | 2005.749 |
| | **Material index; $I_U$** | = | **2.427** | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | |
|---|---|---|
| A/C performance | = | จากการตรวจสอบ |
| **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.451** |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ = **36.537**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบH 14

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | outside air temp. | = | 39 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 184.32 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 578.81 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.14 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 52.38 | = | 96.25 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 27.49 | = | 161.92 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 70.32 | = | 129.21 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 23.53 | = | 138.59 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 84.53 | = | 155.32 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.60 | = | 91.88 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 84.01 | = | 154.37 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 9.61 | = | 56.60 |
| | | | | | | | 984.15 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 83.45 | | 248.08 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 127.89 | | 42.31 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{fl area}) + (i_r \times \text{roof area})/\text{Surface}$ | | | | |
| | | = | 2.20 | | | | |

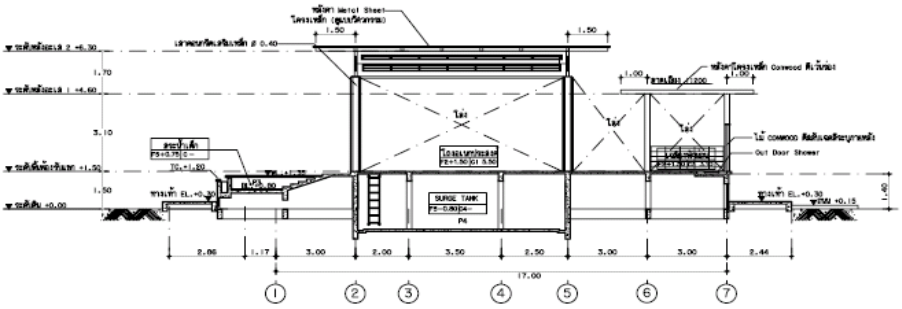
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.330** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | **31.95** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** clubhouse

**ประเภท** อาคารสาธารณะ



Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 193.06 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 304.20 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.58 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐบล็อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 21.27 | = | 65.64 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.03 | = | 35.52 |
| E wall | ผนังก่ออิฐบล็อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 15.68 | = | 48.39 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 1.62 | = | 9.54 |
| W wall | ผนังก่ออิฐบล็อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 25.67 | = | 79.22 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 5.53 | = | 32.57 |
| S wall | ผนังก่ออิฐบล็อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 31.72 | = | 97.88 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 3.62 | = | 21.32 |
| | | | | | | | 390.08 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 96.53 | = | 286.96 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 50.21 | = | 16.61 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 46.32 | = | 272.82 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{fl area}) + (i_r \times \text{roof area})/\text{Surface}$ | | | | |
| | | = | 3.18 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | **24.53** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** Townhouse 1

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 830.76 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1,242.40 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.50 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 214.85 | = | 394.79 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 113.03 | = | 665.75 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 66.37 | = | 121.95 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 17.03 | = | 100.31 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 68.41 | = | 125.70 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.86 | = | 93.42 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 245.21 | = | 450.57 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 82.67 | = | 486.93 |
| | | | | | | | 2,439.41 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 269.21 | | 800.31 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 149.76 | | 49.54 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.65 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.350 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 19.40 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณเบญจวรรณ วัฒนศาสตร์สาธร

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 15 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 339.80 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 667.45 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.96 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 113.70 | = | 44.83 |
| | laminated glass 12mm.;G01404 | = | 3.49 | * | 31.30 | = | 109.23 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 71.70 | = | 28.27 |
| | laminated glass 12mm.;G01404 | = | 3.49 | * | 38.30 | = | 133.66 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 69.20 | = | 27.29 |
| | laminated glass 12mm.;G01404 | = | 3.49 | * | 31.80 | = | 110.98 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 105.60 | = | 41.64 |
| | laminated glass 12mm.;G01404 | = | 3.49 | * | 32.40 | = | 113.07 |
| | | | | | | | 608.98 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + wood.;F01131 | = | 2.31 | * | 70.35 | | 162.37 |
| Roof | Asphalt Shingles. + fiber glass 0.075 m;R05203 | = | 0.37 | * | 103.10 | | 38.14 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.21 | | | | |

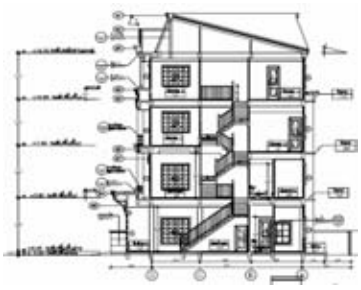
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | **12.51** |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** Townhouse 2

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1861.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 2,082.34 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.12 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 337.49 | = | 620.14 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 202.51 | = | 1192.78 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 129.13 | = | 237.28 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 26.84 | = | 158.09 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 129.13 | = | 237.28 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 26.84 | = | 158.09 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 419.87 | = | 771.51 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 110.53 | = | 651.02 |
| | | | | | | | 4,026.18 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + wood.;F01131 | = | 2.31 | * | 445.00 | | 1027.10 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 255.00 | | 84.35 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.47 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.35 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 13.53 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณธนา เชาวนปรีชา

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 394.73 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 755.43 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.91 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 50.60 | = | 27.23 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 61.49 | = | 216.19 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 61.92 | = | 33.33 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 30.44 | = | 107.02 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 125.66 | = | 67.63 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 17.84 | = | 62.72 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 155.20 | = | 83.53 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 7.80 | = | 27.42 |
| | | | | | | | 625.07 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 125.92 | | 374.33 |
| Roof | Asphalt Shingles. + fiber glass 0.075 m;R05203 | = | 0.37 | * | 118.56 | | 43.86 |

**Material index; $I_U$** = $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$

= 1.38

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 |

**Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** = $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$

= 11.47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณวิสาขา พลางกูร

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Site and Location** | | | | | | | |
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 163.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 517.10 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.17 | | | | |
| **Material** | | | | | | | |
| N wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 36.00 | = | 14.19 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 14.05 | = | 49.40 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 35.78 | = | 14.11 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 9.72 | = | 34.17 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 30.50 | = | 12.03 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 15.00 | = | 52.74 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 37.75 | = | 14.88 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 12.30 | = | 43.24 |
| | | | | | | | 234.77 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 163.00 | | 484.57 |
| Roof | Asphalt Shingles. + fiber glass 0.075 m;R05203 | = | 0.37 | * | 163.00 | | 60.29 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.51 | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | Machine performance or COP | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | | |
| | | = | 20.76 | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านรักษาสวรรค์ จรุงจัตรประชารมย์

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 149.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 388.92 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.60 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 48.57 | = | 89.25 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 3.68 | = | 21.68 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 59.17 | = | 108.72 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 5.90 | = | 34.75 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 55.75 | = | 102.44 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.90 | = | 40.64 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 45.98 | = | 84.49 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 7.07 | = | 41.64 |
| | | | | | | | 523.61 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 76.20 | | 226.53 |
| Roof | R03404 | = | 0.31 | * | 79.70 | | 24.78 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.99 | | | | |

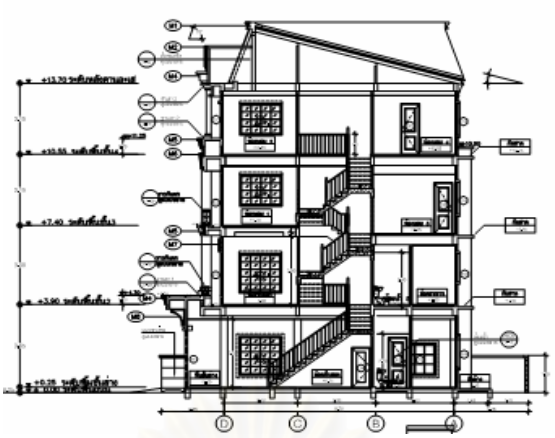
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 22.50 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** townhouse 3

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 892.91 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 986.61 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.10 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 118.18 | = | 399.42 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 84.35 | = | 496.82 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 86.15 | = | 291.17 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 5.65 | = | 33.28 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 83.56 | = | 282.42 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.30 | = | 37.11 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 151.95 | = | 513.56 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 47.53 | = | 279.95 |
| | | | | | | | 2,333.73 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 239.27 | | 711.30 |
| Roof | R03402 | = | 1.85 | * | 163.67 | | 303.30 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.39 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.32 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 16.80 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณสินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 35 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 10 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 332.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 567.69 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.71 | | | | |

Material

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 60.45 | = | 23.84 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 28.95 | = | 55.89 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 70.10 | = | 27.64 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 21.35 | = | 41.22 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 89.75 | = | 35.39 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 13.87 | = | 26.78 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 46.23 | = | 18.23 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 35.99 | = | 69.48 |
| | | | | | | | 298.45 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 120.00 | | 356.74 |
| Roof | Asphalt Shingles. + fiber glass 0.075 m;R05203 | = | 0.37 | * | 81.00 | | 29.96 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.21 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.32 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 6.60 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบH 140

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 265.94 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 598.07 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.25 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 74.77 | = | 137.39 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 14.46 | = | 85.17 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 45.51 | = | 83.62 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 11.15 | = | 65.67 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 43.04 | = | 79.09 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 9.87 | = | 58.13 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 94.74 | = | 174.08 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 10.54 | = | 62.08 |
| | | | | | | | 745.24 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 130.53 | | 388.04 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 163.46 | | 54.07 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.99 | | | | |

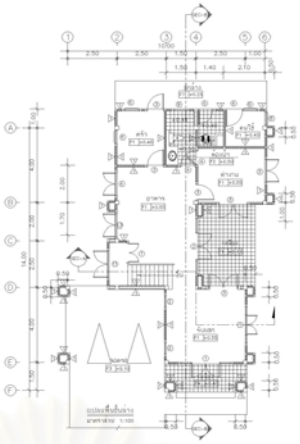
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 15.22 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบH 12

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 170.27 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 471.87 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.77 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 45.83 | = | 84.21 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 12.42 | = | 73.15 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 67.83 | = | 124.64 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.54 | = | 91.53 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 55.78 | = | 102.50 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 27.59 | = | 162.51 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 45.55 | = | 83.70 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 14.64 | = | 86.23 |
| | | | | | | | 808.46 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 93.54 | | 278.08 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 93.15 | | 30.81 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.37 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 22.38 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบH09

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 304.60 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 742.37 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.44 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 74.89 | = | 137.61 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 28.27 | = | 166.51 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 59.56 | = | 109.44 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 19.49 | = | 114.80 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 47.99 | = | 88.18 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 14.87 | = | 87.58 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 80.47 | = | 147.86 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.20 | = | 89.53 |
| | | | | | | | 941.52 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 156.45 | | 465.09 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 245.18 | | 81.11 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.00 | | | | |

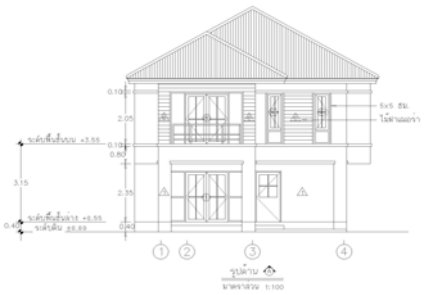
**Mechanical Efficiency**

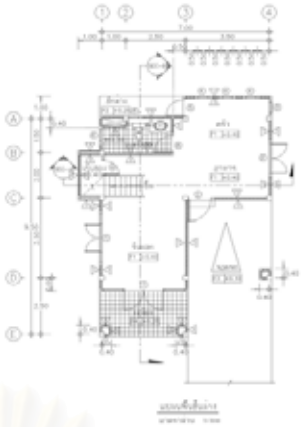
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.31 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 16.65 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบ H02

**ประเภท** บ้านพักอาศัย





**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 111.46 | $m^2$ | | |
| | Surface area per bldg. | = | 300.64 | $m^2$ | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.70 | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 28.18 | = | 51.78 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.10 | = | 35.93 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 47.12 | = | 86.58 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.56 | = | 38.64 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 46.79 | = | 85.98 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.51 | = | 38.34 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 47.03 | = | 86.42 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 4.32 | = | 25.44 |
| | | | | | | | 449.11 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 46.75 | | 138.98 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 61.28 | | 20.27 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.02 | | | | |

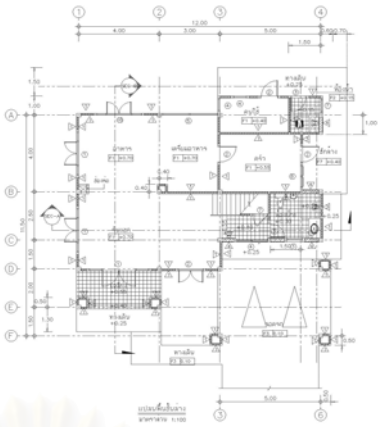
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 18.61 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบ H06

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 211.42 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 494.18 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.34 | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 47.66 | = | 147.07 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 28.20 | = | 44.87 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 49.13 | = | 151.61 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 15.59 | = | 24.80 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 60.27 | = | 185.99 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 12.55 | = | 19.97 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 55.44 | = | 171.08 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 21.18 | = | 33.70 |
| | | | | | | | 779.09 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 94.32 | | 280.39 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 109.84 | | 36.34 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.22 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 17.67 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบ H04

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 287.05 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 628.44 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.19 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 87.76 | = | 161.26 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 21.74 | = | 34.59 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 75.67 | = | 139.04 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 7.77 | = | 12.36 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 67.49 | = | 124.01 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 16.81 | = | 26.74 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 86.90 | = | 159.68 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 17.09 | = | 27.19 |
| | | | | | | | 684.88 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 130.82 | | 388.90 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 116.39 | | 38.50 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.77 | | | | |

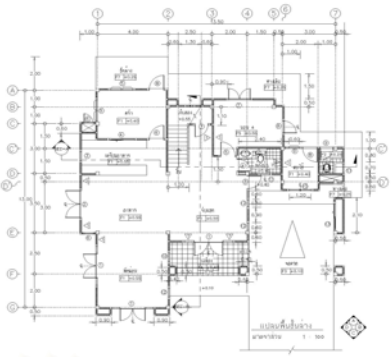
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 13.21 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบ H05

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 238.42 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 666.15 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.79 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 68.48 | = | 125.83 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 19.09 | = | 30.37 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 81.52 | = | 149.79 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 12.52 | = | 19.92 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 87.12 | = | 160.08 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 18.77 | = | 29.86 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 86.60 | = | 159.13 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 19.79 | = | 31.49 |
| | | | | | | | 706.48 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 105.33 | | 313.13 |
| Roof | RO2202 | = | 1.89 | * | 166.93 | | 314.90 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.00 | | | | |

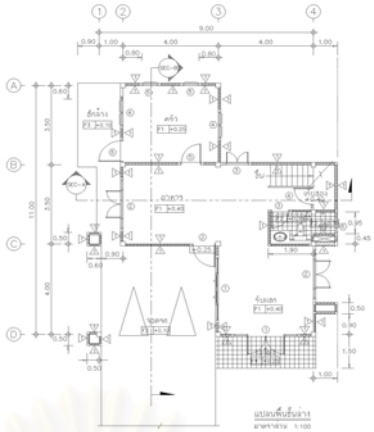
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 19.09 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบ H03

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 136.30 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 395.54 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.90 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 36.67 | = | 113.16 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.89 | = | 93.59 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 51.66 | = | 159.42 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 11.37 | = | 66.97 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 51.50 | = | 158.92 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 10.64 | = | 62.67 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 53.80 | = | 166.02 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.14 | = | 36.16 |
| | | | | | | | 856.92 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 65.17 | | 193.74 |
| Roof | RO2202 | = | 1.89 | * | 92.70 | | 174.87 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.10 | | | | |

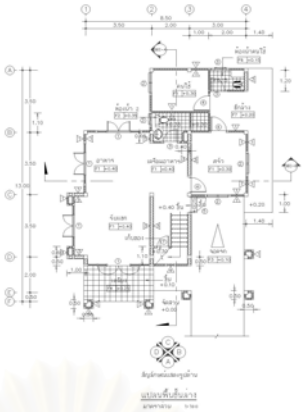
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 30.66 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรรแบบ H07

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 143.46 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 396.58 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.76 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 43.72 | = | 134.92 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 16.22 | = | 95.54 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 47.68 | = | 147.14 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 9.08 | = | 53.48 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 45.42 | = | 140.16 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 7.02 | = | 41.35 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 51.65 | = | 159.39 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 6.94 | = | 40.88 |
| | | | | | | | 812.84 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 70.44 | | 209.40 |
| Roof | RO2202 | = | 1.89 | * | 98.41 | | 185.64 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.05 | | | | |

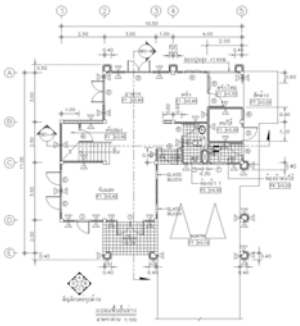
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 28.71 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบ H1

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 227.68 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 546.27 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.40 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 55.29 | = | 101.60 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 10.39 | = | 16.53 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 56.73 | = | 104.24 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 11.93 | = | 18.98 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 53.99 | = | 99.21 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 10.81 | = | 17.20 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 56.34 | = | 103.52 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 10.01 | = | 15.93 |
| | | | | | | | 477.20 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 113.43 | | 337.20 |
| Roof | RO2202 | = | 1.89 | * | 167.35 | | 315.69 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.07 | | | | |

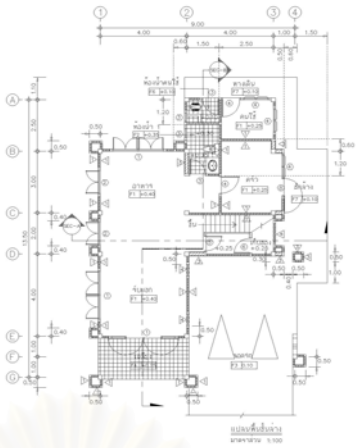
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 16.93 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบ H08

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 155.96 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 427.28 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.74 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 37.71 | = | 116.37 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 15.81 | = | 25.15 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 54.52 | = | 168.24 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 14.49 | = | 23.05 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 62.71 | = | 193.52 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 10.86 | = | 17.28 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 40.63 | = | 125.38 |
| | กระจกลามิเนต 6 มม. ;G01401 | = | 1.59 | * | 13.19 | = | 20.99 |
| | | | | | | | 689.98 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 71.34 | | 212.08 |
| Roof | RO3103 | = | 0.41 | * | 106.02 | | 43.42 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.21 | | | | |

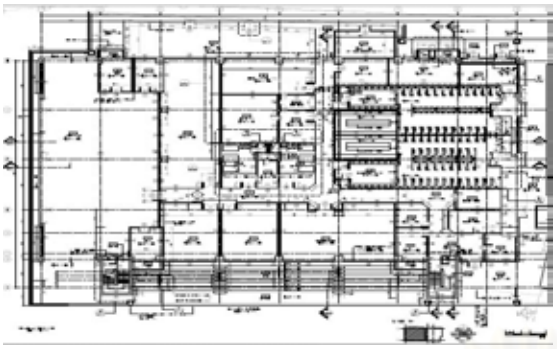
**Mechanical Efficiency**

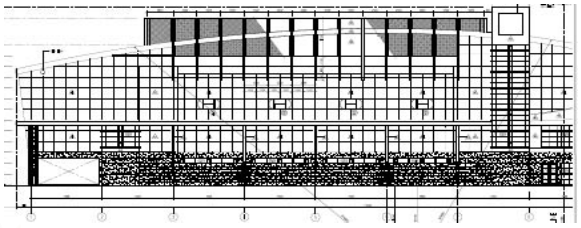
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 20.67 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** NIST SPORT COMPLEX

**ประเภท** อาคารเรียนสาธารณะ





**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 15 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 4270.57 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 5,765.75 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.35 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 355.29 | = | 1096.39 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 143.71 | = | 441.30 |
| E wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 881.60 | = | 2720.53 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 101.40 | = | 311.38 |
| W wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 895.78 | = | 2764.29 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 13.15 | = | 40.38 |
| S wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 498.91 | = | 1539.59 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 98.09 | = | 301.21 |
| | | | | | | | 9,215.07 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + wood.;F01131 | = | 2.31 | * | 2102.39 | | 4852.53 |
| Roof | หลังคาเหล็ก;R04201 | = | 5.21 | * | 675.43 | | 3,516.56 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 3.05 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.350 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 21.62 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณกฤตย อธิคมนันทะ

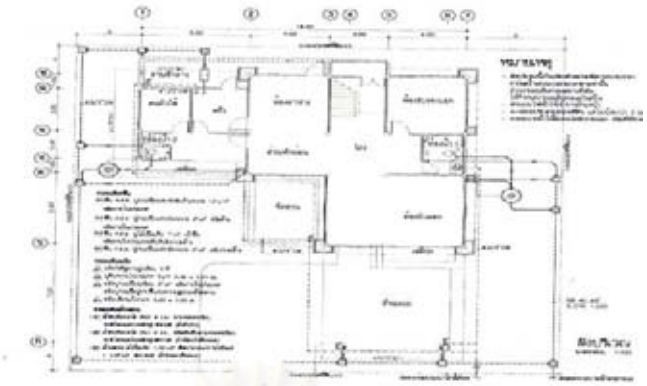
**ประเภท** บ้านพักอาศัย

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Site and Location** | | | | | | | |
| | Outside air temp.(°c) | = | 38 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 13 | | | | |
| **Building Form Ratio** | | | | | | | |
| | Usable area per bldg. | = | 177.20 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 549.53 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.10 | | | | |
| **Material** | | | | | | | |
| N wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 77.85 | = | 240.24 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 17.80 | = | 104.84 |
| E wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 83.84 | = | 258.72 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 7.92 | = | 46.65 |
| W wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 75.35 | = | 232.52 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 13.89 | = | 81.81 |
| S wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 86.93 | = | 268.26 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 8.75 | = | 51.54 |
| | | | | | | | 1,284.58 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 87.20 | | 259.23 |
| Roof | RO3103 | = | 0.41 | * | 90.00 | | 36.86 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.88 | | | | |
| **Mechanical Efficiency** | | | | | | | |
| | Machine performance or COP | = | No.5 | | | | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** | | | | |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ | | | | |
| | | = | 35.95 | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ครอบครัวไทยเป็นสุข

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 13 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 92.20 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 332.10 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.60 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบปูนล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 26.21 | = | 80.88 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 5.64 | = | 33.78 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบปูนล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 27.95 | = | 86.25 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 3.90 | = | 23.36 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบปูนล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 28.43 | = | 87.73 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 3.42 | = | 20.48 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบปูนล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 25.49 | = | 78.66 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 6.36 | = | 38.09 |
| | | | | | | | 449.24 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 92.00 | | 274.09 |
| Roof | RO3103 | = | 1.89 | * | 112.50 | | 212.22 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.82 | | | | |

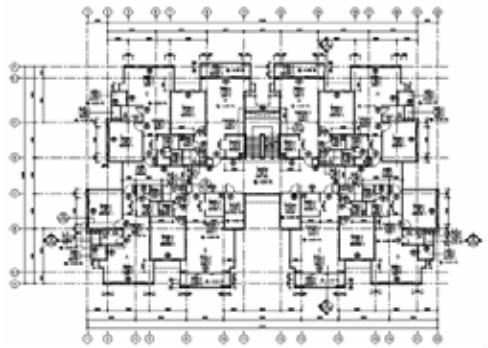
**Mechanical Efficiency**

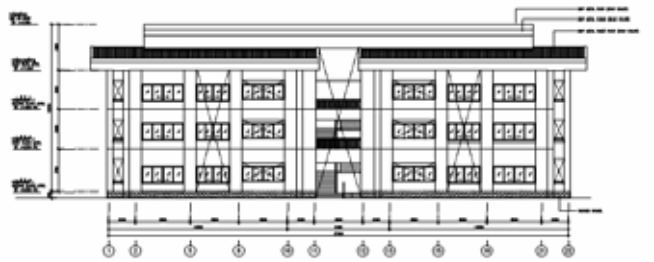
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 34.60 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** คอนโดมิเนี่ยม พัทยา ชลบุรี

**ประเภท** อาคารสาธารณะ





**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 12722.40 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 11,887.80 | $m^2$ |
| | Surface area : usable area | = | 0.93 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 2136.00 | = | 6591.48 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 2002.50 | = | 6149.28 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 720.00 | = | 2221.85 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 675.00 | = | 2072.79 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 720.00 | = | 2221.85 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 675.00 | = | 2072.79 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 2136.00 | = | 6591.48 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 2002.50 | = | 6149.28 |
| | | | | | | | 34,070.79 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 410.40 | | 1220.04 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 410.40 | | 154.43 |
| | Material index; $i_m$ | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.98 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 13.65 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบH01a

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 178.10 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 421.39 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.37 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 47.98 | = | 148.06 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 16.01 | = | 94.30 |
| E wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 45.67 | = | 140.93 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 17.40 | = | 102.49 |
| W wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 52.22 | = | 161.15 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 10.65 | = | 62.73 |
| S wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 54.89 | = | 169.39 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 9.10 | = | 53.60 |
| | | | | | | | 932.64 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 73.50 | | 218.50 |
| Roof | RO3103 | = | 0.41 | * | 93.97 | | 38.48 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.82 | | | | |

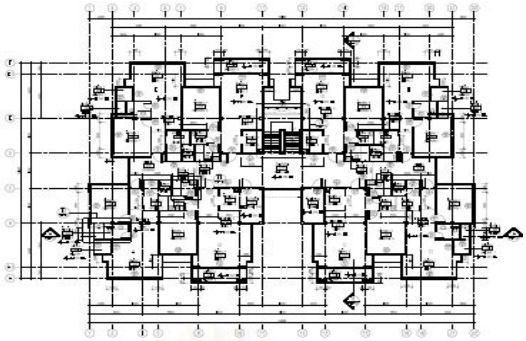
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 22.78 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** Dormitory Harrow international School

**ประเภท** อาคารเรียนสาธารณะ



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 13 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1824.88 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 3,347.14 | $m^2$ |
| | Surface area : usable area | = | 1.83 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 333.28 | = | 1028.47 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 87.72 | = | 269.37 |
| E wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 388.32 | = | 1198.32 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 40.68 | = | 124.92 |
| W wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 388.32 | = | 1198.32 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 40.68 | = | 124.92 |
| S wall | ผนังก่ออิฐบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 333.28 | = | 1028.47 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 87.72 | = | 269.37 |
| | | | | | | | 5,242.15 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 627.64 | | 1865.85 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 1,019.50 | | 383.64 |
| | Material index; $i_m$ | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.24 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.350** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 18.68 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านภูวดล นวรัตน์ สุนทรวิภาดา

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 299.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 660.86 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.21 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 67.68 | = | 124.36 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 25.07 | = | 147.66 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 75.66 | = | 139.03 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 17.79 | = | 104.78 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 45.80 | = | 84.16 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 10.62 | = | 62.55 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 61.05 | = | 112.18 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 31.69 | = | 186.65 |
| | | | | | | | 961.38 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 152.00 | | 451.87 |
| Roof | RO3103 | = | 0.41 | * | 173.50 | | 71.05 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.25 | | | | |

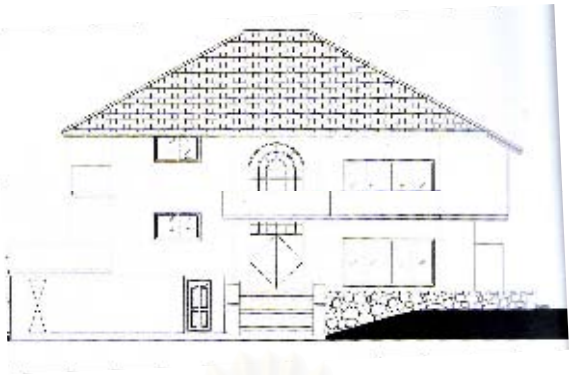
Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.350 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 24.32 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณเกรียงศักดิ์ วาณิชยนที

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 194.25 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 467.95 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.41 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 43.18 | = | 17.03 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 9.82 | = | 34.53 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 59.84 | = | 23.59 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 6.16 | = | 21.66 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 61.00 | = | 24.05 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 5.00 | = | 17.58 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 64.04 | = | 25.25 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 11.46 | = | 40.29 |
| | | | | | | | 203.98 |
| Floor | พัน comc 15 ซม | = | 2.28 | * | 101.00 | | 230.07 |
| Roof | CPAC + ฉนวน 3" | = | 0.39 | * | 106.45 | | 41.23 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 1.02 | | | | |

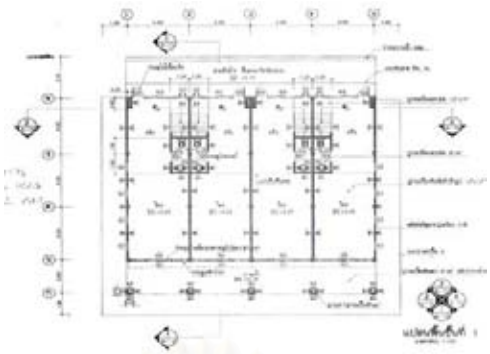
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 10.96 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ตึกแถวอนุรักษ์ภาคกลาง 4 ชั้น

**ประเภท**



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 833.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1,180.57 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.42 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 152.40 | = | 515.08 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 130.40 | = | 781.03 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 67.24 | = | 227.26 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 103.76 | = | 621.47 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 154.52 | = | 522.25 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 40.48 | = | 242.45 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 67.24 | = | 227.26 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 103.76 | = | 621.47 |
| | | | | | | | 3,758.27 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 196.00 | | 582.67 |
| Roof | R03404 | = | 0.31 | * | 164.77 | | 51.23 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 3.72 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 23.61 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักอาศัยแบบประหยัด 2

**ประเภท**

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 128.66 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 444.38 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.45 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 1นิ้วบนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 60.19 | = | 192.00 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 14.32 | = | 85.77 |
| E wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 1นิ้วบนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 68.19 | = | 217.52 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 16.57 | = | 99.25 |
| W wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 1นิ้วบนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 68.19 | = | 217.52 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 16.57 | = | 99.25 |
| S wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 1นิ้วบนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 60.19 | = | 192.00 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 11.50 | = | 68.88 |
| | | | | | | | 1,172.18 |
| Floor | พื้นคสล.ขัดมันเรียบ | = | 2.97 | * | 53.46 | | 158.93 |
| Roof | ลูกฟูกลอนเล็ก ;R02101 | = | 5.46 | * | 75.20 | | 410.56 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.92 | | | | |

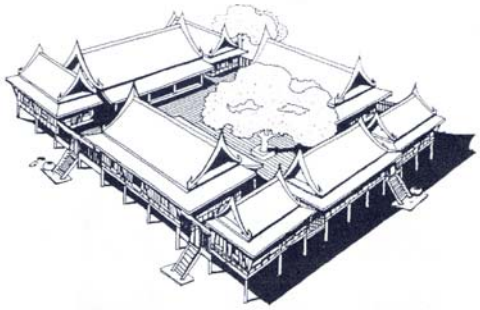
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 47.65 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** พระตำหนักทับขวัญ

**ประเภท**



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 32 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 7 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 260.98 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 740.53 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.84 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 79.63 | = | 254.00 |
| | แผ่นไม้เนื้ออ่อน หนา 25 มม. (หน้าต่าง); W05101 | | 3.19 | * | 25.89 | = | 82.59 |
| E wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 58.38 | = | 186.21 |
| | แผ่นไม้เนื้ออ่อน หนา 25 มม. (หน้าต่าง); W05101 | | 3.19 | * | 25.89 | = | 82.59 |
| W wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 58.38 | = | 186.21 |
| | แผ่นไม้เนื้ออ่อน หนา 25 มม. (หน้าต่าง); W05101 | | 3.19 | * | 25.89 | = | 82.59 |
| S wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 79.63 | = | 254.00 |
| | แผ่นไม้เนื้ออ่อน หนา 25 มม. (หน้าต่าง); W05101 | | 3.19 | * | 25.89 | = | 82.59 |
| | | | | | | | 1210.76 |
| Floor | พื้นไม้หนา1นิ้ว บนตงไม้ ;F05101 | = | 3.32 | * | 92.97 | | 308.71 |
| Roof | พื้นที่หลังคามุงจาก; R09002 | = | 0.27 | * | 268.00 | | 71.56 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.15 | | | | |

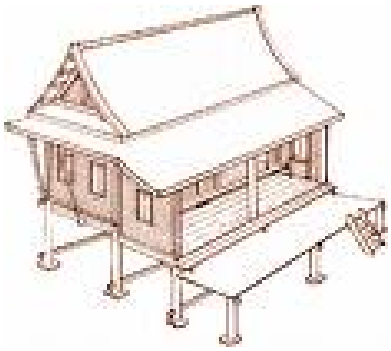
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 13.66 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านทรงไทยปรับอากาศ

**ประเภท**



Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 33 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 8 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 97.25 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 655.20 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 6.74 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Sigma$ wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 266.40 | = | 849.79 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 21.60 | = | 129.37 |
| | | | | | | | 979.16 |
| Floor | พื้นไม้หนา1นิ้ว บนตงไม้ ;F05101 | = | 3.32 | * | 96.00 | | 318.77 |
| Roof | กระเบื้องว่าวหนา 5 mm. | = | 5.07 | * | 271.20 | | 1,374.88 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 4.08 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.320 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 70.36 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยชินวัตร

**ประเภท** อาคารสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 35 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 10 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 16815.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 22343.48 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.33 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 1985.48 | = | 782.87 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 1233.27 | = | 2380.83 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 2633.28 | = | 1038.30 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 584.97 | = | 1129.28 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 2534.50 | = | 999.35 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 684.25 | = | 1320.94 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.075 m.;W06102 | = | 0.39 | * | 2004.21 | = | 790.26 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 1214.51 | = | 2344.61 |
| | | | | | | | 10786.46 |
| Floor | พื้น Conc. 0.15 m. + ins. 50 mm.;F01202 | = | 0.52 | * | 4338.45 | | 2257.73 |
| Roof | Metal Sheet + fiber glass 150 mm.;R04206 | = | 0.19 | * | 5130.56 | | 998.41 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 0.63 | | | | |

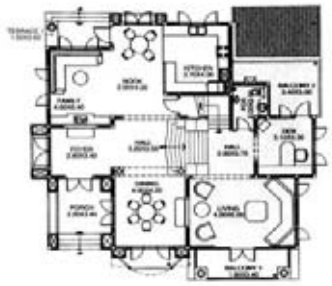
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.8 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.250** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 2.09 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านจัดสรร - วรรณวนา หมู่บ้านลดาวัลย์

**ประเภท** อาคารพักอาศัย



Site and Location

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 385.00 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 822.50 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.14 | | | |

Material

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบปูน | = | 3.30 * | 184.80 | = | 609.84 |
| | กระจกใส 6 มม. | = | 5.88 * | 151.20 | = | 889.06 |
| | | | | | | 1,498.90 |
| Floor | พื้น concrete 10 cm. | = | 1.05 * | 195.00 | | 204.56 |
| Roof | กระเบื้อง 12 มม. | = | 2.28 * | 291.50 | | 664.04 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | |
| | | = | 2.88 | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.350 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 30.13 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร MASTER TEAM

**ประเภท** อาคารสำนักงานสาธารณะ

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 999.00 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1,549.20 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.55 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 786.62 | = | 423.36 |
| | laminated glass 10mm.;G01403 | = | 3.52 | * | 96.58 | = | 339.56 |
| | | | | | | | 762.91 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + ceramic tiles.;F01101 | = | 2.97 | * | 333.00 | | 989.94 |
| Roof | Conc. slab 0.10 m.+ fiber glass 75mm.;R01121 | = | 0.38 | * | 333.00 | | 127.84 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 1.21 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 7.64 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** DEENE FACTORY

**ประเภท** อาคารสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 13 | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2700.00 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 6,119.60 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.27 | | | |

**Material**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | คอนกรีต บล็อค 4 นิ้ว | = | 2.93 | * 1749.60 | = | 5120.73 |
| | กระจกใส 6 มม. | = | 5.89 | * 288.00 | = | 1696.32 |
| | | | | | | 6,817.05 |
| Floor | พื้น คสล. 15 ซม. ขัดมัน | = | 2.57 | * 1944.00 | | 4994.52 |
| Roof | METAL SHEET +ฝ้าเพดาน 12 มม. | = | 0.41 | * 2,138.00 | | 868.24 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | |
| | | = | 2.07 | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.290** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 17.70 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** สำนักงาน ARCHINISTIC

**ประเภท** อาคารสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 42 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 17 | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 155.52 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 369.12 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.37 | | | |

**Material**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น | = | 3.38 * | 6.56 | = | 22.17 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 * | 58.24 | = | 343.03 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น | = | 3.38 * | 8.00 | = | 27.04 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 * | 34.00 | = | 200.26 |
| W wall | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 * | 42.00 | = | 247.38 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น | = | 3.38 * | 14.88 | = | 50.29 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 * | 49.92 | = | 294.03 |
| | | | | | | 1,184.20 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + fiber glass 50mm. | = | 2.97 * | 77.76 | | 231.16 |
| Roof | Conc. slab 0.10 m. + fiber glass 50mm. | = | 1.47 * | 77.76 | | 114.09 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | |
| | | = | 4.14 | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.3 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.360** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 60.19 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** The Millenium Hilton Bangkok

**ประเภท** อาคารสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 51,649.50 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 23,926.11 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 0.46 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 3115.70 | = | 9,614.74 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 3479.22 | = | 10,683.99 |
| E wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 914.08 | = | 9,892.47 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 2583.13 | = | 10,407.62 |
| W wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 1168.15 | = | 3,604.79 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 1322.41 | = | 4,060.86 |
| S wall | ผนังก่ออิฐฉาบล๊อค 3นิ้ว; W03101 | = | 3.09 | * | 3205.70 | = | 9,892.47 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 3389.22 | = | 10,407.62 |
| | | | | | | | 68,564.55 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 3480.00 | | 10,345.34 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 1268.50 | | 477.34 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 3.32 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 6.24 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านคุณศรีวัลย์ เมฆตระการ - บ้านพักตากอากาศเขาใหญ่

**ประเภท** อาคารพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 31 | °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 6 | | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 560.49 | $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1,048.22 | $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.87 | | | | | |

Material

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 103.90 | = | 190.92 | |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 32.60 | = | 192.01 | |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 87.90 | = | 161.52 | |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 41.00 | = | 241.49 | |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 86.16 | = | 158.32 | |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 44.80 | = | 263.87 | |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 101.20 | = | 185.96 | |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 28.60 | = | 168.45 | |
| | | | | | | | 1,562.54 | |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 230.79 | | 686.09 | |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 291.27 | | 96.35 | |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | | |
| | | = | 2.24 | | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 7.78 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ศรินธร คอนโดมิเนียม

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 15 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 2441.88 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 4,382.48 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.79 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 571.20 | = | 1049.58 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 134.40 | = | 412.72 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 813.05 | = | 734.83 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 238.00 | = | 1089.18 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 921.55 | = | 1693.35 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 252.00 | = | 773.84 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 399.91 | = | 734.83 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 354.69 | = | 1089.18 |
| | | | | | | | 7,577.52 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 348.84 | | 1037.03 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 348.84 | | 131.27 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.00 | | | | |

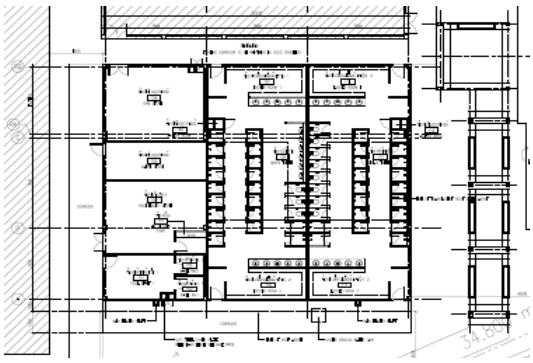
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.310** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 16.65 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** FACILITIES BLDG YEAR 3-4

**ประเภท** อาคารเรียนสาธารณะ



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 37 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 12 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 417.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 1,267.26 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.04 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 42.15 | = | 142.46 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 51.33 | = | 302.33 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 50.49 | = | 303.74 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 50.40 | = | 89.12 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 84.09 | = | 284.21 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 16.80 | = | 98.95 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 89.87 | = | 303.74 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 15.13 | = | 89.12 |
| | | | | | | | 1,613.67 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 417.00 | | 1239.66 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 450.00 | | 148.86 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.37 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.290** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 25.05 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** FACILITIES BUILDING BANGKOK PATTANA SCHOOL

**ประเภท** อาคารเรียนสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 37 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 12 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 927.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 2,906.00 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.13 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 153.00 | = | 517.11 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 385.46 | = | 787.19 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 33.54 | = | 507.07 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 117.71 | = | 397.84 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 18.29 | = | 107.73 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ | = | 3.38 | * | 232.91 | = | 787.19 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 86.09 | = | 507.07 |
| | | | | | | | 3,611.19 |
| Floor | คสล. ปูหินขัด | = | 2.97 | * | 927.00 | | 2755.79 |
| Roof | หลังคาเหล็ก ฉนวน 1" | = | 0.41 | * | 952.00 | | 386.61 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.32 | | | | |

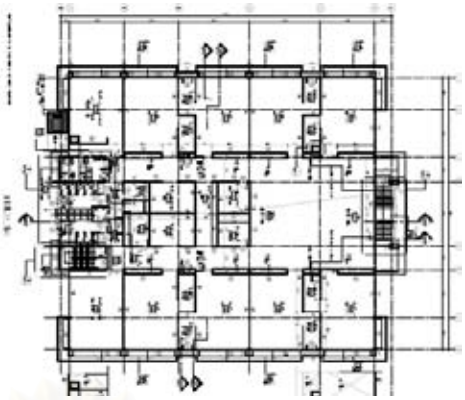
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 25.35 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** YEAR 3 & 4 BUILDING BANGKOK PATTANA SCHOOL

**ประเภท** อาคารเรียนสาธารณะ



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 38 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 13 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 965.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 3,937.10 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 4.08 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 265.60 | = | 897.67 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 111.10 | = | 654.38 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 322.65 | = | 1161.43 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 69.20 | = | 194.72 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 322.65 | = | 1090.49 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 69.20 | = | 407.59 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 343.64 | = | 1161.43 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 33.06 | = | 194.72 |
| | | | | | | | 5,762.45 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 965.00 | | 2868.75 |
| Roof | RO3304 | = | 0.33 | * | 1,435.00 | | 474.70 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.31 | | | | |

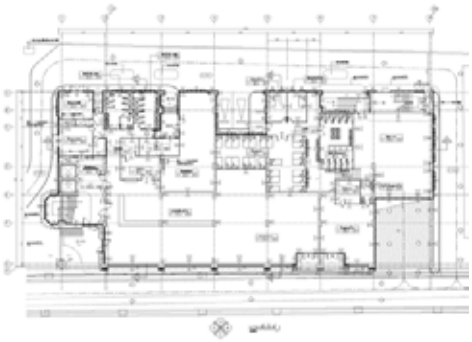
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 35.57 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกฟน. เขตราษฎร์บูรณะ

**ประเภท** อาคารสาธารณะ



Site an

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 6645.90 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 3,495.89 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 0.53 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SE wall | อิฐก่อปูน + ฉนวน + ยิปซั่ม;w02201 | = | 0.43 | * | 243.60 | = | 105.33 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 224.10 | = | 1319.95 |
| NE wall | อิฐก่อปูน + ฉนวน + ยิปซั่ม;w02201 | = | 0.43 | * | 81.80 | = | 11.30 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 115.60 | = | 169.40 |
| NW wall | อิฐก่อปูน + ฉนวน + ยิปซั่ม;w02201 | = | 0.43 | * | 100.95 | = | 43.65 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 74.06 | = | 436.21 |
| SW wall | อิฐก่อปูน + ฉนวน + ยิปซั่ม;w02201 | = | 0.43 | * | 26.14 | = | 11.30 |
| | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 14.28 | | 48.26 |
| | กระจกใส 6 มม. ;G01103 | = | 5.89 | * | 28.76 | = | 169.40 |
| | | | | | | | 2,314.81 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 1,293.30 | | 3844.72 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 1,293.30 | | 486.67 |
| | **Material index; $I_U$** | = | ($i_w$×wall area)+($i_f$×floor area)+(ir×roof area)/SA | | | | |
| | | = | 1.90 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C$ x $I_U$ x $I_T$ x $I_S$ |
| | | = | 4.06 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านผู้ประสบภัย 1

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 11 | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 16.20 $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 94.20 $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 5.81 | | | |

Material

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Sigma$ wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * 48.10 | = | 153.43 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * 7.00 | = | 41.93 |
| | | | | | | 195.36 |
| Floor | พื้นไม้หนา1นิ้ว บนตงไม้ ;F05101 | = | 3.32 | * 16.20 | | 53.79 |
| Roof | กระเบื้องว่าวหนา 5 mm. | = | 5.07 | * 22.90 | | 116.09 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | |
| | | = | 3.88 | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | A/C performance | = | No.5 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.310 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 76.88 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพธำมรงค์ จ.สงขลา

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 15 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 98.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 353.50 | $m^2$ | | | |
| | Surface area : usable area | = | 3.61 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 38.50 | = | 122.81 |
| E wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 19.25 | = | 122.81 |
| W wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 19.25 | = | 61.41 |
| S wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 38.50 | = | 122.81 |
| | | | | | | | 429.84 |
| Floor | พื้นไม้หนา1นิ้ว บนตงไม้ ;F05101 | = | 3.32 | * | 98.00 | | 325.41 |
| Roof | กระเบื้องหนา 5 mm. | = | 5.07 | * | 140.00 | | 709.74 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 4.14 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.320 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 71.75 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านนายแพทย์สมบัติ สินธุรัตน์

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 37 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 12 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 180.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 453.91 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.52 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 51.86 | = | 27.91 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 8.94 | = | 17.26 |
| E wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 48.06 | = | 28.42 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 28.05 | = | 15.44 |
| W wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 51.64 | = | 27.79 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 24.56 | = | 47.41 |
| S wall | EIFS wall + Foam 0.05 m.;W06101 | = | 0.54 | * | 52.80 | = | 28.42 |
| | Insulated glass heat stop 24mm.;G01501 | = | 1.93 | * | 8.00 | = | 15.44 |
| | | | | | | | 208.10 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 96.00 | | 285.39 |
| Roof | Asphalt Shingles. + fiber glass 0.075 m;R05203 | = | 0.37 | * | 84.00 | | 31.07 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 1.16 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 11.19 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านไทย 2

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 33 °c | | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 8 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 101.90 $m^2$ | | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 546.00 $m^2$ | | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 5.36 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Sigma$ wall | ฝาไม้เนื้ออ่อน 25 มม.บนโครงเค่าไม้; W05101 | = | 3.19 | * | 200.34 | = | 639.06 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01103 | = | 5.99 | * | 22.56 | = | 135.12 |
| | | | | | | | 774.19 |
| Floor | พื้นไม้หนา1นิ้ว บนตงไม้ ;F05101 | = | 3.32 | * | 222.60 | | 739.14 |
| Roof | กระเบื้องลอนคู่หนา 5 mm. | = | 5.07 | * | 100.50 | | 509.49 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)/SA$ | | | | |
| | | = | 3.70 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 50.82 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** สาธรเจ้าพระยา คอนโดมิเนี่ยม

**ประเภท** อาคารพักอาศัยสาธารณะ

**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | outside air temp. | = | 40 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 15 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 45350.51 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 40627.49 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 0.90 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 2145.02 | = | 3941.47 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 7875.94 | = | 24185.44 |
| E wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 3145.72 | = | 5780.26 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 6475.20 | = | 17835.94 |
| W wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 2745.02 | = | 5043.97 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 6875.11 | = | 21112.09 |
| S wall | ผนังก่ออิฐกันความร้อน super block ;W04101 | = | 1.84 | * | 3145.72 | = | 5780.26 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 5808.24 | = | 17835.94 |
| | | | | | | | 101515.38 |
| Floor | Conc. slab 0.10 m. + Ceramic tiles;F01101 | = | 2.97 | * | 1119.52 | | 3328.11 |
| Roof | Conc. slab 0.15 m.+ fiber glass 75mm.;R01122 | = | 0.38 | * | 1292.00 | | 486.18 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.59 | | | | |

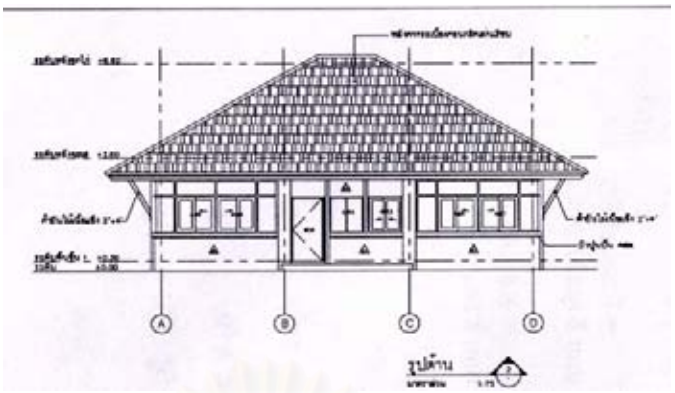
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.290** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 10.10 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** สำนักงานตำรวจทางหลวง

**ประเภท** สำนักงาน



Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 211.52 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 349.54 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.65 | | | | |

Material

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 31.72 | = | 107.21 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01101 | = | 5.99 | * | 2.93 | = | 17.55 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 17.17 | = | 76.76 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01101 | = | 5.99 | * | 17.19 | = | 69.78 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 31.92 | = | 107.88 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01101 | = | 5.99 | * | 2.73 | = | 16.35 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 22.71 | = | 76.76 |
| | กระจกใส 3 มม. ;G01101 | = | 5.99 | * | 11.65 | = | 69.78 |
| | | | | | | | 542.07 |
| Floor | พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง | = | 3.14 | * | 119.52 | | 374.93 |
| Roof | กระเบื้องคอนกรีต ฝ้า 12 มม. | = | 1.95 | * | 92.00 | | 179.26 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.14 | | | | |

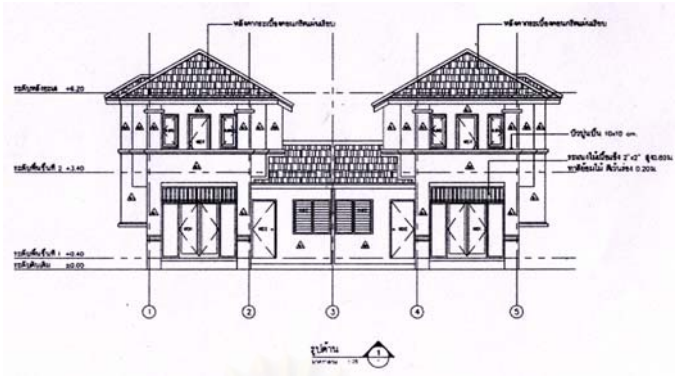
Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 23.22 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักข้าราชการระดับ 3-4

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 154.26 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 411.76 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.67 | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 47.81 | = | 147.54 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 23.84 | = | 142.04 |
| E wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 42.45 | = | 131.00 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 14.65 | = | 87.28 |
| W wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 59.32 | = | 183.06 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 12.33 | = | 73.46 |
| S wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 42.45 | = | 131.00 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 14.65 | = | 87.28 |
| | | | | | | | 982.66 |
| Floor | พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง ;F01111 | = | 3.14 | * | 75.70 | | 237.47 |
| Roof | กระเบื้องคอนกรีต ฝ้า 12 มม.;R02202 | = | 1.89 | * | 78.56 | | 148.20 |
| | Material index; $i_m$ | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.32 | | | | |

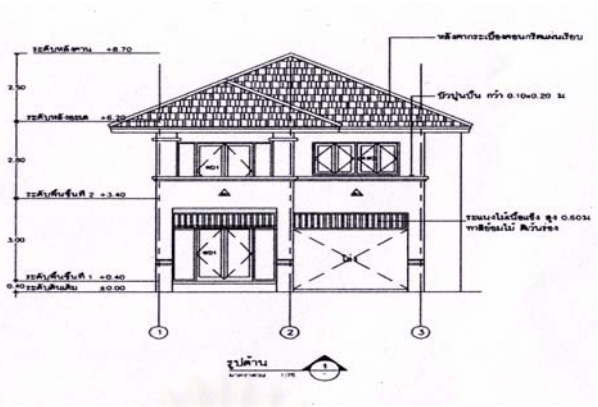
Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 39.74 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านพักข้าราชการระดับ 5-6

**ประเภท** บ้านพักอาศัย



Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 119.15 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 317.21 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.66 | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 22.43 | = | 69.22 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 13.24 | = | 78.88 |
| E wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 45.38 | = | 140.01 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 7.32 | = | 43.73 |
| W wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 41.06 | = | 126.71 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 15.92 | = | 94.85 |
| S wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 45.37 | = | 140.01 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 7.34 | = | 43.73 |
| | | | | | | | 737.14 |
| Floor | พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง ;F01111 | = | 3.14 | * | 43.91 | | 137.75 |
| Roof | กระเบื้องคอนกรีต ฝ้า 12 มม.;R02202 | = | 1.89 | * | 75.24 | | 141.93 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.21 | | | | |

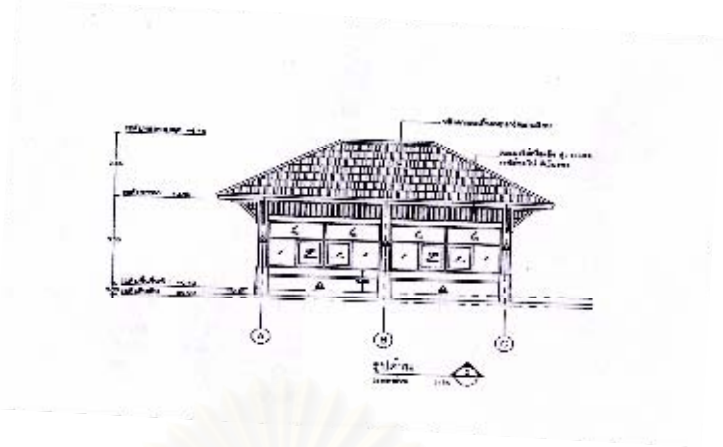
Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 38.23 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** ร้านค้ากรมทางหลวง

**ประเภท** อาคารพาณิชย์



Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 36 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 14 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 160.38 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 301.94 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.88 | | | | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 39.68 | = | 134.11 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 17.80 | = | 62.53 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 13.30 | = | 75.07 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 22.74 | = | 76.86 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 16.94 | = | 100.93 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 18.50 | = | 62.53 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 12.60 | = | 75.07 |
| | | | | | | | 587.09 |
| Floor | พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง ;F01111 | = | 3.14 | * | 77.40 | | 242.80 |
| Roof | กระเบื้องคอนกรีต ฝ้า 12 มม.;R02202 | = | 1.89 | * | 82.98 | | 156.53 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.27 | | | | |

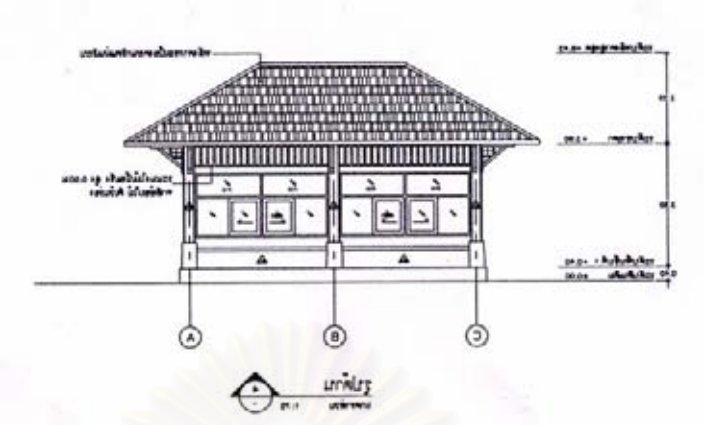
Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 27.55 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** สำนักงานศูนย์ข้อมูลกรมทางหลวง

**ประเภท** สำนักงาน



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 39 | °c |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 14 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 143.81 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 289.91 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.02 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 40.17 | = | 135.77 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 22.75 | = | 64.49 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 9.63 | = | 79.24 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 26.14 | = | 88.35 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 14.03 | = | 83.59 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 19.08 | = | 64.49 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 13.30 | = | 79.24 |
| | | | | | | | 595.16 |
| Floor | พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง ;F01111 | = | 3.14 | * | 58.21 | | 182.60 |
| Roof | กระเบื้องคอนกรีต ฝ้า 12 มม.;R02202 | = | 1.89 | * | 86.60 | | 163.36 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.25 | | | | |

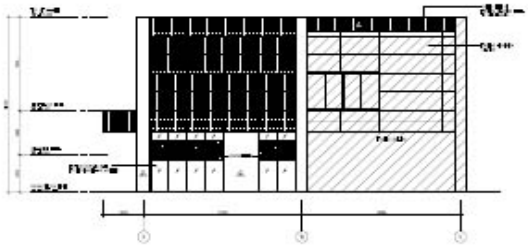
**Mechanical Efficiency**

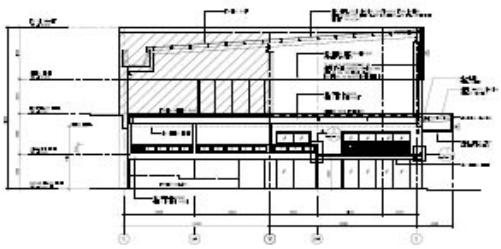
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.4 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.320** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 29.32 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** BITEC Busines center

**ประเภท** สำนักงาน





**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c | | | |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 15 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 578.41 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1,094.01 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.89 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 126.00 | = | 388.82 |
| E wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 291.15 | = | 148.43 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 57.45 | = | 239.22 |
| W wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 291.15 | = | 898.46 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 57.45 | = | 176.42 |
| S wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 48.10 | = | 148.43 |
| | กระจกReflective 6 มม. ;G01301 | = | 3.07 | * | 77.90 | = | 239.22 |
| | | | | | | | 2,238.99 |
| Floor | คสล. ปูหินแกรนิต;F01101 | = | 2.97 | * | 58.21 | | 173.05 |
| Roof | หลังคาเหล็ก ฉนวน 3";R04203 | = | 0.41 | * | 86.60 | | 35.17 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)$/SA | | | | |
| | | = | 2.24 | | | | |

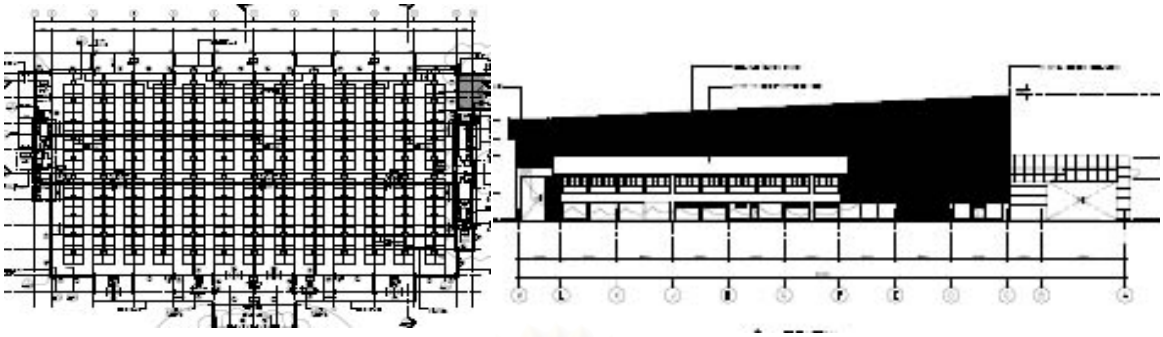
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 18.40 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** Exibition hall-bangna

**ประเภท** อาคารสาธารณะ



**Site and Location**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 15 | |

**Building Form Ratio**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 9175.00 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 6,861.54 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 0.75 | |

**Material**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 6"; W03103 | = | 2.65 | * | 1,814.73 | = | 4815.02 |
| | กระจกlaminated 12มม. ;G01404 | = | 3.49 | * | 558.87 | = | 1047.67 |
| E wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 6"; W03103 | = | 2.65 | * | 1,154.08 | = | 2963.95 |
| | กระจกlaminated 12มม. ;G01404 | = | 3.49 | * | 101.92 | = | 509.25 |
| W wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 6"; W03103 | = | 2.65 | * | 2,082.80 | = | 5526.29 |
| | กระจกlaminated 12มม. ;G01404 | = | 3.49 | * | 300.20 | = | 1047.67 |
| S wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 6"; W03103 | = | 2.65 | * | 1,117.08 | = | 2963.95 |
| | กระจกlaminated 12มม. ;G01404 | = | 3.49 | * | 145.92 | = | 509.25 |
| | | | | | | | 19,383.04 |
| Floor | คสล.ขัดมันเรียบ;F01101 | = | 2.97 | * | 58.21 | | 173.05 |
| Roof | หลังคาเหล็ก ฉนวน 3";R04203 | = | 0.41 | * | 86.60 | | 35.17 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.86 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.290 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 9.29 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคาร บก.ฐานทัพเรือสัตหีบ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c | | | |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 15 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1011.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 1,663.13 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 1.65 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 264.62 | = | 894.36 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 115.48 | = | 730.69 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 242.16 | = | 846.40 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 170.96 | = | 657.29 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 241.71 | = | 816.93 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 122.64 | = | 730.69 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 250.43 | = | 846.40 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 110.32 | = | 657.29 |
| | | | | | | | 6,180.05 |
| Floor | คสล. ปูหินแกรนิต;F01101 | = | 2.97 | * | 58.21 | | 173.05 |
| Roof | Conc. slab 0.10 m.;R01111 | = | 1.47 | * | 86.60 | | 127.06 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 3.90 | | | | |

**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.2 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.450** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 43.27 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** อาคารกองโครงการและงบประมาณ

**ประเภท** อาคารราชการ

**Site and Location**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 40 | °c | | | |
| | Site and Location index; $i_t$ | = | 15 | | | | |

**Building Form Ratio**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 226.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 689.73 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.05 | | | | |

**Material**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 31.78 | = | 107.41 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 22.65 | = | 134.95 |
| E wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 31.78 | = | 107.41 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 20.98 | = | 125.00 |
| W wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 47.5 | = | 160.54 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 12.89 | = | 76.80 |
| S wall | ผนังก่ออิฐมอญ;W02101 | = | 3.38 | * | 48.7 | = | 164.60 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 21.45 | = | 127.80 |
| | | | | | | | 1,004.50 |
| Floor | คสล. ปูหินแกรนิต;F01101 | = | 2.97 | * | 226 | | 671.85 |
| Roof | Conc. slab 0.10 m.;R01111 | = | 1.47 | * | 226 | | 331.59 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 2.91 | | | | |

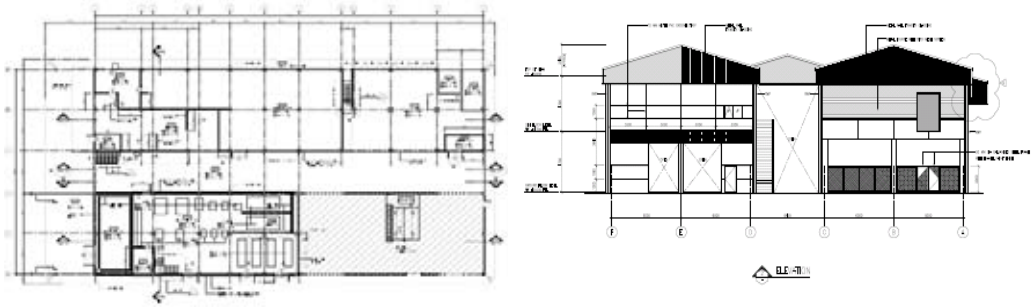
**Mechanical Efficiency**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | No.1 |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | **0.524** |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 69.83 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** โรงงาน เนสท์เล่ ส่วนปฏิบัติการ workshop

**ประเภท** โรงงาน



Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 16 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 1142.62 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 2,670.07 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.34 | | | | |

Material

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 187.00 | = | 1141.00 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 15.00 | = | 89.37 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 181.35 | = | 335.59 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 3.65 | = | 379.82 |
| W wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 264.12 | = | 815.05 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 11.34 | = | 67.56 |
| S wall | ผนังคอนกรีตบล็อค 3"; W03101 | = | 3.09 | * | 55.00 | = | 169.72 |
| | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 63.75 | = | 388.98 |
| | | | | | | | 3,387.09 |
| Floor | คสล.ขัดมันเรียบ;F01101 | = | 2.97 | * | 740.86 | | 2202.43 |
| Roof | หลังคาเหล็ก;R04201 | = | 5.21 | * | 1,148.00 | | 5,976.95 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 4.33 | | | | |

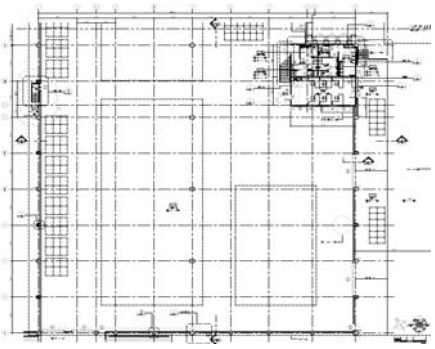
Mechanical Efficiency

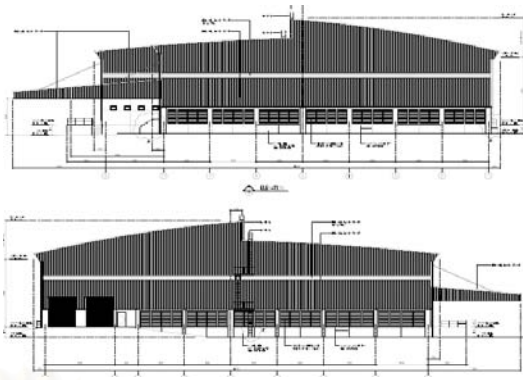
| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.356 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 57.66 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** โรงงาน เนสท์เล่ ส่วนบรรจุภัณฑ์

**ประเภท** โรงงาน





Site and Location

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 41 | °c |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 16 | |

Building Form Ratio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 3960.80 | $m^2$ |
| | Surface area per bldg. | = | 12,155.50 | $m^2$ |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 3.07 | |

Material

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 670.00 | = | 4088.07 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 1.92 | = | 11.44 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 628.60 | = | 5546.35 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 30.40 | = | 577.81 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 896.20 | = | 5468.25 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 4.80 | = | 28.60 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 909.00 | = | 5546.35 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 96.98 | = | 577.81 |
| | | | | | | | 21,844.69 |
| Floor | คสล.ขัดมันเรียบ;F01101 | = | 2.97 | * | 3,851.60 | | 11450.04 |
| Roof | หลังคาเหล็ก;R04201 | = | 5.21 | * | 5,066.00 | | 26,375.62 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times$wall area$)+(i_f \times$floor area$)+(ir \times$roof area$)$/SA | | | | |
| | | = | 4.91 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.377 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 90.87 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ชื่ออาคาร** บ้านชีวาทิตย์

**ประเภท** บ้านพักอาศัย

Site and Location

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Outside air temp.(°c) | = | 32 | °c | | | |
| | **Site and Location index; $I_T$** | = | 7 | | | | |

Building Form Ratio

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Usable area per bldg. | = | 140.00 | $m^2$ | | | |
| | Surface area per bldg. | = | 340.20 | $m^2$ | | | |
| | **Surface area : usable area; $I_S$** | = | 2.43 | | | | |

Material

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 670.00 | = | 4088.07 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 1.92 | = | 11.44 |
| E wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 628.60 | = | 5546.35 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 30.40 | = | 577.81 |
| W wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 896.20 | = | 5468.25 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 4.80 | = | 28.60 |
| S wall | ผนังmetal siding; W07101 | = | 6.10 | * | 909.00 | = | 5546.35 |
| | กระจกใส 4 มม. ;G01102 | = | 5.96 | * | 96.98 | = | 577.81 |
| | | | | | | | 21,844.69 |
| Floor | คสล.ขัดมันเรียบ;F01101 | = | 2.97 | * | 3,851.60 | | 11450.04 |
| Roof | หลังคาเหล็ก;R04201 | = | 5.21 | * | 5,066.00 | | 26,375.62 |
| | **Material index; $I_U$** | = | $(i_w \times \text{wall area}) + (i_f \times \text{floor area}) + (ir \times \text{roof area})/SA$ | | | | |
| | | = | 175.40 | | | | |

Mechanical Efficiency

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Machine performance or COP | = | |
| | **Mechanical Efficiency index; $I_C$** | = | 0.250 |
| **Total Building Performance Index; $I_{CUTS}$** | | = | $I_C \times I_U \times I_T \times I_S$ |
| | | = | 745.88 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ง.

## แบบประเมินดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร
## (BUILDING ENERGY PERFORMANCE INDEX CHECKLIST)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร

| | |
|---|---|
| รูปอาคารที่ทำการประเมิน | ชื่ออาคาร.....<br>ปีที่ก่อสร้าง.....<br>ที่ตั้งอาคาร.....<br>ชื่อผู้ประเมิน.....<br>ที่อยู่.....<br>โทรศัพท์.....โทรสาร.....<br>โทรศัพท์มือถือ.....E-mail..... |

## ข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ($I_c$)

การประเมินประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (1/COP) สามารถหาได้ 3 วิธี ดังตารางข้างล่างนี้ การเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละอาคารที่ทำการประเมิน แต่ให้ใส่ค่า $I_c$ จากวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น หากมีเครื่องปรับอากาศมากกว่า 1 เครื่อง ให้ทำเฉพาะวิธีที่ 3 เท่านั้น

**วิธีที่ 1** ดูจากฉลากแสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ใช้ตัวเลขค่า EER (ในวงกลมตัวอย่าง)

COP = EER / 3.412

1/COP = 3.412 / ☐

1/COP = ☐ → $I_c$

**วิธีที่ 2** ไม่มีฉลากแสดงประสิทธิภาพให้อนุโลมใช้เกณฑ์ตามตารางนี้

| | อายุการใช้งาน | ฉลากประสิทธิภาพ | 1/COP |
|---|---|---|---|
| ☐ | 0-2 ปี | 5 | 0.310 |
| ☐ | 2-5 ปี | 4 | 0.322 |
| ☐ | 5-8 ปี | 3 | 0.355 |
| ☐ | 8-15 ปี | 2 | 0.397 |
| ☐ | 15 ปีขึ้นไป | 1 | 0.449 |

ผลที่ได้ 1/COP = ☐ → $I_c$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| ดูจาก SPECT ของเครื่องปรับอากาศ | **วิธีที่ 3** อาคารที่มีเครื่องปรับอากาศมากกว่า 1 เครื่อง สามารถคำนวณหา $I_C$ โดยดู SPECT ของเครื่องปรับอากาศ นำค่าความเย็นที่ได้ทั้งหมด (BTU/h) และค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศ (WATT) มาคำนวณตามวิธีข้างล่างนี้<br>EER = ค่าความเย็นที่ได้ทั้งหมด (BTU/h) / ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องทั้งหมด (WATT)<br>1/COP = 3.412 / EER<br>1/COP = 3.412 / □<br>1/COP = □ → $I_C$ |

## ข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร ($I_U$)

หาได้จากการนำพื้นที่ของเปลือกอาคารคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) แล้วนำผลทั้งหมดมารวมกันหารด้วยค่ารวมของพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น

• หา ∑U · SURFACE

พื้นที่หลังคา = R1+R2+R...

หลังคา

นำพื้นที่หลังคาคูณกับ U ค่าวัสดุหลังคา โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุหลังคาหลายประเภทหรือใต้หลังคามีฝ้าเพดานกับไม่มีฝ้าเพดาน จะต้องแยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าที่ได้ทั้งหมดมารวมกัน

| | พท.หลังคา | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R1 |
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R2 |
| พื้นที่หลังคา X ค่าU ของวัสดุ | | | | R.. |

U · surface ในส่วนหลังคา = R1 + R2 +R.....

= □ + □ + □

= □ (1)

พื้นที่ผนัง = W1+W2+W...

ผนังอาคาร

นำพื้นที่ผนังอาคารคูณกับ U วัสดุผนังอาคาร โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุผนังหลายชนิดให้แยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าทั้งหมดมารวมกัน

| | พท.ผนัง | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W1 |
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W2 |
| พื้นที่ผนังอาคาร X ค่าU ของวัสดุ | | | | W.. |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

U · surface ของผนังอาคาร = W1 + W2 +W.....

= ☐ + ☐ + ☐

☐ (2)

ช่องเปิดกระจก

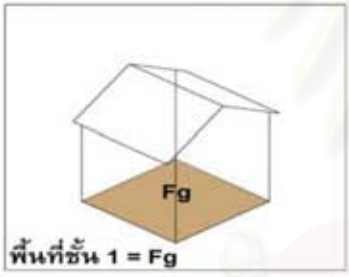
นำพื้นที่ช่องเปิดกระจกคูณกับ ค่า U ของกระจก โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม หากใช้วัสดุกระจกหลายชนิดให้แยกคำนวณเป็นส่วน ๆ ไป แล้วจึงนำค่าทั้งหมดมารวมกัน

| | พท.กระจก | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G1 |
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G2 |
| พื้นที่กระจก X ค่าU ของวัสดุ | | | | G.. |

U · surface ของช่องเปิดกระจก = G1 + G2 +G.....

= ☐ + ☐ + ☐

= ☐ (3)




พื้นชั้นด้านล่าง

นำพื้นชั้นด้านล่างคูณกับ ค่า U ของพื้นชั้นด้านล่าง โดยดูค่า U ได้จากตารางด้านหลังแบบสอบถาม

| | พท.ชั้นด้านล่าง | ค่า U | ผลลัพธ์ | |
|---|---|---|---|---|
| พื้นที่ชั้นด้านล่าง X ค่าU ของวัสดุ | | | | F1 |

U · surface ของพื้นชั้นด้านล่าง = F1

= ☐ (4)

ค่า ∑U · SURFACE = (1) + (2) + (3) + (4)

= ☐ + ☐ + ☐ + ☐

= ☐ (A)

• นำค่าพื้นที่ผิวของผนัง , หลังคา, พื้น (ก) มาใส่ = ☐ (B)

ข้อมูลวัสดุเปลือกอาคาร ∑U · SURFACE / พื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น = (A) / (B)

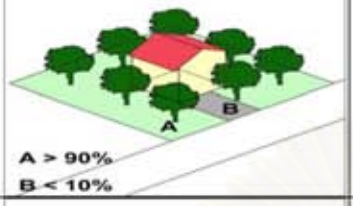
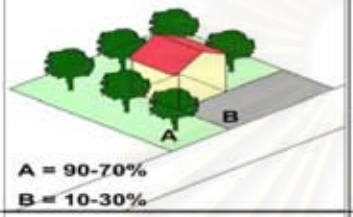
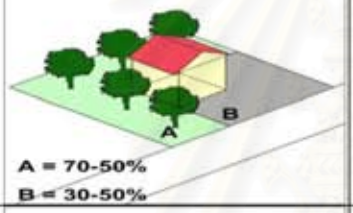
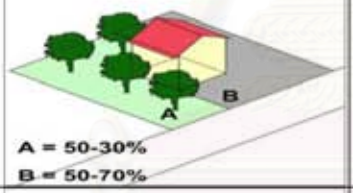
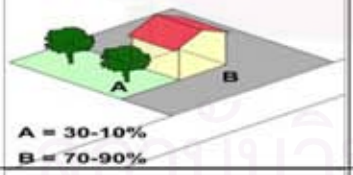
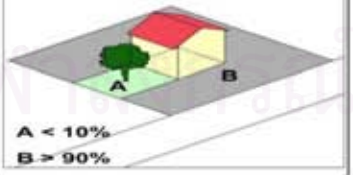
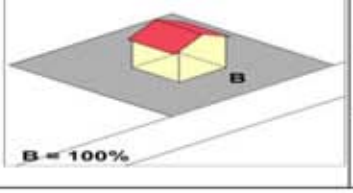
= ☐ → $I_U$

** หมายเหตุ ค่า (ก) ดูจากหัวข้อข้อมูลรูปทรงของอาคาร $I_S$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ข้อมูลอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ($I_T$)**

พิจารณาสภาพแวดล้อมของโครงการที่ทำการประเมินว่าตรงกับประเภทใด แล้วใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่ตรงกับประเภท นั้น แทนค่าของ $I_T$

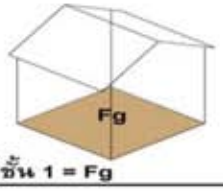
| ประเภท | | ความหมาย | ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C) |
|---|---|---|---|
| ประเภท 1 |  | มีต้นไม้มากกว่า 90%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>29°C | 4 |
| ประเภท 2 |  | 90-70%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>31°C | 6 |
| ประเภท 3 |  | 70-50%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>33°C | 8 |
| ประเภท 4 |  | 50-30%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>35°C | 10 |
| ประเภท 5 |  | 30-10%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>37°C | 12 |
| ประเภท 6 |  | น้อยกว่า 10%<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>39°C | 14 |
| ประเภท 7 |  | ไม่มีต้นไม้เลย<br>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมประมาณ<br>41°C | 16 |

ผลที่ได้ ประเภท ..... ความแตกต่างอุณหภูมิ = [ ] → $I_T$

**ข้อมูลรูปทรงของอาคาร ($I_S$)**

คำนวณหาพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น ของอาคารที่ปรับอากาศทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยรวม (Bldg Form Ratio)

- หาพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น

| | |
|---|---|
|  พื้นที่ชั้น 1 = Fg | พื้นที่ชั้น<br>Fg = ..... ตร.ม. (1) |
| พื้นที่หลังคา = R1+R2+R... | พื้นที่หลังคา<br>R1 = ..... ตร.ม.<br>R2 = ..... ตร.ม<br>..... = ..... ตร.ม<br>รวม = ..... ตร.ม. (2) |
| พื้นที่ผนัง = W1+W2+W... | ผนังอาคาร (แยกตามวัสดุ)<br>W1 = ..... ตร.ม.<br>W2 = ..... ตร.ม.<br>..... = ..... ตร.ม<br>รวม = ..... ตร.ม. (3) |
| พื้นที่กระจก = G1+G2+G... | กระจก<br>G1 = ..... ตร.ม.<br>G2 = ..... ตร.ม.<br>..... = ..... ตร.ม<br>รวม = ..... ตร.ม. (4) |

พื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น = (1) + (2) + (3) + (4)

= $\square$ + $\square$ + $\square$ + $\square$

= $\square$ ก

• หาพื้นที่ใช้สอยรวม โดยใช้พื้นที่ใช้สอยทุกชั้นของโครงการที่ทำการประเมิน

พื้นที่อาคารภายใน

F1 = ..... ตร.ม.

F2 = ..... ตร.ม.

.... = ..... ตร.ม.

พื้นที่ใช้สอยรวม = F1 + F2 + .....

= □ + □ + □

= □ ข

ข้อมูลรูปทรงของอาคาร = ก / ข

= □ / □

= □ → $I_S$

index = $I_C$ X $I_U$ X $I_T$ X $I_S$

= □ X □ X □ X □

INDEX = □

ค่า INDEX ที่ได้นำมาเปรียบเทียบคำตอบตามตารางข้างล่างนี้

| | ศักยภาพของโครงการที่ประเมิน | | ค่า INDEX |
|---|---|---|---|
| ☐ | ศักยภาพดีมาก | VERY GOOD | น้อยกว่า 12.91 |
| ☐ | ศักยภาพดี | GOOD | 12.91 - 35.48 |
| ☐ | ศักยภาพต่ำกว่าเกณฑ์ | POOR | 35.48 – 57.95 |
| ☐ | ศักยภาพต้องปรับปรุง | VERY POOR | 57.95 เป็นต้นไป |

หากค่า INDEX ที่ท่านได้ มีศักยภาพต่ำกว่าเกณฑ์หรือศักยภาพต้องปรับปรุง เบื้องต้นให้ท่านย้อนไปดูข้อมูลตั้งแต่แรกว่า INDEX ตัวใดที่มีค่าสูงบ้าง ทำการปรับปรุงอาคารไปตามนั้น เช่น ค่า $I_C$ สูง ให้ปรับปรุงเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ค่า $I_U$ สูง ให้ปรับปรุงวัสดุ โดยใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนต่ำ (U) ค่า $I_T$ สูง ให้ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น ค่า $I_S$ สูง ให้ทำการลดพื้นที่ผิวของผนัง, หลังคา, พื้น ลง

# ตารางค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U)



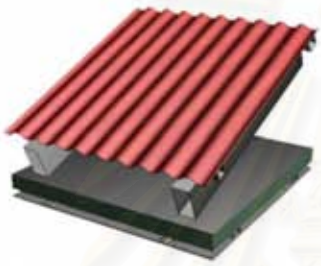
## วัสดุหลังคา

R 01124: หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) หนา 4 นิ้ว
มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว

U = 0.285 W/m$^2$K

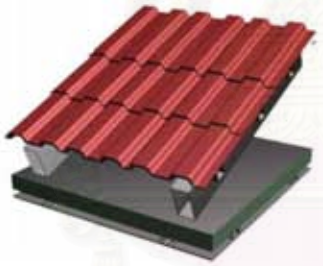
R 02204: หลังคากระเบื้องลอน วางเอียง 22.5 องศา
มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว

U = 0.312 W/m$^2$K



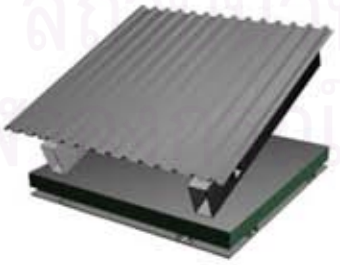
R 03404: หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย วางเอียง 22.5 องศา
มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว

U = 0.311 W/m$^2$K



R 04204: หลังคาโลหะ หนา 0.5 มม. วางเอียง 22.5 องศา
มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว

U = 0.312 W/m$^2$K



R 05204: หลังคาชิงเกิล ปูบนไม้อัดหนา 18 มม. วางเอียง 22.5 องศา
มีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ใยแก้วมีฉนวน 3 นิ้ว

U = 0.305 W/m$^2$K

## วัสดุพื้น

F 01100: พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน
ผิวขัดมันปรับระดับ

U = 2.973 W/m$^2$K

F 01101: พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน
วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องคอนกรีต, กระเบื้องเซอรามิกส์, หินขัด

U = 2.973 W/m$^2$K

F 01111: พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน
วัสดุปูผิวประเภท กระเบื้องยาง, ไวนิล, ยางมะตอย

U = 3.137 W/m$^2$K

F 01124: พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน
วัสดุปูผิวประเภท พรม (ฐานเป็นยาง)

U = 1.899 W/m$^2$K

F 01131: พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ติดพื้นดิน
วัสดุปูผิวประเภท ไม้, ปาร์เก้

U = 2.308 W/m$^2$K

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ตารางค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U)



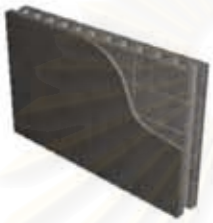
**วัสดุผนัง**

W 02101: ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบปูนภายนอกและภายใน

U = 3.379 W/m$^2$K

W 03101: ผนังก่อคอนกรีตบล็อคหนา 3 นิ้ว (มีโพรงภายใน)
ฉาบปูนภายนอกและภายใน (หนารวม 9 - 10 ซม.)

U = 3.086 W/m$^2$K



W 04101: ผนังก่อคอนกรีตมวลเบาหนา 3นิ้ว
ฉาบปูนภายนอกและภายใน (หนารวม 9 - 10 ซม.)

U = 1.838 W/m$^2$K

W 06103:ผนังระบบ EIFS ใส่ฉนวนEPS 12 kgm2 บนโครงเหล็ก
และผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.

U = 0.311 W/m$^2$K

W 07102: ผนังโลหะ (Matal Siding) บนโครงเคร่า ปิดภายใน
ด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.

U = 2.523 W/m$^2$K

**วัสดุกระจก**

G 01103: กระจกใส หนา 6 มม.

U = 5.890 W/m$^2$K

G 01301: กระจก Heat-Reflective หนา 6 มม.

U = 3.071 W/m$^2$K

G 01401: กระจกนิรภัยหลายชั้น (3+3)

U = 3.569 W/m$^2$K

G 01501: กระจก Heat-Stopหนา 24 มม.

U = 1.931 W/m$^2$K

W 09001: บล็อคแก้ว (Glass Block)

U = 2.103 W/m$^2$K

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

**นายรวิช ควรประเสริฐ**
เกิดวันที่ 11 มิถุนายน 2510 กรุงเทพมหานคร

**การศึกษา**

สอบเทียบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากการศึกษานอกโรงเรียน (กศน.) โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยได้ ในระหว่างทำการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาก่อนจะเข้าศึกษาในระดับอุดมศึกษาในปีการศึกษา 2527 ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สถ.บ.) เกียรตินิยมอันดับ 2 ในปีการศึกษา 2531 หลังจากสำเร็จการศึกษาแล้วได้เข้าทำงานในตำแหน่งสถาปนิกบริษัท ดีไซน์ ดีเวลลอป จำกัด ระหว่างนั้นได้ทำการศึกษาต่อหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 ในระหว่างการศึกษาได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย สำนักการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (สถ.ม.) ในปีการศึกษา 2537 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งสถาปนิกโครงการ บริษัท อาร์เอ็มเจเอ็ม ประเทศไทย จำกัด ทำงานที่สาขากรุงเทพและสาขาฮ่องกง จนได้ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายสถาปัตยกรรมและผู้จัดการฝ่ายคอมพิวเตอร์ของบริษัท หลังจากนั้นลาเพื่อศึกษาต่อในระดับหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต ในปีการศึกษา 2550 ด้วยเกรดเฉลี่ย 4.00

**ประวัติการทำงาน**

| | |
|---|---|
| ปัจจุบัน | ผู้อำนวยการฝ่ายสถาปัตยกรรมบริษัท วิริยะ เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ อาร์คิเท็คเจอร์ จำกัด |
| | กรรมการ Government Center Design Consultants Consortium |
| | กรรมการผู้จัดการบริษัท ไลท์บริดจ์ จำกัด |
| | กรรมการบริษัท แอดวานซ์ เอ็นเนอยี แอนด์ เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย