การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

นางสาว อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฎ์สกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-17-6712-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RESIDENTIAL DESIGN FOR ENERGY SAVING WITH SUSTAINABLE ARCHITECTURE CONCEPT

Miss Amornrat Pongpisitsakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6712-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน
โดย	นางสาว อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ รชด ชมภูนิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฎ์สกุล : การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน. (RESIDENTIAL DESIGN FOR ENERGY SAVING WITH SUSTAINABLE ARCHITECTURE CONCEPT) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค , อ.ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 136หน้า.
ISBN 974-17-6712-9.

การศึกษาการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนและนำแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานครที่มีความยั่งยืน

การศึกษาเริ่มจากการศึกษาแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนซึ่งเป็นแนวคิดที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรม มนุษย์และสิ่งแวดล้อม และได้แตกแขนงออกไปเป็นแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมในรูปแบบต่างๆ เช่น สถาปัตยกรรมสีเขียว, สถาปัตยกรรมยั่งยืน เป็นต้น สรุปได้ว่าในการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนคำนึงถึงหลัก 4 ประการ ได้แก่ พลังงาน, วัสดุ, น้ำ และคุณภาพชีวิตผู้ใช้อาคาร กล่าวคือสถาปัตยกรรมยั่งยืนคือสถาปัตยกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ มิได้หมายถึงอาคารที่มีอายุยาวนานกว่าอาคารทั่วไป ในการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนได้รวบรวมหลักการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานและส่งเสริมสภาวะน่าสบายในอาคาร โดยใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้มากที่สุดและใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนเสริม นอกจากนี้ยังคำนึงถึงผลกระทบของวัสดุก่อสร้างต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์และการอนุรักษ์น้ำด้วย โดยในการออกแบบได้ให้ความสำคัญกับพลังงานที่ใช้ในอาคารและสภาวะน่าสบายภายในอาคารเนื่องจากพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน

สรุปผลการใช้ทรัพยากรพลังงาน น้ำและวัสดุของบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมDOE2 และการคำนวณเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปที่มีขนาดใกล้เคียงกัน พบว่าปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืนน้อยกว่าบ้านทั่วไป และมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายภายในอาคารมากกว่าบ้านทั่วไปด้วย นอกจากการเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปแล้วยังนำแบบประเมินที่มีมาตรฐานขององค์กรในประเทศอังกฤษมาใช้ในการประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืน ซึ่งบ้านที่ออกแบบสามารถผ่านมาตรฐานนี้ได้

การนำแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนมาใช้ในการออกแบบอาคารทำให้อาคารใช้ทรัพยากรลดลงซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง และยังส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารด้วย และจะเกิดประโยชน์มากขึ้นหากมีการนำแนวคิดนี้มาใช้ในการออกแบบในระดับชุมชนและระดับเมืองต่อไป

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4674198525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: SUSTAINABLE ARCHITECTURE / GREEN ARCHITECTURE

AMORNRAT PONGPISITSAKUL: RESIDENTIAL DESIGN FOR ENERGY SAVING WITH SUSTAINABLE ARCHITECTURE CONCEPT. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR THANIT CHINDAWANIK, THESIS COADVISOR : DR. ATCH SETTABUT, 136 pp. ISBN 974-17-6712-9.

The purpose of this study was to gain an insight into the sustainable architecture concept and apply it to residential design in Bangkok.

This concept advocates harmony between architecture and man as well as environment. Later, it developed into Green Architecture and Sustainable Architecture. In general, the sustainable architecture concept involves 4 aspects: energy, materials, water and the lifestyle of those living in such a house. It does not imply that a house designed using this concept will last longer than other houses designed using different concepts. The major concern of residential design with this concept is that the house must be comfortable to live in while at the same time expending less energy and water as well as being part of the environment.

To study how much energy and how much water this kind of house used, the DOE 2 program was used to build a house model and it was compared to a common house of the same size. It was found that the model house used fewer resources and created longer periods of pleasant ambiance internally. In addition, it passed the criteria used to assess housing. These standard criteria have been proposed by an institution in the United Kingdom.

The sustainable architecture design requires fewer resources and thus, it poses little threat to the environment. Moreover, the quality of life of the residents are better. As a result, this concept should be promoted at community and city levels.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of ……..Architecture……Student's signature.....

Field of study ……Architecture……Advisor's signature.....

Academic year……2004……. Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ

ผศ.ธนิต จินดาวณิค และ อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จเรียบร้อย

รศ.ดร.วีระ สัจกุล ผศ.พรรณชลัท สุริโยธิน และ อาจารย์ รชด ชมภูนิช ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากขึ้น

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์

บิดามารดา พี่น้อง และครอบครัวพงศ์พิศิษฏ์สกุล และ แซ่ฮั่น ทุกๆท่านที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดมา

เพื่อนร่วมรุ่น ทั้ง 2 คน ปอนและพี่เพ้ง ที่คอยช่วยเหลือกันจนจบการศึกษา

อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้วิชาความรู้และคำแนะนำในการศึกษา

เจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอด 2 ปีที่ผ่านมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่ หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

1. บทนำ 1

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3. ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5. วิธีดำเนินการวิจัย 3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1. ความหมายของ"การพัฒนาอย่างยั่งยืน" 5

2.2. การพัฒนาแนวคิดยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรม 9

2.3. แนวคิดความยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรม 10

2.4. องค์ประกอบของสถาปัตยกรรมยั่งยืน 14

2.5. ดัชนีชี้วัดความยั่งยืน 24

2.6. กรณีศึกษาอาคารยั่งยืน 29

3. วิธีการดำเนินการวิจัย 31

3.1. วิธีการดำเนินการวิจัย 31

3.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 34

3.3. แบบบ้านพักอาศัยทั่วไปที่นำมาใช้เปรียบเทียบ 39

4. การออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน 46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

4.1. รายละเอียดโครงการ 46

4.2. การวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ 48

4.3. แนวความคิดแนวความคิดในการออกแบบบ้านพักอาศัย ด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน 50

4.4. แบบทางเลือก 55

4.5. การทดสอบการระบายอากาศของแบบทางเลือกด้วย เครื่องจำลองการไหลของของไหล 59

4.6. การระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศ 62

4.7. แบบบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน 64

4.8. รายละเอียด ระบบอุปกรณ์อาคาร 70

4.9. การก่อสร้างอาคาร 76

5. การเปรียบเทียบและประเมินบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วย แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนกับบ้านพักอาศัยทั่วไป 81

5.1 ด้านพลังงาน 81

5.2 ด้านวัสดุ 88

5.3 ด้านน้ำ 94

5.4 คุณภาพชีวิตผู้ใช้อาคาร 96

5.5 การประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยแบบประเมิน BREEAM 103

5.6 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 106

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 109

6.1 สรุปผลการวิจัย 109

6.2 ข้อเสนอแนะ 114

รายการอ้างอิง 115

ภาคผนวก 119

ประวัติผู้เขียนวิยานิพนธ์ 136

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 ตารางเปรียบเทียบแนวคิดทางสถาปัตยกรรมที่ได้รับอิทธิพลของแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน 12
ตาราง 2.2 การใช้พลังงานและน้ำของ The Autonomous House, Southwell Nottinghamshire 30
ตาราง 3.1 ตารางแสดงข้อพิจารณาการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนในด้านต่างๆ 34
ตาราง 4.1 ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยบ้านพักอาศัย 2 ชั้น 46
ตาราง 4.2 ตารางแสดงวันและเวลาการใช้สอยพื้นที่ต่างๆ 47
ตาราง 4.3 ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ 59
ตาราง 4.4 แสดงข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้ 77
ตาราง 4.5 ผลกระทบของวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆต่อสิ่งแวดล้อม 79
ตาราง 5.1 ตารางแสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรม DOE2 81
ตาราง 5.2 ข้อมูลเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้าง 82
ตาราง 5.3 ค่าOTTV และ RTTV ของห้องนอนแต่ละห้องในบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป 86
ตาราง 5.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานดวงโคมที่ประหยัดพลังงานกับดวงโคมทั่วไป 87
ตาราง 5.5 ปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 88
ตาราง 5.6 พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านทั่วไป 89
ตาราง 5.7 พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านแนวคิดยั่งยืน 91
ตาราง 5.8 ปริมาณทรัพยากรในการผลิตวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆจากโปรแกรมBEES 3.0 92
ตาราง 5.9 ตารางแสดงผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคาร 93
ตาราง 5.10 ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆภายในบ้านพักอาศัย 94
ตาราง 5.11 ตารางสรุปปริมาณน้ำต่อปี 95
ตาราง 5.12 ผลการประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยแบบประเมิน BREEAM 103
ตาราง 5.13 แบบประเมิน BREEAM (ปรับปรุงโดยตัดข้อที่ไม่สามารถประเมินได้ออก) 105
ตาราง 5.14 ราคาค่าวัสดุและค่าก่อสร้างบ้านทั่วไป 106
ตาราง 5.15 ราคาค่าวัสดุและค่าก่อสร้างบ้านยั่งยืน 107
ตาราง 5.16 ค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุอาคาร 108
ตาราง 6.1 ตารางเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรต่างๆของบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป 111

สารบัญภาพ

บทที่ หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย พ.ศ.2546 1
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน 8
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน 14
รูปที่ 2.3 ไม้โครงสร้างคาน 17
รูปที่ 2.4 กระบวนการของวัสดุในแต่ละช่วงชีวิตของอาคาร 18
รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงทรัพยากรที่ใช้ในอาคารและผลที่เกิดขึ้นจากอาคาร 18
รูปที่ 2.6 รูปตัด 30
รูปที่ 2.7 ภาพถ่ายหุ่นจำลอง 30
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีดำเนินการวิจัย 33
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงเครื่องจำลองการไหลของของไหล 35
รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมDOE2 36
รูปที่ 3.4 ทัศนียภาพบ้านพักอาศัยทั่วไป 39
รูปที่ 3.5 ผังพื้นชั้นล่างบ้านพักอาศัยทั่วไป 40
รูปที่ 3.6 ผังพื้นชั้นบนบ้านพักอาศัยทั่วไป 41
รูปที่ 3.7 ผังหลังคาบ้านพักอาศัยทั่วไป 42
รูปที่ 3.8 รูปด้าน 1 43
รูปที่ 3.9 รูปด้าน 2 43
รูปที่ 3.10 รูปด้าน 3 44
รูปที่ 3.11 รูปด้าน 4 44
รูปที่ 3.12 รูปตัดA บ้านพักอาศัยทั่วไป 45
รูปที่ 3.13 รูปตัดB บ้านพักอาศัยทั่วไป 45
รูปที่ 4.1 ขนาดพื้นที่ดินในการก่อสร้าง 46
รูปที่4.2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใช้สอยในบ้านพักอาศัย 48
รูปที่ 4.3 ทิศทางดวงอาทิตย์ 49
รูปที่ 4.4 มุมของดวงอาทิตย์และการป้องกันแสงแดดในช่วงเวลาต่างๆ 49
รูปที่ 4.5 ทิศทางกระแสลมที่พัดผ่านที่ตั้งโครงการ 50
รูปที่ 4.6 แนวคิดการจัดวางพื้นที่ใช้สอยในพื้นที่ดิน 51
รูปที่ 4.7 แนวคิดการจัดวางต้นไม้ในพื้นที่ดิน 51
รูปที่ 4.8 แนวคิดพื้นที่เปิดโล่ง ฝ้าเพดานสูงกว่าปกติ 51

บทที่ **หน้า**

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก-ภายใน และมวลสารของวัสดุ 52
รูปที่ 4.10 การกักเก็บน้ำฝนและน้ำทิ้ง 54
รูปที่ 4.11 ผังพื้นชั้นล่าง แบบทางเลือกแบบที่1 55
รูปที่ 4.12 ผังพื้นชั้นบน แบบทางเลือกแบบที่1 56
รูปที่ 4.13 ผังพื้นชั้นล่าง แบบทางเลือกแบบที่2 57
รูปที่ 4.14 ผังพื้นชั้นบน แบบทางเลือกแบบที่2 58
รูปที่ 4.15 การระบายอากาศใต้หลังคาในช่วงกลางวัน 63
รูปที่ 4.16 การระบายอากาศในเวลากลางคืน กรณีลมมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 63
รูปที่ 4.17 การระบายอากาศในเวลากลางคืนบริเวณเหนือห้องนั่งเล่น กรณีลมมาจากทิศใต้ 63
รูปที่ 4.18 การระบายอากาศในเวลากลางคืนผ่านห้องนอน1 กรณีลมมาจากทิศใต้ 63
รูปที่ 4.19 ผังบริเวณบ้านแนวคิดยั่งยืน 64
รูปที่ 4.20 ผังพื้นชั้นล่างบ้านแนวคิดยั่งยืน 65
รูปที่ 4.21 ผังพื้นชั้นบนบ้านแนวคิดยั่งยืน 66
รูปที่ 4.22 สัญลักษณ์วัสดุที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืน 66
รูปที่ 4.23 รูปด้าน1 บ้านแนวคิดยั่งยืน 67
รูปที่ 4.24 รูปด้าน2 บ้านแนวคิดยั่งยืน 67
รูปที่ 4.25 รูปด้าน3 บ้านแนวคิดยั่งยืน 68
รูปที่ 4.26 รูปด้าน4 บ้านแนวคิดยั่งยืน 68
รูปที่ 4.27 รูปตัดA บ้านแนวคิดยั่งยืน 69
รูปที่ 4.28 รูปตัดB บ้านแนวคิดยั่งยืน 69
รูปที่ 4.29 การระบายอากาศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ 70
รูปที่ 4.30 การระบายอากาศจากการดักรับลมประจำถิ่นจากทิศใต้(รูปซ้าย)และ
ทิศเหนือ(รูปขวา) 70
รูปที่ 4.31 ตำแหน่งปล่องระบายอากาศ 71
รูปที่ 4.32 แสดงการระบายอากาศภายในปล่องระบายอากาศ 71
รูปที่ 4.33 ดวงโคมพลังแสงอาทิตย์ 72
รูปที่ 4.34 องค์ประกอบของ Solar Collector 72
รูปที่ 4.35 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถังบำบัด 73

บทที่ **หน้า**

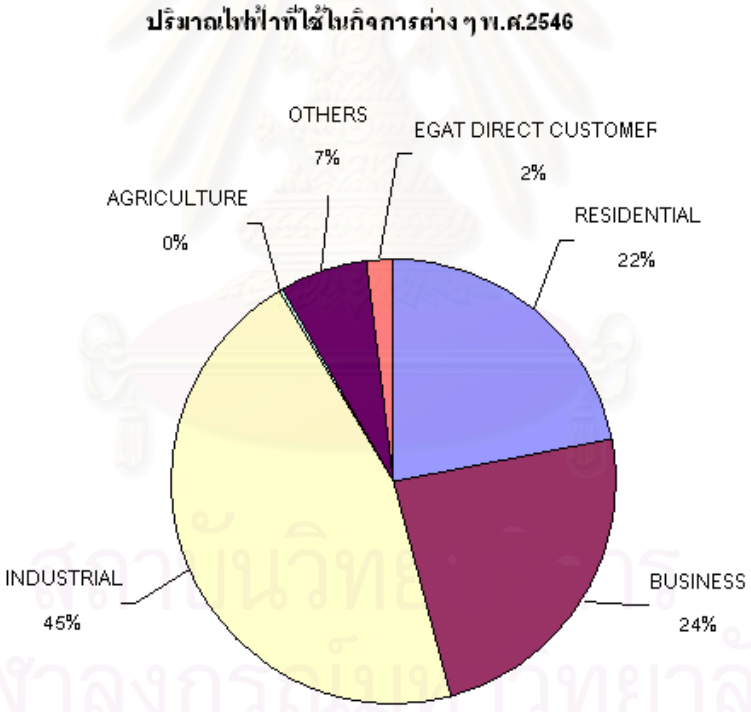
รูปที่ 4.36 ถังบำบัดด้วยการตกตะกอน 73
รูปที่ 4.37 ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป 73
รูปที่ 4.38 การบำบัดน้ำฝนเพื่อใช้ในการบริโภค 74
รูปที่ 4.39 ตำแหน่งห้องน้ำและห้องครัวในอาคาร 74
รูปที่ 4.40 ตำแหน่งระบบบำบัดน้ำในพื้นที่โครงการ 75
รูปที่ 4.41 รูปตัดแสดงการบำบัดและนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ 75
รูปที่ 5.1 แสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรมDOE ของบ้านทั่วไป 83
รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรมDOE ของบ้านแนวคิดยั่งยืน 83
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายเดือนของห้องนอน1ในบ้านแนวคิดยั่งยืน และบ้านทั่วไป 84
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายปีของห้องนอน1ในบ้านแนวคิดยั่งยืน และบ้านทั่วไป 84
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงภาระการปรับอากาศรายชั่วโมงของห้องนอน1จากส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร 85
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงพลังงานสะสมในวัสดุก่อสร้างบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป 91
รูปที่ 5.7 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องพักผ่อนในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุด ใน 1 ปี 96
รูปที่ 5.8 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน1 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุด ใน 1 ปี 97
รูปที่ 5.9 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน2 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุด ใน 1 ปี 99
รูปที่ 5.10 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน3 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุด ใน 1 ปี 100
รูปที่ 5.11 จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ในช่วงเวลาที่มีการใช้งาน 101
รูปที่ 5.12 จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ใน 1 ปี 102
รูปที่ 6.1 แผนภาพแสดงแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน 109

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่ขณะนี้ทั่วโลกให้ความสำคัญ คือ ปัญหาด้านพลังงาน แหล่งทรัพยากรและมลพิษ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องและมีผลกระทบโดยตรงกับมนุษย์ สถาปัตยกรรมมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาเหล่านี้ในฐานะที่เป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตให้แก่มนุษย์ที่ต้องใช้ทั้งพลังงาน น้ำ อากาศ และวัตถุดิบจากธรรมชาติ การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกสบายซึ่งต้องขับเคลื่อนด้วยพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดเช่น ไฟฟ้า น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆในแต่ละปี จากข้อมูลการใช้พลังงานในประเทศไทยปี พ.ศ.2546 เห็นได้ว่ามีการใช้พลังงานภาคที่อยู่อาศัยถึง 22% ของการใช้พลังงานทั้งหมด



รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย พ.ศ.2546

ที่มา :Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand. Electricity Consumption for the whole country[Online] Available from: http://www.eppo.go.th/info/T40.html[2005,Febuary 8]

นอกจากนี้การใช้ทรัพยากรยังทำให้เกิดผลกระทบตามมาอีกหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิโลกสูงขึ้น การลดลงของโอโซน การสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติและการเกิดมลพิษ เป็นต้น แนวโน้มการใช้น้ำสูงขึ้นเช่นเดียวกับการใช้พลังงาน เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบที่

สำคัญในทุกกิจกรรม เช่น เป็นส่วนประกอบในการผลิต ใช้ในการทำความสะอาด เป็นต้น ปริมาณการใช้น้ำที่มากขึ้นหมายถึงน้ำเสียที่เกิดมากขึ้นและแหล่งน้ำสะอาดลดลงเช่นกันหากไม่มีการจัดการบำบัดที่ดี การใช้วัตถุดิบธรรมชาติในการผลิตและการก่อสร้างอย่างสิ้นเปลืองนอกจากจะเป็นการทำลายธรรมชาติแล้วยังก่อให้เกิดขยะเป็นจำนวนมากอีกด้วย ในการกำจัดขยะส่วนใหญ่ยังใช้การฝังกลบซึ่งมีผลกระทบต่อดินและน้ำ นอกจากนี้ยังมีปัญหาของอากาศภายในอาคารที่คุณภาพต่ำเนื่องจากการระบายอากาศไม่เพียงพอ การใช้วัสดุที่มีสารเคมี เป็นต้น ให้เกิดปัญหาสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานและผลผลิตที่ได้ต่ำ จากปัญหาต่างๆข้างต้นทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาอย่างยั่งยืนขึ้น

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม เป็นต้น สถาปัตยกรรมเป็นอีกด้านที่รับแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีความยั่งยืน กล่าวคือแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนเป็นแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มีน้อยที่สุดและต้องสอดคล้องกับการใช้อาคารของมนุษย์

แนวคิดของสถาปัตยกรรมยั่งยืนให้ความสำคัญกับองค์ประกอบ 4 ส่วน[1] คือ

1. ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency)
2. คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)
3. คุณภาพน้ำ (Water Quality)
4. อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Conserving Natural Resources)

บ้านพักอาศัยถือเป็นสิ่งหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อสนองตอบความต้องการที่อยู่อาศัยพื้นฐานของมนุษย์ การออกแบบบ้านพักอาศัยในปัจจุบันมักให้ความสำคัญในช่วงการอยู่อาศัยใช้พลังงานในการใช้อาคารมากกว่าจะพิจารณาพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต การหาจุดที่เหมาะสมเพื่อให้การใช้พลังงาน วัสดุ และน้ำโดยรวมลดลงมากที่สุดและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารเป็นสิ่งที่น่าสนใจ การออกแบบบ้านโดยครอบคลุมทั้งระบบให้ส่วนต่างๆมีการทำงานประสานกันอย่างดีและให้ความสำคัญกับสิ่งต่างๆข้างต้นจึงเป็นการสร้างความยั่งยืนต่อไปในอนาคต

---

[1]Master Builders Association of King and Snohomish Counties, Washington. 2004. Built Green Features[Online]. Available from: http://www.builtgreen.net/features.html#2[December 20, 2004]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน
2. ออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์
3. ประเมินผลบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน เปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยทั่วไปในปัจจุบัน โดยใช้การจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ในการประเมินการใช้พลังงานและการคำนวณพลังงานรวมของวัสดุ(embodied energy) และปริมาณการใช้น้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบบ้านพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น สำหรับครอบครัวเดี่ยวสมาชิก 4 คน พื้นที่ใช้สอยประมาณ 150 ตารางเมตร อาคารตั้งอยู่บริเวณชานเมืองกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีพื้นที่ดินไม่เกิน 60 ตารางวา
2. ศึกษาพลังงานรวมของวัสดุ(embodied energy) ด้วยการคำนวณ การใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้น้ำด้วยการคำนวณ
3. ศึกษาสถาปัตยกรรมยั่งยืนในด้านเทคโนโลยีซึ่งจะไม่ครอบคลุมการศึกษาวิเคราะห์แนวคิดทางสังคมและ วัฒนธรรม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวิธีการและผลการศึกษามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือใช้ในการปรับปรุงอาคารอื่นๆที่ใช้แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนต่อไป
2. เสนอแบบบ้านพักอาศัยในแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน ที่เหมาะสมกับประเทศไทย
3. สร้างสำนึกในการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่สถาปนิก นักลงทุนพัฒนาที่ดิน รวมทั้งฝ่ายต่างๆในวงการอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศ

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดของสถาปัตยกรรมยั่งยืน จากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือ รายงายการวิจัย วารสาร รวมถึงบทความ ในอินเตอร์เนท และวิเคราะห์แนวคิดด้านต่างๆในการนำมาใช้กับอาคารในประเทศไทย

2. ศึกษาวิธีการประเมินผลอาคารในแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน เช่น วิธีการคำนวณพลังงานรวมวัสดุ เป็นต้น
3. เสนอแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในด้านต่างๆ
4. ออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนที่มีความเหมาะสม
5. วิเคราะห์และสรุปผลการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน เปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ด้วยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE2 เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร และการคำนวณเพื่อวิเคราะห์การใช้และหมุนเวียนน้ำ และ ด้านพลังงานรวมของวัสดุ(embodied energy)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของ “การพัฒนาอย่างยั่งยืน"

“การพัฒนาอย่างยั่งยืน” ได้ถูกใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาอย่างกว้างขวาง หมายถึงแนวคิดในการปฏิบัติเพื่อให้กระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่สามารถดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ความหมายของคำว่า”ยั่งยืน” ในแต่ละด้านมีความคล้ายคลึงกัน การพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรของมนุษย์ในปัจจุบันและในอนาคต กล่าวคือ อัตราการใช้ทรัพยากรของมนุษย์เพื่อตอบสนองความต้องการในปัจจุบันไม่ควรมากจนกระทั่งต้องลดความต้องการของมนุษย์ในอนาคต

ปัจจัยที่ทำให้เกิดความคาดหวังในอนาคตที่ยั่งยืนคือ ความเปลี่ยนแปลงจากการที่โลกร้อนขึ้นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการเพิ่มจำนวนประชากร เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลต่อปริมาณการบริโภคทรัพยากรของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

2.1.1 พื้นฐานของ”การพัฒนาอย่างยั่งยืน” เกิดจาก แนวคิด 2 ประการ[1] ได้แก่

2.1.1.1 แนวคิด "ความต้องการ" หมายถึง ความต้องการรักษามาตรฐานการใช้ชีวิตของมนุษย์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยความต้องการของมนุษย์ประกอบด้วยสิ่งพื้นฐาน ได้แก่ อาหาร เสื้อผ้า ที่อยู่อาศัย และอาชีพ และมนุษย์ทุกๆคนควรมีโอกาสเพื่อที่จะพยายามและปรับมาตรฐานชีวิตให้สูงขึ้นเหนือความจำเป็นพื้นฐาน

2.1.1.2 แนวคิด "ข้อจำกัด" ของปริมาณทรัพยากรเพื่อเติมเต็มความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต ข้อจำกัดของธรรมชาติ คือปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด สิ่งที่ดีที่สุดคือ การเติมเต็มความต้องการได้โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการบริโภค

Timothy O'Riordan [2] มีแนวคิด 2 ด้าน เกี่ยวกับความยั่งยืน คือ ด้านแข็ง(Strong Sustainable) และ ด้านอ่อน(Weak Sustainable) ด้านแข็ง คือแนวคิดว่าทุกสิ่งในสภาพแวด

---

[1]David Pearce, Anil Markandya and Edward Barbier, Blueprint for a Green Economy, (London: Earthscan Publications Ltd., 1989), pp.173-85.

ล้อมมีความสำคัญ และมีคุณประโยชน์ที่แตกต่างกัน ไม่สามารถนำสิ่งอื่นใดมาทดแทนกันได้ แม้แต่สิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น การทำลายบางสิ่งในสภาพแวดล้อมอาจส่งผลกระทบและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ จึงควรมีการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากร เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการผลิตทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต ส่วนด้านอ่อน คือ แนวคิดว่าความยั่งยืนในแต่ละด้านสามารถนำมาทดแทนกันได้ การทำลายทรัพยากรธรรมชาติสามารถชดเชยได้ด้วยสิ่งประดิษฐ์โดยมนุษย์มาทดแทนได้โดยมีค่าเท่าเทียมกัน

2.1.2 คำจำกัดความต่างๆของ "การพัฒนาอย่างยั่งยืน"

2.1.2.1. การพัฒนาให้เพียงพอกับปัจจุบันโดยไม่ต้องลดความต้องการของคนรุ่นต่อๆไป

Sustainable development is development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generation to meet their own needs.[3]

2.1.2.2. ปรับปรุงคุณภาพของชีวิตมนุษย์ ในการเป็นอยู่ในระบบนิเวศที่รองรับได้

[improves] . . . the quality of human life while living within the carrying capacity of supporting ecosystems.[4]

2.1.2.3. ใช้ทรัพยากรที่หมุนเวียน ไม่ได้ถูกทำลาย หรือทำให้ด้อยลง สำหรับรุ่นต่อไป ขณะที่รักษา สะสมทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำใต้ดิน และชีวมวล

[uses] . . . natural renewable resources in a manner that does not eliminate or degrade them or otherwise dimish their renewable usefulness for future generations while maintaining effectively constant or non-declining stocks of natural resources such as soil, groundwater, and biomass.[5]

---

[2] O'Riordan, T., and Jiger, J. (eds.), Politics of Climate Change: A European perspective, First Edition(London: Routledge, 1996), p.147.

[3] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, (New York : Oxford University Press, 1987), p. 4.

[4] International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), World Conservation Union, United Nation Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF), Caring for the Earth, (Switzerland: IUCN/UNEP/WWF, 1991), p.10.

[5] World Resources Institute, "Dimensions of sustainable development," in World Resources 1992-93: A Guide to the Global Environment, (New York: Oxford University Press, 1992), p. 2.

2.1.2.4. เป็นผลประโยชน์ของการพัฒนาด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อรักษาคุณภาพของทรัพยากร

[maximizes] . . . the net benefits of economic development, subject to maintaining the services and quality of natural resources.[6]

2.1.2.5. การตัดสินใจในปัจจุบันต้องไม่ทำลายความคาดหวังของการรักษาหรือปรับปรุงมาตรฐานความเป็นอยู่ในอนาคต ....นั่นคือการจัดการด้านเศรษฐศาสตร์โดยการจัดสรรทรัพยากร และปรับปรุงพื้นฐานของทรัพยากรที่มีอยู่

[is based on the premise that] . . . current decisions should not impair the prospects for maintaining or improving future living standards . . . This implies that our economic systems should be managed so that we live off the dividend of our resources, maintaining and improving the asset base.[7]

2.1.2.6. เป็นแนวคิดเพื่อสร้างการเติบโตของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชีวิตมนุษย์ซึ่งมีพื้นฐานบนระบบที่สามารถรักษาการเติบโตนี้ได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด

. . . is taken to mean a positive rate of change in the quality of life of people, based on a system that permits this positive rate of change to be maintained indefinitely.[8]

2.1.2.7. เป็นความมั่นคงเศรษฐศาสตร์ นำไปสู่การพัฒนาที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เกิดความพึงพอใจของมนุษย์ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของทรัพยากรแต่ไม่เพิ่มการใช้ทรัพยากร

. . . is a physically steady-state economy that may continue to develop greater capacity to satisfy human wants by increasing the efficiency of resource use, but not by increasing resource throughput.[9]

---

[6] R. Goodland and G. Ledec, "Neoclassical economics and principles of sustainable development," Ecological Modeling 38, (1987): 36.

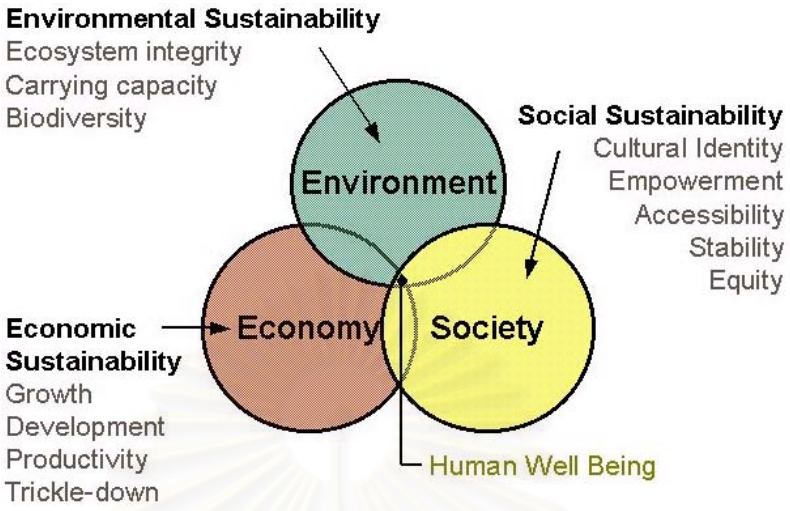
[7] R. Repetto, World Enough and Time, (New Haven : Yale University Press, 1986), pp.15-16.

[8] L. M. Eisgruber, Sustainable development, ethics, and the Endangered Species Act, Choices, Third Quarter (1993): 4-8.

[9] H. E. Daly, Steady state economics: concepts, questions, and politics, Ecological Economics 6 (1992): 333-338.

2.1.3. องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

การพัฒนาอย่างยั่งยืน เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ที่มา : Sam C M Hui. Sustainable Architecture[Online]. Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm[2004, Febuary 15]

2.1.3.1. ด้านเศรษฐศาสตร์

ก. สร้างสรรค์โอกาสใหม่ๆในด้านการตลาดลดค่าใช้จ่าย

ข. ลดปริมาณการใช้พลังงานและวัตถุดิบ โดยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร

ค. สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลผลิต

2.1.3.2. ด้านสิ่งแวดล้อม

ก. ลดปริมาณขยะ และสารพิษต่างๆที่คายสู่บรรยากาศ

ข. ลดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

ค. ใช้วัตถุดิบจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน

ง. หลีกเลี่ยงการใช้สารพิษ

2.1.3.3. ด้านสังคม

ก. สร้างความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์

ข. คำนึงถึงผลกระทบต่อท้องถิ่น ชุมชน และ คุณภาพชีวิต

ค. ให้ความสำคัญกับผู้ด้อยโอกาส เช่น ผู้พิการ

2.2 การพัฒนาแนวคิดยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรม

เมื่อมนุษย์เริ่มสร้างอาคาร ได้มีการออกแบบให้ตอบสนองต่อการใช้สอย สภาพแวดล้อม วัฒนธรรมและพื้นที่ดิน อาคารส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากวัสดุในท้องถิ่นและมีการคำนึงถึงคุณภาพการอยู่อาศัยที่ดีคือ มีแสงสว่าง ความอบอุ่นและความสบาย ในช่วงหลังยุคอุตสาหกรรมและยุคหลังสมัยใหม่(Post-Modern) มนุษย์ได้ใช้ชีวิตส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคาร และด้วยวิวัฒนาการทางอุตสาหกรรมทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีในการก่อสร้างเช่นกัน เช่น มีการผลิตวัสดุในระบบอุตสาหกรรมทำให้การขนส่งวัสดุต้องเพิ่มระยะทางมากขึ้น การออกแบบพื้นฐานที่ใช้แสงและการระบายอากาศธรรมชาติกลับเปลี่ยนเป็นการใช้อุปกรณ์เครื่องกลช่วยปรับสภาพอากาศภายในอาคารโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศภายนอกอาคารแม้แต่น้อย ด้วยเทคโนโลยีทำให้สามารถสร้างอาคารที่เหมือนกันในที่ใดๆก็ได้ในโลก ได้มีการกำหนดสภาวะหน้าสบายที่เป็นมาตรฐานของทุกสภาพภูมิอากาศ สิ่งเหล่านี้ทำให้มนุษย์ห่างไกลกับธรรมชาติมากขึ้นทุกที

เมื่อเกิดวิกฤตด้านพลังงาน สถานการณ์ขาดแคลนน้ำมัน และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้น ทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมขึ้น ในอดีตความสนใจทางสถาปัตยกรรมมุ่งไปที่ขนาดของอาคารเป็นหลัก ต่อมาเมื่อปริมาณตลาดอาคารและบ้านค่อนข้างอิ่มตัวในหลายประเทศ ความต้องการด้านคุณภาพเริ่มมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกจึงให้ความสนใจในด้านการอนุรักษ์พลังงานเป็นหลัก ต่อมาในช่วงปี คศ.1990 ได้เริ่มหันมาสนใจด้านอื่นๆ เช่น คุณภาพน้ำ และการอนุรักษ์น้ำ แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นต้น เกิดงานสถาปัตยกรรมหลายงานที่ให้ความสำคัญ สร้างแนวคิดใหม่ๆ เช่น การใช้แสงธรรมชาติ การระบายอากาศ ทำความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานถึง 50% และในที่สุดก็มุ่งสู่การสร้าง “Energy Zero” หรือ อาคารที่นอกจากสามารถผลิตพลังงานใช้เองแล้วยังสามารถส่งพลังงานที่ผลิตได้เข้ามายังระบบพลังงานส่วนกลางด้วย ซึ่งโดยส่วนใหญ่สถาปนิกมักคำนึงถึงพลังงานมากกว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

กิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอาคารล้วนมีการบริโภคพลังงานและทรัพยากรต่างๆมากมาย และยังมีการคายก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ ตัวอย่างปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในสหรัฐอเมริกาแต่ละปี [10]

ก. การก่อสร้างและการใช้อาคารใช้พลังงาน 40% ของพลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

---

[10] Walker Wells and Denis Lofman. Greening Affordable Housing[PowerPiont]. Available from: www.globalgreen.org[June 18,2004]

ข. ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือน 30% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้น

ค. น้ำ 16% จากการใช้อาคารและการทำความเย็น บริโภควัตถุดิบ 40% ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่ผลิตในประเทศ

ง. ใช้ไม้ 25% ของไม้ทั้งหมดที่ผลิตขึ้นในโลก

จ. ก่อให้เกิดขยะ 20%-30% ของขยะที่ต้องการฝังกลบในประเทศสหรัฐอเมริกา

เห็นได้ว่าในการก่อสร้างอาคารหลังหนึ่งต้องมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมหาศาลและทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาคารเป็นส่วนย่อยส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน์และโครงสร้างทางวัฒนธรรม การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคนและสิ่งแวดล้อม โดยให้ความสำคัญกับนิเวศน์ของมนุษย์และระบบธรรมชาติเท่าเทียมกัน และรักษาและพัฒนาคุณภาพชีวิตภายในปริมาณของแหล่งทรัพยากรและระบบนิเวศน์ของโลก จะทำให้การใช้ชีวิตของมนุษย์ปราศจากการทำลายสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการออกแบบควรมีความเข้าใจในลักษณะของโครงการ การใช้พลังงานและระดับของการระบายสิ่งที่เป็นพิษและแหล่งทรัพยากร นอกจากนี้อาคารยังมีอิทธิพลสำคัญต่อมนุษย์ในด้านความเป็นอยู่ สภาพทางกายภาพ อารมณ์ เศรษฐศาสตร์ และผลผลิต

นโยบายการสร้างอาคารยั่งยืนเป็นเครื่องมือในการสร้างความสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมในภาคการก่อสร้างและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้อาคาร การออกแบบอาคารยั่งยืนนำไปสู่การออกแบบของอาคารทุกๆขนาดและทุกๆประเภทและกลายเป็นแนวคิดในการออกแบบเพื่อท้องถิ่น วัฒนธรรม ธรรมชาติ และสภาพภูมิอากาศ ในขณะที่มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้อาคารมากยิ่งขึ้นแล้วยังคำนึงถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

2.3 แนวคิดความยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรม

หลักการของความยั่งยืน คือ การจัดการ สร้างและรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและคำนึงถึงระบบนิเวศน์ อาคารได้สร้างผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตลอดเวลาตั้งแต่ระยะแรก การปรับปรุงพื้นที่ก่อสร้างและการก่อสร้างมีอิทธิพลกับลักษณะระบบนิเวศในพื้นที่ การผลิตวัสดุก่อสร้างส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลก มีการบริโภควัสดุ และสร้างขยะเป็นปริมาณมาก เป้าหมายของการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืน คือ ค้นหาทางออกในด้านสถาปัตยกรรมที่สามารถทำให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถอยู่ร่วมกับองค์ประกอบอื่นๆที่มีอยู่บนโลกได้

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรมทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบอาคาร เช่น

2.3.1. อาคารสีเขียว (Green Building)

เป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืน และการออกแบบอาคารสีเขียว คือ สร้างสรรค์ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างมนุษย์และสภาพแวดล้อม ในการออกแบบอาคารยั่งยืน ระบบนิเวศระหว่างมนุษย์และธรรมชาติได้ถูกให้ความสำคัญเท่ากัน การออกแบบอาคารสีเขียวและการพัฒนาเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตภายใต้ปริมาณแหล่งทรัพยากรโลกและระบบนิเวศ การออกแบบอาคารยั่งยืนต้องเข้าใจถึงผลกระทบของการกระทำของเรา การออกแบบและพัฒนาไม่ใช่กิจกรรมทางเศรษฐศาสตร์ที่มีพื้นฐานอยู่บนความเชื่อของการเจริญเติบโตที่ไม่มีที่สิ้นสุด แต่ต้องเข้าใจกระแสพลังงาน วัฏจักรห่วงโซ่อาหาร และรูปแบบความสัมพันธ์ของธรรมชาติ เพื่อสร้างสรรค์ความเป็นอยู่ของมนุษย์โดยไม่เป็นการทำลายสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ

2.3.2. อาคารยั่งยืน (Sustainability Architecture)

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ได้ให้ความหมาย“อาคารยั่งยืน” ว่าเป็นอาคารที่ลดการเกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และอาจหมายถึง อาคารที่มีคุณภาพในด้านต่างๆ คือ เศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม ใช้ทรัพยากร และมีการจัดการอย่างเหมาะสม ลดการใช้พลังงานและพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารโดยการผสมผสานและจัดระบบอาคารต่างๆให้สัมพันธ์กัน ซึ่งพิจารณาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยใช้ระเบียบวิธีในการวิเคราะห์กระบวนการและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละช่วงระยะเวลาของอายุอาคาร

2.3.3. Environmental Architecture

หลักการ 5 ข้อ ของ Environmental architecture[11] สภาพแวดล้อมภายในที่ส่งเสริมสุขภาพ

ก. ประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

ข. เลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

---

[11] Thomas A. Fisher. 1992. Environmental Architecture. Sustainable Architecture[Online]. Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#2.2[2004,JUNE 5]

ค. ออกแบบรูปทรงและผังอาคาร สร้างความกลมกลืนและความสัมพันธ์ระหว่างผู้อยู่อาศัยและธรรมชาติ

ง. พิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใช้สอย รูปทรงอาคาร ระบบประกอบอาคาร และเทคโนโลยีก่อสร้าง ความเกี่ยวเนื่องกับประวัติศาสตร์ อาคารที่สร้างขึ้นต้องใช้งานสะดวกและมีความสวยงาม

2.3.4 Ecological Building

เป็นความเคลื่อนไหวที่มุ่งสร้างความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน และการจัดการธรรมชาติและแหล่งทรัพยากร ให้เกิดการทำลายทรัพยากรซึ่งได้แก่ น้ำ ดิน และอากาศน้อยที่สุด

จากการศึกษาความหมายของแนวคิดต่างๆที่มีพื้นฐานจากการพัฒนาอย่างยั่งยืน เห็นได้ว่าความหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรมหมายถึงการพัฒนาสถาปัตยกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม โดยที่ผู้ใช้อาคารยังต้องมีคุณภาพชีวิตที่ดี มิใช่หมายถึงอายุการใช้งานของสถาปัตยกรรมที่ยืนยาวตามที่เข้าใจกันทั่วไป

ตาราง 2.1 ตารางเปรียบเทียบแนวคิดทางสถาปัตยกรรมที่ได้รับอิทธิพลของแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

	Sustainability Architecture	Green Building	Ecological Building	Environment Architecture
ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	/ [2]		/ [6]	/ [7]
ประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน	/ [1]	/ [3]	/ [6]	/ [7]
ประสิทธิภาพในการใช้น้ำ	/ [1]	/ [3]		/ [7]
ประสิทธิภาพในการใช้วัสดุ	/ [1]	/ [3]		/ [7]
การใช้สอยพื้นที่อาคาร			/ [6]	
การใช้พลังงานหมุนเวียน	/ [1]			/ [7]
ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์		/ [8]		
การผสมผสานระบบอาคาร	/ [6]	/ [8]		
การบำรุงรักษาอาคาร	/ [1]			
ความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร	/ [2]			
การจัดการขยะและของเสีย	/ [1]	/ [3]		
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	/ [1]	/ [4]	/ [6]	
มลพิษต่อสิ่งแวดล้อม	/ [1]	/ [8]		

ตาราง 2.1(ต่อ) ตารางเปรียบเทียบแนวคิดทางสถาปัตยกรรมที่ได้รับอิทธิพลของแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน				
การรีไซเคิล	Sustainability Architecture	Green Building	Ecological Building	Environment Architecture
พลังงานสะสมในวัสดุ	/[2]	/[8]		
การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่	/[2]	/[5]		
ความสัมพันธ์กับที่ตั้งอาคาร	/[1]	/[3]	/[6]	

/[1] - S.J. Hayter, P.A. Torcellini and others, " Desgning for Sustainability," Present at the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE) Conference. Dublin, Ireland' September 20-22,2000.

/[2] - Jong-Jin Kim, Brenda Rigdon and Jonathan Graves, "Introductory Module," in Pollution Prevention in Architecture. National Pollution Prevention Center for higher education, 1998.

/[3] - The Integrated Waste Management Board(IWMB), Green Building Basic[Online] Available from : www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/ [May 25,2003]

/[4] - Department of Environmental Services, Inspection Services Division; Arlington County, Residential Green Building Program General Concept, Green Home Choice Committee, 2003.

/[5] - The OECD Project, Organisation for Economic Co-operation and Development, "Sustainable Construction," Sustainable Architecture[Online] Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#1.[May 25,2003]

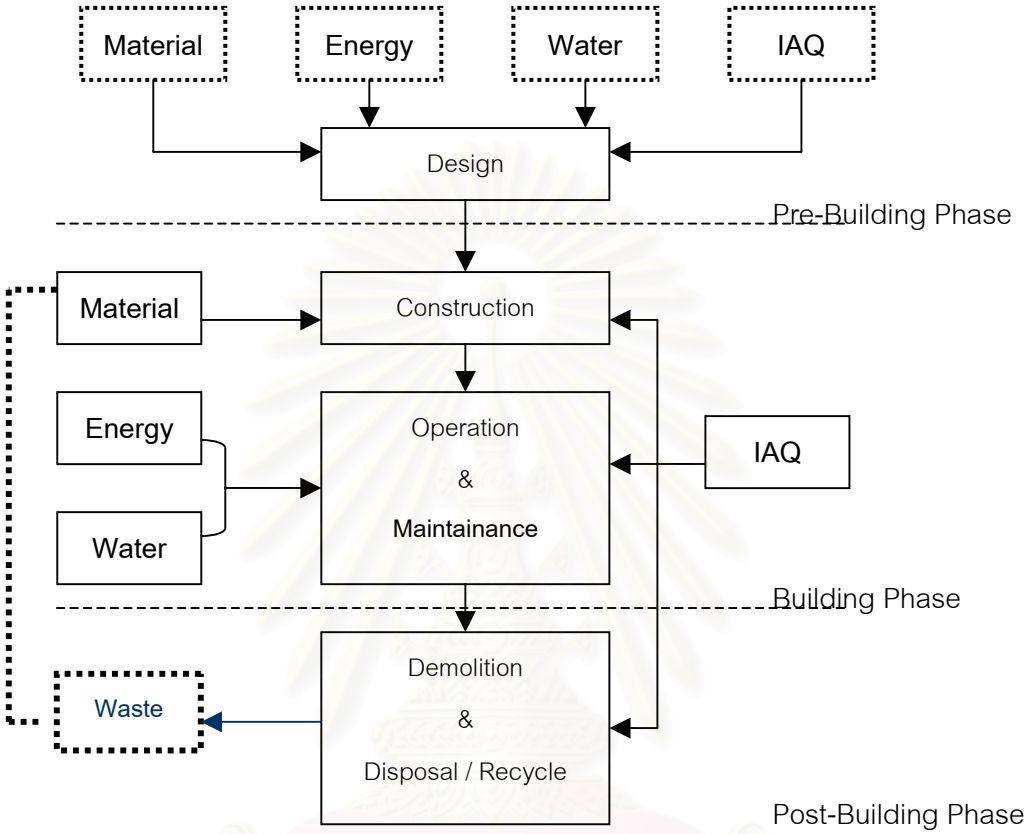
/[6] - Thomas A. Fisher. 1992. Environmental Architecture. Sustainable Architecture[Online]. Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#2.2[2004,JUNE 5]

/[7] - Sam C M HUI, Sustainable Architecture[Online] Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#1.[May 25,2003]

/[8] - Tom Woolley and others, Green Building Handbook Volume1, (London: Spon Press, 2001), p.5

2.4 องค์ประกอบสถาปัตยกรรมยั่งยืน

สถาปัตยกรรมยั่งยืนมีองค์ประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กับอาคารตั้งแต่การออกแบบอาคารจนกระทั่งการรื้อถอน ทำลายอาคาร ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

จากแผนภาพจะเห็นได้ว่า แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนต้องมีการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร(life cycle assessment) ตั้งแต่เริ่มโครงการ การออกแบบอาคาร การก่อสร้าง การใช้อาคาร รวมถึงการรื้อถอนอาคาร ซึ่งในแต่ละช่วงเวลามีองค์ประกอบหลายส่วนเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่

2.4.1. พลังงาน

การใช้พลังงานในอาคารมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งแรกๆที่ควรให้ความสำคัญ อาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดค่าใช้จ่าย และสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคารรวมถึงลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การตัดสินใจในช่วงการออกแบบและก่อสร้างอาคารมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวตลอดช่วง

ชีวิตอาคาร ซึ่งในการออกแบบอาคารที่ใช้อาคารอย่างมีประสิทธิภาพต้องเข้าใจความสัมพันธ์ของระบบอาคารต่างๆซึ่งระบบเหล่านี้ได้รับผลโดยตรงกับความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและความสบายของผู้ใช้อาคาร

2.4.1.1. แหล่งพลังงาน

ออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างมีประสิทธิภาพ ผสมผสานระบบการหมุนเวียนพลังงานกลับมาใช้ใหม่ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ การระบายอากาศธรรมชาติ พลังงานจากลม น้ำ ความร้อนเพื่อนำมาใช้ร่วมกัน

2.4.1.2. ประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

อาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดค่าใช้จ่ายและสร้างความสบายให้แก่ผู้ใช้อาคาร รวมถึงส่งเสริมสภาพแวดล้อม ซึ่งสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการสร้างประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้แก่

2.4.1.2.1. พื้นที่ดิน และ ภูมิทัศน์

การเลือกพื้นที่ดินมีผลต่อการออกแบบอาคารเป็นอย่างมาก แต่โดยส่วนใหญ่การเลือกพื้นที่ในการก่อสร้างพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก ควรเลือกพื้นที่ที่เข้าถึงง่ายโดยระบบขนส่งมวลชน รักษาสภาพทางกายภาพเดิมของพื้นที่ แต่ละพื้นที่มีลักษณะเฉพาะซึ่งในการออกแบบสถาปัตยกรรมย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นๆอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบ คือ สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมควรเลือกต้นไม้ที่ต้องการการดูแลรักษาง่าย ใช้สารเคมีน้อย อาจเป็นต้นไม้พื้นถิ่นที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่อยู่แล้ว

2.4.1.2.2. การวางตัวอาคาร

การวางตัวอาคารเพื่อได้รับแสงสว่างและลมอย่างเหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร และวางตำแหน่งอาคารภายในพื้นที่ดินให้สัมพันธ์กับพื้นที่ ใช้งานภายนอกบ้าน ทิศทางลม และมลพิษจากถนน

2.4.1.2.3. เปลือกอาคาร

เปลือกอาคารมีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานทำความเย็นในอาคารเป็นอย่างมาก สามารถลดการใช้พลังงานได้โดยใช้วัสดุที่มี

ค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร และช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร

ก. ประตูและหน้าต่าง ตำแหน่งและขนาดของประตู หน้าต่างควรพิจารณาจาก ทิศทางลมเพื่อการระบายอากาศธรรมชาติ และการรับแสงธรรมชาติ ควรมีการบังแดดให้แก่ช่องเปิดของอาคารเพื่อลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรง (direct sunlight) ส่วนที่เป็นกระจกควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสูง กรอบประตูหน้าต่างควรเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ

ข. ผนังและหลังคา เป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังคาซึ่งได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงตลอดวัน ควรใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง วัสดุสีอ่อนช่วยสะท้อนความร้อนได้ดีกว่าวัสดุสีเข้ม

2.4.1.2.4. รูปทรงอาคาร

การระบายอากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบทางกายภาพของสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง อาคารที่ใช้การระบายอากาศในช่วงกลางวันอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเดียวกัน

การออกแบบรูปทรงอาคารในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นมี 2 แนวทางในการลดการใช้พลังงาน คือ

ก. ลดอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวอาคารต่อปริมาตรอาคาร มีฉนวนป้องกันความร้อน เพื่อลดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร และยังลดปริมาณวัสดุก่อสร้างด้วย เหมาะสมกับส่วนที่มีการปรับอากาศ

ข. ออกแบบผังพื้นที่มีพื้นที่ผนังมากเพื่อเพิ่มการระบายอากาศธรรมชาติ และเพิ่มแสงธรรมชาติ ในเวลากลางคืนการคายความร้อนจากผนังอาคารเร็วกว่าอาคารที่พื้นที่ผนังน้อย

2.4.1.2.5. ระบบทำความเย็นภายในอาคาร

ระบบปรับอากาศภายในอาคารเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุด การลดความร้อนที่เข้ามาในอาคารสามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศได้ การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและมีการบำรุงรักษาที่ดีจะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.1.2.6. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์อื่นๆ

การใช้แสงธรรมชาติและใช้อุปกรณ์ดวงโคมที่มีคุณภาพช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างได้ ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ต่างได้มีการพัฒนาให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีการให้เครื่องหมาย Energy star สำหรับอุปกรณ์ที่ผ่านการรับรองประสิทธิภาพด้านพลังงานแล้ว และมีการบำรุงรักษาที่ดี ระบบไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับแสงเพื่อใช้ร่วมกับแสงธรรมชาติช่วยลดการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี

2.4.2. วัสดุ

วัฏจักรของวัสดุอาคารเริ่มพิจารณาตั้งแต่การผลิตวัสดุต่อเนื่องไปจนตลอดกระทั่งการรื้อถอนอาคารเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมลดการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองในการก่อสร้างและการใช้สอยอาคาร เพื่อสร้างความยั่งยืนในการรองรับการอยู่อาศัยและกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ การใช้วัสดุและการเกิดของเสียส่วนใหญ่เกิดในช่วงการก่อสร้างอาคาร หลังจากการก่อสร้างมีการใช้วัสดุเพื่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซม และกิจกรรมอื่นๆเพื่อสนับสนุนกิจกรรม การใช้สอยอาคาร ซึ่งในที่สุดวัสดุต่างๆเหล่านี้จะออกจากระบบโดยนำมารีไซเคิลหรือนำไปฝังกลบ

2.4.2.1. วัสดุท้องถิ่น

การใช้วัสดุท้องถิ่นในการก่อสร้างช่วยลดพลังงานในการขนส่งได้ และวัสดุพื้นถิ่นส่วนใหญ่มักมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้นๆอยู่แล้ว

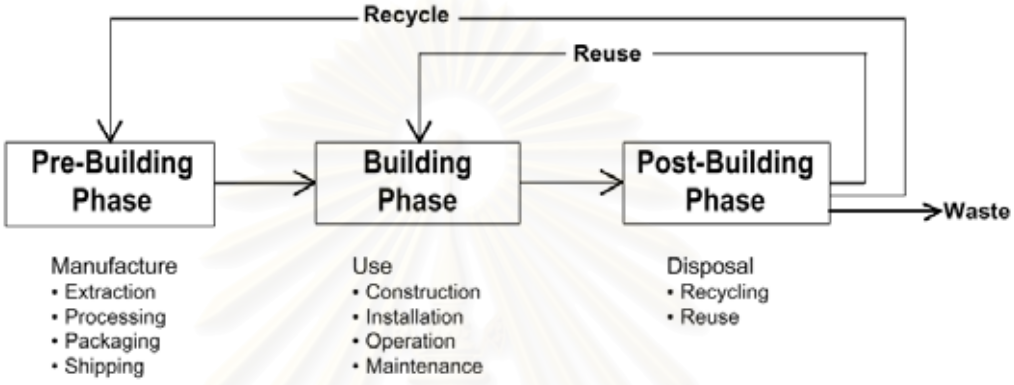
2.4.2.2. การลดปริมาณการใช้วัสดุ = ลดปริมาณการเกิดขยะ(Reduce)

การลดปริมาณการใช้วัสดุทำได้ตั้งแต่การออกแบบพื้นที่ใช้สอยและโครงสร้าง เช่น การออกแบบพื้นที่ให้มีขนาดเหมาะสมกับขนาดมาตรฐานของวัสดุพื้นผิวที่ใช้เพื่อไม่ให้เกิดเศษวัสดุ, การใช้โครงถักซึ่งใช้วัสดุน้อยแต่สามารถรับแรงได้ดี, การใช้ระบบสำเร็จรูป, วัสดุที่ผลิตสำเร็จ เป็นต้น นอกจากสามารถลดการเกิดขยะแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้อีกด้วย

รูปที่ 2.3 ไม้โครงสร้างคาน

2.4.2.3. พลังงานสะสมรวม(embodied energy)

ในเชิงวิทยาศาสตร์สสารและพลังงานที่มีอยู่ในโลกสามารถแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด การวิเคราะห์พลังงานสะสมรวมของวัสดุใช้วิธีประเมินวัฏจักรชีวิต(life cycle assessment) ซึ่งเป็นการคิดคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ตั้งแต่ในการผลิต การขนส่ง และการใช้งาน และมีการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นรวมถึงประเมินผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพ



รูป 2.4 กระบวนการของวัสดุในแต่ละช่วงชีวิตของอาคาร

ที่มา: Joanna Glover, Which is Better? Steel, Concrete or Wood: A Comparison of Assessments On Three Building Materials In the Housing Sector[Online]. Available from: http://www.boralgreen.shares.green.net.au/research3/chap1.htm[September 17, 2004]

รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงทรัพยากรที่ใช้ในอาคารและผลที่เกิดขึ้นจากอาคาร

2.4.2.4. การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle ,reuse)

แนวทางการนำกลับมาใช้ใหม่สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและพลังงานในการผลิตวัสดุ และลดปริมาณขยะและของเสียอีกด้วย โดยการนำกลับมาใช้ใหม่อาจเป็นการนำกลับมาใช้ตามประโยชน์ใช้สอยเดิมหรือนำเข้าสู่กระบวนการแปรสภาพเพื่อใช้ประโยชน์อื่นๆ ซึ่งต้องมีระบบการจัดการที่ดี

2.4.2.5. ความเป็นพิษของวัสดุ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัสดุต่างๆที่นำมาใช้ในอาคารควรเป็นวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้อาคารและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยด้วย วัสดุที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของสัตว์ แมลงหรือแบคทีเรียจากอากาศและสภาพแวดล้อมทำให้เกิดกลิ่น เชื้อรา ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์อาจทำให้เกิด

อาการแพ้ได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุที่มีสารระเหย ฝุ่นละออง และสารก่อมะเร็ง เห็นได้ว่าการเลือกวัสดุมีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วย

2.4.2.6. ความคงทนของวัสดุ

วัสดุที่มีความคงทน ต้องการการบำรุงรักษาน้อยช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดูแลอาคารได้มาก การพิจารณาเลือกใช้วัสดุนอกจากจะพิจารณาราคาซื้อแล้วยังต้องพิจารณาอายุของวัสดุด้วย

2.4.2.7. ตัวอย่างวัสดุก่อสร้างอาคาร

ก. คอนกรีต เป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วย หินปูน และซีเมนต์ซึ่งใช้พลังงานในการผลิตมาก คอนกรีตทำให้เกิดขยะจากการการก่อสร้างและรื้อถอนมากที่สุดซึ่งมักนำไปถมที่ดินและถนน

ข. คอนกรีตผสมเถ้าลอย(fly ash concrete) คือ คอนกรีตที่มีการนำเถ้าลอยที่เกิดจากการเผาถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้ามาผสมในคอนกรีตแทนซีเมนต์ในปริมาณ 15%-20%ของปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตโดยปกติ ช่วยลดปริมาณพลังงานสะสมของวัสดุ,ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตและการเกิดมลพิษในการผลิตรวมถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย นอกจากนี้ยังทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง ลดการซึมน้ำลดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมและทนทานต่อสารซัลเฟต

ค. เหล็ก เป็นวัสดุที่มีความทนทานแข็งแรง ไม่มีการคายสารพิษ มีพลังงานสะสมในวัสดุสูงแต่สามารถนำเหล็กมารีไซเคิลได้หลายครั้งโดยคุณภาพของวัสดุไม่ลดลง โดยเหล็กจากการรีไซเคิลใช้พลังงานเพียง 1/4ของพลังงานที่ใช้ผลิตเหล็กจากแร่และลดมลพิษและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตได้

ง. ไม้ เป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างตั้งแต่ในอดีต ปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณภาพและความคงทนของไม้โดยใช้สารเคมี จัดว่าเป็นวัสดุจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนซึ่งต้องอาศัยการจัดการที่ดี โดยบางประเทศในยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการจัดตั้งองค์กรเพื่อรับรองไม้ที่มาจากป่าไม้ที่มีการจัดการที่ดี

จ. อิฐ ใช้พลังงานในการผลิตค่อนข้างมาก การผลิตพลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐทำให้เกิดก๊าซพิษ

ฉ. ซีเมนต์ ผลิตจากหินปูนซึ่งใช้พลังงานในการผลิตมาก ระหว่างการผลิตเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์และอาจมีส่วนผสมของโลหะหนักซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์

ช. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง(MDF) ใช้พลังงานในการตัดอัดและอบ โดยมีส่วนผสมของเรซินประมาณ 14% สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ 3-5 ครั้ง หรือรีไซเคิลโดยการนำกลับเข้ากระบวนการผลิตและเพิ่มปริมาณเรซิน

ซ. ไม้อัด การผลิตมีการใช้สารระเหยและทำให้เกิดฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก สารอันตรายที่ใช้ในการผลิต เช่น ฟอร์มัลไฮด์

ฌ. แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ ส่วนผสมหลักคือซีเมนต์ผสมไม้จากการรีไซเคิลสามารถใช้ในงานภายนอกอาคารได้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดจากซีเมนต์

ญ. อลูมิเนียม เป็นวัสดุที่มีพลังงานสะสมสูงมาก แต่ในการรีไซเคิลใช้พลังงานลดลง 80%-95% เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตมากกว่าเหล็กถึง 2 เท่า และยังเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ด้วย

ฎ. ฉนวนเซลลูโลส เป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม มีพลังงานสะสมต่ำ มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิลประมาณ 75% และผสมสารบอแรกซ์เพื่อป้องไฟและแมลง วัสดุชนิดนี้ไม่ควรติดตั้งในจุดที่มีความชื้น

ฏ. ฉนวนใยแก้ว สามารถผลิตจากวัสดุรีไซเคิลจากการผลิตกระจก มีผลกับคุณภาพอากาศภายในเช่นเดียวกับแอสเบสทอส ปัจจุบันมีการบุผิวด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ทั้ง2ด้าน

2.4.3. น้ำ

2.4.3.1. การลดปริมาณการใช้น้ำ

การลดการใช้น้ำเท่ากับลดปริมาณน้ำเสียที่จะต้องนำกลับมาบำบัดเช่นกัน โดยการเลือกใช้อุปกรณ์อาคารที่ประหยัดน้ำ ภูมิทัศน์เป็นส่วนสำคัญที่มีการใช้น้ำมากเช่นกัน สามารถลดการใช้น้ำโดยเลือกพืชพรรณในท้องถิ่น ระบบการรดน้ำต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2.4.3.2. การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

น้ำเสียจากการใช้ภายในบ้านสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งโดยการบำบัด เช่น น้ำจากอ่างล้างมือ หรือน้ำจากการซักล้างสามารถนำมาใช้รดน้ำต้นไม่ เป็นต้น

2.4.3.3. การกักเก็บน้ำฝน

การกักเก็บน้ำฝนเพื่อใช้ในการอุปโภค เป็นแนวทางในการใช้น้ำอย่างคุ้มค่า ปริมาณน้ำคำนวณได้จากสูตร[12]

ปริมาตรน้ำ(แกลลอน)=พื้นที่รับน้ำ(ตร.ฟุต) * ปริมาณน้ำฝน(ฟุต) * 0.9 * 7.5

0.9 คือ อัตราการสูญเสียในระบบ

7.5 คือ ตัวคูณแปลงหน่วย

2.4.4. คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

2.4.4.1. ความสบายเชิงอุณหภาพ (Thermal Comfort)

สภาพแวดล้อมรอบๆตัวมนุษย์ควรมีอุณหภูมิต่ำกว่าความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญของร่างกาย เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมทำให้ร่างกายรู้สึกสบายขึ้น ร่างกายของคนปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 36.8 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวหนัง 33.7 ºC Givoni นักวิทยาศาสตร์ชาวอิสราเอลได้ให้คำจำกัดความของสภาวะน่าสบายว่า “สภาวะน่าสบายคือช่วงของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาเห็นว่าน่าสบายและยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงการปราศจากความรู้สึกร้อนและความเปียกชื้นที่ผิวหนัง[13] โดยสภาวะน่าสบายของคนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

ก. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพาและการนำความร้อนออกจากร่างกาย เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงจะทำให้การพาและการนำความร้อนจากร่ายกายได้ไม่ดีเท่าอุณหภูมิต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

12 Low Impact Development Center, Inc. Sizing of Rain Barrels and Cisterns[Online] Available from http://www.lid-stormwater.net/[January 4,2005]

[13] อรรจน์ เศรษฐบุตร, “สภาวะน่าสบาย,” ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย, (กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547), หน้า5-3.

ข. ความชื้นสัมพัทธ์ วัดได้จากอัตราส่วนของไอน้ำในอากาศกับจำนวนไอน้ำสูงสุดที่อากาศในอุณหภูมินั้นสามารถอุ้มอยู่ได้[14] หากความชื้นสัมพัทธ์สูงและอุณหภูมิอากาศสูงจะทำให้รู้สึกไม่สบาย อึดอัด

ความเร็วลม การเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังด้วยการพาความร้อนมากขึ้น มนุษย์ต้องการความเร็วลมที่มากกว่า 0.80 เมตร/วินาทีเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายในห้องที่ร้อนและชื้นกว่าปกติ[15] ซึ่งเป็นความเร็วลมที่รู้สึกสบายโดยรู้ว่ามีลม มนุษย์จะรู้สึกเย็นลง กว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.4^{0}C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ชม.[16]

ค. อุณหภูมิผิววัตถุแวดล้อม(MRT) มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหนังกับสภาพแวดล้อมด้วยการแผ่รังสีความร้อน หาก MRT ต่ำลง 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 1.4องศาเซลเซียส[17]

ง. มนุษย์ ขึ้นอยู่กับระดับของเสื้อผ้า, อัตราเผาผลาญของร่างกาย, อายุ, สีผิว ,กิจกรรม ฯลฯ

2.4.4.2. คุณภาพอากาศภายในอาคาร

sick building syndrome (SBS) เกิดขึ้นในปี คศ.1970 เมื่อมีการรายงานว่าผู้ใช้อาคาร อาจได้รับ ผลกระทบบางอย่างจากการที่อยู่ภายในอาคาร เช่น อาการระคายเคืองตา วิงเวียน อาการปวดหัว เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้จะหายไปเมื่อออกไปจากอาคาร หรืออาจทำให้เกิดโรค เช่น Legionnaire's Disease ที่เกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ นี่เป็นตัวอย่างของผลกระทบของอาคารต่อผู้ใช้อาคาร สารที่ทำให้เกิดผลเสียต่อผู้ใช้อาคาร เช่น

ก. แอสเบสทอส(asbestos) ก่อให้เกิดมะเร็ง และมีละอองสะสมในปอด

ข. ก๊าซเรดอน(radon gas) เป็นสารกัมมันตภาพรังสี

---

[14] ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, (กรุงเทพ : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด (มหาชน), 2539), หน้า24.

[15] อรรจน์ เศรษฐบุตร, “สภาวะน่าสบาย,” ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย, (กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547), หน้า5-6.

[16] วัฒนสิน สัตย์พิทักษ์ และคณะ. 2547. แนวทางการออกแบบประหยัดพลังงานสำหรับที่พักอาศัยโดยการระบายอากาศและสะสมความเย็นด้วนวิถีธรรมชาติ[CD-Rom]. สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง[4 พฤศจิกายน 2547].

[17] เรื่องเดียวกัน, 5-6.

ค. ฟอร์มัลดีไฮด์(formaldehyde) มีในไม้อัด, พรม,ผ้าม่าน,ฉนวน ฯลฯ

ง. เบนซิน(benzene) ระคายเคืองต่อระบบการหายใจ

จ. เชื้อรา แบคทีเรีย ไรฝุ่น ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้

ฉ. คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)และก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้อ่อนเพลีย ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ

ช. VOC(votalite organic compound) เป็นสารประกอบชีวภาพที่ระเหยได้ ทำให้เกิดโรคมะเร็ง

แนวทางในการปรับปรุงสภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่

ก. เพิ่มการระบายอากาศ ทำให้สารที่อยู่ภายในอาคารเจือจางลง มาตรฐานของการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี คือ 0.5 ach/hr หรือ 15 cfm/person[18]

ข. การควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษ เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารแต่ทำได้ยาก

ค. เครื่องกรองอากาศ โดยทั่วไปใช้กรองฝุ่น เชื้อโรค โดยใช้แผ่นกรอง

2.4.4.3. ความสบายทางสายตา (visual comfort)

แสงสว่างภายในอาคารสามารถใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ได้ สิ่งควรพิจารณา ได้แก่ ระดับความสว่าง ความไม่สบายตาจากความแตกต่างของความสว่างหรือแสงที่จ้า เป็นต้น

2.4.4.4. คุณภาพเสียง (noise control)

คำนึงถึงการดูดซับเสียง ไม่ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ใช้อาคาร หรือมีเสียงบรรยากาศ(Background noise)มีความเหมาะสมกับบรรยากาศของแต่ละห้อง

2.4.5. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (life cycle cost)

ในการพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ของการออกแบบหรือปรับปรุงอาคาร คือการค้นหาจุดสมดุลของความคุ้มค่าในการลงทุนและประโยชน์ที่ได้รับซึ่งอาจเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้อาคาร คุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารที่ดีขึ้น และ(หรือ) ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การตัดสินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแต่ละโครงการ ในบางโครงการการลงทุนเพียงเล็กน้อยแต่ให้ผลที่ดีกับโครงการ ในขณะที่บางส่วนลงทุนมากแต่

---

[18] American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHREA Handbook CD [CD-ROM], 2001.

กลับให้ผลตอบแทนต่ำกว่า ต้องพิจารณาและตรวจสอบแหล่งทรัพยากร พิจารณาค่าใช้จ่ายแรกเริ่มและค่าใช้จ่ายในระยะการใช้สอยอาคารโดยพิจารณาจากการลงทุนในเริ่มต้นและระยะเวลาการคืนทุน

2.5 ดัชนีชี้วัดความยั่งยืน

2.5.1 คุณลักษณะของตัวชี้วัด

ก. ตรงกับวัตถุประสงค์มีความเกี่ยวข้อง สามารถแสดงสิ่งที่ต้องการทราบได้

ข. เข้าใจได้ง่าย

ค. เชื่อถือได้

ง. มาจากข้อมูลที่เข้าถึงได้ ได้จากข้อมูลที่ทันสมัย

2.5.2 โปรแกรมการประเมินความยั่งยืน

การประเมินความยั่งยืนในงานสถาปัตยกรรมเป็นสิ่งที่ซับซ้อน โปรแกรมการประเมินความยั่งยืนต่างๆได้ถูกพัฒนาเพื่อสามารถใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน, ปริมาณทรัพยากร และผลกระทบจากวงจรธาตุคาร์บอน แต่ผลกระทบบางส่วนที่สำคัญแต่ไม่สามารถประเมินในเชิงปริมาณได้ ทำให้เปรียบเทียบได้ยาก การประเมินผลกระทบโดยการแยกแยะปัญหาต่างๆและให้คะแนน ซึ่งยังต้องมีการพัฒนาวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมมากขึ้นต่อไป ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละส่วนมีความสำคัญไม่เท่าเทียมกัน บางสิ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

2.5.3 การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาพิจารณาจาก

ก. ขอบเขตของผลกระทบที่เกิดขึ้น มีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด

ข. ช่วงเวลาในการเกิดผลกระทบ

ค. ความเสี่ยงต่อชีวิตมนุษย์และระบบนิเวศน์

ง. ผลกระทบสร้างความเสียหายที่สามารถปรับปรุงขึ้นใหม่ได้หรือไม่ หรือใช้เทคโนโลยีในการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้น

2.5.4 ตัวอย่างโปรแกรมการประเมินความยั่งยืนในสถาปัตยกรรมประเภทบ้านพักอาศัย

2.5.4.1 BREEAM (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method) พัฒนาขึ้นในประเทศอังกฤษโดยองค์กร BRE (Building Research Establishment Ltd.) โดยมีแบบประเมินสำหรับอาคารประเภทต่างๆ และแบบประเมินสำหรับการปรับปรุงอาคารเก่า และอาคารใหม่ โดยจะแบ่งการให้คะแนนเป็นหัวข้อต่างๆ

ก. พลังงาน

I. ปริมาณการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

II. ประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร พิจารณาจากเปอร์เซนต์ในการพัฒนาเปรียบเทียบกับกฎหมายอาคาร[19]ปี 1995 หรือ 2002

III. พื้นที่ตากเสื้อผ้า (เนื่องจากในประเทศอังกฤษมีภูมิอากาศหนาวจึงมักใช้การอบผ้าซึ่งต้องใช้พลังงาน)

IV. Ecolabelled white goods อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างที่มีฉลากแสดงถึงการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม

V. แสงสว่างภายนอก การใช้ระบบประหยัดพลังงาน

ข. การขนส่ง

I. ระบบขนส่งมวลชน ระยะทางในการเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชน

II. ที่จอดรถจักรยาน (%of dwelling)

III. สาธารณูปโภค สาธารณูปการ เช่น ร้านค้า ไปรษณีย์ ธนาคาร โรงเรียน เป็นต้น

IV. บริการรองรับสำหรับ Home office

ค. มลพิษ

I. ปริมาณการคายสาร HCFC

II. ปริมาณการคายสาร NO_x

III. การลดพื้นที่รองรับน้ำที่จะถ่ายไปสู่ระบบรวม เช่น น้ำจากหลังคา พื้นคอนกรีต เป็นต้น

ง. วัสดุ

I. ไม้โครงสร้าง 30%-75%FSC[20] (or recycled/reused) OR 50%-95% PEFC[21] Certified and remaining timber temperate

II. ไม้วัสดุปูผิว 30%-75%FSC (or recycled/reused) OR 50%-95% PEFC Certified and remaining timber temperate

III. การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

---

[19] อ้างอิงกฎหมายอาคารของประเทศอังกฤษเกี่ยวกับค่าการนำความร้อนของวัสดุ, ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง, ระบบการทำความร้อนและน้ำร้อน

[20] Forest Stewardship Council เป็นองค์กรที่รับรองมาตรฐานการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

[21] องค์กรอิสระที่ให้การรับรองเกี่ยวกับการดูแลจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

IV. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวัสดุในส่วนต่างๆของอาคาร ได้แก่ หลังคา, ผนังภายนอก, ผนังภายใน, พื้น, หน้าต่าง, พื้นแข็งในบริเวณบ้าน, รั้ว

จ. น้ำ

I. การใช้ในภายในอาคาร

II. การใช้ในภายนอกอาคาร

ฉ. การใช้ที่ดินและระบบนิเวศน์

I. คุณค่าของระบบนิเวศน์ในพื้นที่

II. การปรับปรุงระบบนิเวศน์ในพื้นที่

III. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าระบบนิเวศน์ในพื้นที่

IV. Building foot print

ช. พื้นที่ว่างและคุณภาพชีวิตที่ดี

I. แสงธรรมชาติ

II. การป้องกันเสียง

III. ความเป็นส่วนตัวของพื้นที่

2.5.4.2 BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria) เป็นแบบประเมินอาคารในประเทศแคนาดาด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารเพื่อการพาณิชย์ที่สร้างใหม่ และอาคารเก่า พัฒนาสำหรับประเทศแคนาดา โดยมีพื้นฐานจาก BREEAMของประเทศอังกฤษ เกณฑ์ใน BEPAC ประกอบด้วย

ก. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน

ข. คุณภาพอากาศในอาคาร

ค. การปกป้องชั้นบรรยากาศ

ง. การปกป้องแหล่งทรัพยากร

จ. พื้นที่ดินและระบบขนส่ง

2.5.4.3 LEEDS™ Residential (Draft:Nov 20,2001) พัฒนาโดย the U.S. Green Building Council เพื่อเป็นแนวทางสู่การออกแบบอย่างยั่งยืน และเพื่อเป็นมาตรฐานในการปรับปรุงอาคารด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ซึ่งแต่ละประเด็นอาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต แบบประเมินที่ใช้ในการประเมินปัจจุบันคือ The LEED™ Green Building Rating System 2.0 สำหรับอาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารสำนักงาน, ศูนย์การค้า เป็นต้น ส่วนแบบประเมินสำหรับบ้านพักอาศัยอยู่ในช่วงการพัฒนาแบบประเมิน

ก. ที่ตั้งโครงการ

I. การพัฒนาเมืองในพื้นที่โครงการมีส่วนในการพัฒนาชุมชน มากน้อยเพียงใด

II. ทางเลือกในการขนส่ง

III. การเลือกพื้นที่ตั้งโครงการ

IV. การพัฒนาเมืองในพื้นที่รอบข้าง

V. การพัฒนาพื้นที่ไม่ใช้ประโยชน์ เช่น ในเขตอุตสาหกรรม

VI. ความปลอดภัย ประสิทธิภาพในการขนส่งพลังงาน

ข. การพัฒนาและสร้างบ้านสีเขียวในพื้นที่ดิน

I. การกัดเซาะและตกตะกอนของดินในพื้นที่

II. การอนุรักษ์ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ดินเดิม

III. สิ่งอำนวยความสะดวก สาธารณูปโภค

IV. พื้นที่ว่างภายในโครงการ

V. สภาพภูมิอากาศ ,การออกแบบเพื่อลด Heat Island , การลดมลพิษด้านแสงสว่าง

VI. การใช้พื้นที่ภายนอกอาคาร

VII. การจัดการน้ำในพื้นที่โครงการ

VIII. การป้องกันน้ำเสียและของเสีย

IX. ประสิทธิภาพการใช้น้ำในงานภูมิทัศน์

X. การปรับปรุงภูมิทัศน์เพื่อการประหยัดพลังงาน

ค. ความยั่งยืนของบ้านสีเขียวและภูมิทัศน์โดยรอบ

I. การจัดการวัชพืช โรคและศัตรูพืช

II. ความรู้ของเจ้าของในเรื่องสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

ง. พลังงานและบรรยากาศ

I. หลักพื้นฐานในระบบอาคาร เช่น ค่ามาตรฐานการระบายอากาศ การรั่วซึมอากาศ เป็นต้น

II. การดำเนินการด้านพลังงาน

III. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง

IV. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

V. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการทำน้ำร้อน

VI. การปรับปรุงการใช้พลังงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VII. แหล่งพลังงานทางเลือก หรือ แหล่งพลังงานหมุนเวียน

VIII. การผสมผสานระบบต่างๆในอาคาร

IX. ประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

X. ประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

XI. พลังงานสีเขียว

XII. การควบคุมความต้องการพลังงาน

XIII. การจำกัดการใช้พลังงาน

XIV. ระบบพลังงานในชุมชน

จ. วัสดุและแหล่งทรัพยากร

I. การจัดการของเสียในการก่อสร้าง

II. ประสิทธิภาพระบบโครงสร้างไม้

III. การออกแบบเพื่อการรื้อถอนหรือปรับเปลี่ยน

IV. การนำอาคารกลับมาใช้ใหม่และการรื้อถอน

V. การจัดการของเสียในการก่อสร้าง

ฉ. คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

ช. นวัตกรรมการออกแบบและก่อสร้าง

ในการประเมินบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อ้างอิงแบบประเมินของ BREEAM เนื่องจากมีความชัดเจน สามารถประเมินในเชิงปริมาณได้และมีการนำมาใช้ประเมินอาคารจริงแล้ว ประกอบกับมาตรฐานค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาในกฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 กรณีศึกษาอาคารยั่งยืน

2.6.1 The Autonomous House, Southwell, Nottinghamshire

เป็นอาคารหลังแรกของกลุ่มสถาปนิกจากนิวซีแลนด์ที่พยายามสร้างอาคารยั่งยืนโดยสมบูรณ์ขึ้น อาคารหลังนี้สร้างขึ้นในประเทศอังกฤษในปี คศ.1993 บ้านหลังนี้ถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งาน 500 ปีและต้องการการบำรุงรักษาต่ำ

ก. พื้นที่ก่อสร้าง ขนาดที่ดินขนาด 600 ตร.ม. อยู่ในเขตอนุรักษ์ใกล้เมือง Southwell รับน้ำฝน 570มม./ปี

ข. พื้นที่ใช้สอย 176 ตร.ม. และเรือนกระจก 114 ตร.ม.

ค. ค่าก่อสร้างอาคารและงานระบบรวม 145,000 ปอนด์

ง. จุดเด่น

I. มีการสร้างพลังงานโดยดิน ติดตั้งเซลล์สุริยะ 60W เพื่อผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นสามารถส่งให้ระบบรวมได้

II. ใช้ฉนวนหลังคา 500 มม.

III. กระจก Low-E 3 ชั้น

IV. กักเก็บน้ำฝนได้ 30,000 ลิตร ในชั้นใต้ดิน

V. การบำบัดน้ำเสีย มีการกรองน้ำที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

VI. การใช้ดินในบริเวณที่ก่อสร้างมาผลิตอิฐ ประกอบกับเศษอิฐจากอาคารที่ถูกรื้อถอนแล้วในท้องถิ่นมาใช้ในการก่อสร้าง

VII. ใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสมเถ้าลอยจากโรงผลิตพลังงานในท้องถิ่น

VIII. ใช้ไม้ที่ไม่มีการนำมาเคลือบสารเคมีหรือแต่งผิวใดๆ เป็นต้น การใช้วัสดุในท้องถิ่นช่วยลดการใช้พลังงานในการขนส่ง

IX. ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ระบบโครงสร้าง beam and block system

X. ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป

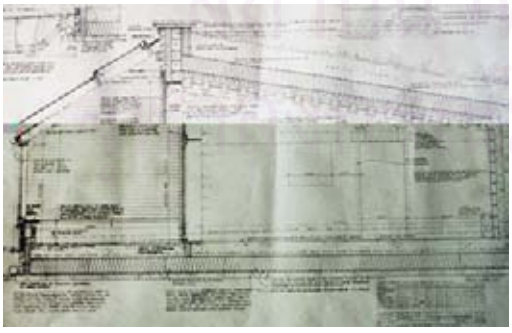
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.2 การใช้พลังงานและน้ำของ The Autonomous House, Southwell, Nottinghamshire

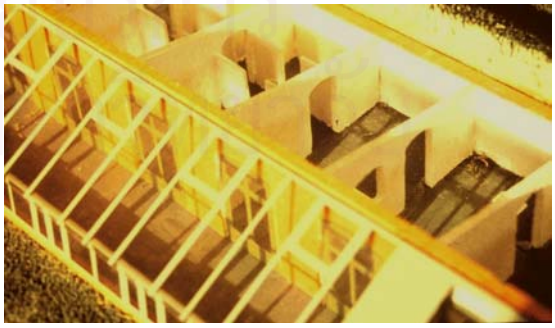
Annual delivered energy and water consumption		
.	Autonomous House	UK average
floor area	176 m2	82 m2
space heating	1,400 kWh	12,900 kWh
water heating	1,900 kWh	5,700 kWh
lights, appliances and cooking	1,200 kWh	3,000 kWh
total consumption	4,500 kWh	21,600 kWh
renewable energy:-		
wood	1,400 kWh	.
solar electricity	1,600 kWh	.
total non-renewable energy	1,500 kWh	21,600 kWh
water in litres per head per day	34	160

ที่มา: Brenda and Robert Vale, The Autonomous House, a model for suburban sustainability[Online]. Avialable from: http://genoa.ecovillage.org/genoceania/resources/autnmshse.html#1[2004,November 5]

2.6.2 The Hockerton housing Project, Hockerton, Nottinghamshire



รูปที่ 2.6 รูปตัดอาคาร



รูปที่ 2.7 ภาพถ่ายหุ่นจำลอง

ก. ก่อสร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์ในปี คศ. 1998

ข. พื้นที่ก่อสร้าง ขนาด 25 เอเคอร์ ในพื้นที่เกษตรกรรม นอกเมือง Hockerton

ค. พื้นที่ใช้สอยอาคาร 122 ตร.ม. พื้นที่เรือนกระจก 47 ตร.ม. ประกอบด้วย 3 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องเก็บของ เฉลียงและห้องส้วม

ง. จุดเด่น

I. ใช้ฉนวน polystyrene หนา 300มม.

II. ออกแบบให้อาคารด้านทิศเหนืออยู่ใต้ดินที่หนา 500มม. เพื่อลดอิทธิพลจากสภาพอากาศภายนอก

III. ใช้กระจาก Low-E 3ชั้น

IV. ใช้ระบบ mechanical ventilation and heat recovery system

V. ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

VI. รูปทรงอาคารสี่เหลี่ยม หันเข้าหาแสงอาทิตย์

VII. ระบายอากาศโดยใช้พัดลม ในช่องท่อ

VIII. ในช่วงอากาศร้อนความร้อนส่วนเกินจากเรือนกระจกระบายออกทางช่องเปิดขนาดใหญ่บนหลังคา

IX. ใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนสูง

X. ระบบประสานพิกัดและโครงสร้างกำแพงรับน้ำหนัก

XI. วัสดุผนังคอนกรีตบล๊อค และคานและพื้นคอนกรีต

XII. มีการป้องกันโครงสร้างบริเวณใต้ดินด้วยแผ่นป้องกันน้ำหุ้มโครงสร้างเพื่อความคงทนของวัสดุ

XIII. ใช้วัสดุที่มีพลังงานสะสมต่ำ(low embodied energy)

XIV. ใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาทฤษฎี และแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นคำที่ใช้กันอย่างกว้างขวางกันในปัจจุบัน รวมถึงในวงการสถาปัตยกรรมด้วยเช่นกัน ซึ่งความหมายของคำว่า"ยั่งยืน"ได้มีการจำกัดความในหลายระดับ ในการวิจัยนี้ได้ค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ, บทความวารสาร, รายงานการวิจัย และบาทความจากสื่ออิเลคทรอนิกส์ อินเตอร์เนท และนำข้อมูลที่ได้มาสรุปแนวคิดสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้กับอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานครได้อย่างเหมาะสม รวมถึงศึกษาบ้านพักอาศัยตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสถาปัตยกรรมยั่งยืน

3.1.2 ศึกษาวิธีการประเมินอาคารที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

อาคารที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนต้องมีการประเมินด้วยวิธีและแบบประเมินที่เชื่อถือได้ แต่ละองค์กรที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมยั่งยืนได้มีการพัฒนาแบบประเมินอาคารขององค์กรขึ้น ซึ่งในการนำแบบประเมินมาใช้นั้นจะต้องมีการพิจารณา ปรับเปลี่ยนให้สามารถนำมาประเมินอาคารในการวิจัยนี้ได้อย่างเหมาะสม และเลือกกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยรูปแบบทั่วไปเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

3.1.3 เสนอแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืน

จากการศึกษาทฤษฎี แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน และวิธีการประเมินอาคาร พบว่าสถาปัตยกรรมยั่งยืนมีข้อกำหนดได้แก่ พลังงาน, วัสดุ, น้ำ และคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งต้องพิจารณาตั้งแต่เริ่มการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งานอาคาร จนกระทั่งอาคารถูกรื้อถอน ทำลาย

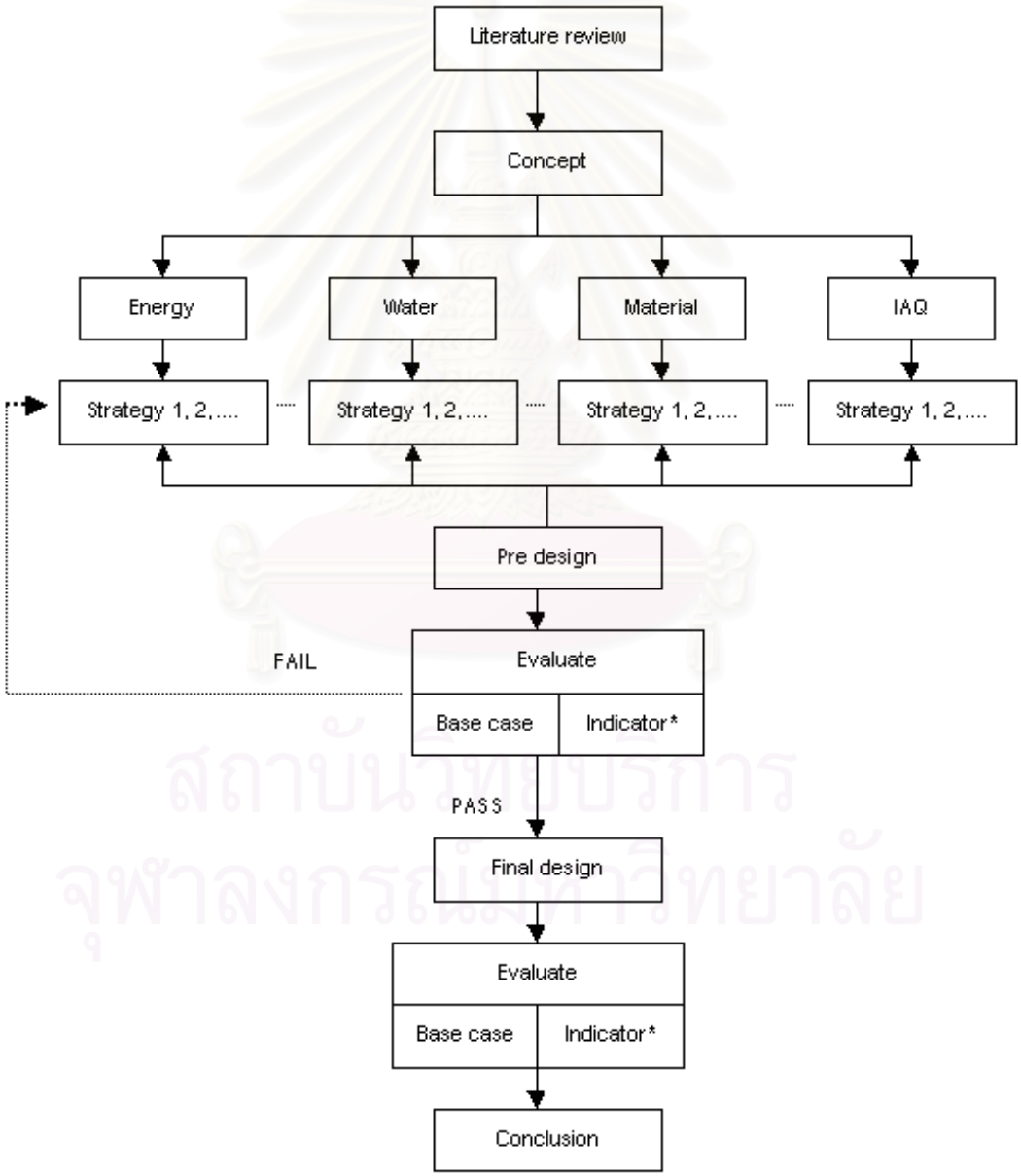
3.1.4 ออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

รวบรวมแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศของกรุงเทพมหานคร และแนวคิดการออกแบบในด้านต่างๆ และนำมาออก

แบบบ้านพักอาศัยที่สามารถบรรลุข้อกำหนดของสถาปัตยกรรมยั่งยืนได้ ตามกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยนำเสนอแบบทางเลือก 2 แบบ และเลือกทางเลือกที่เหมาะสมมาพัฒนาเป็นแบบที่ใช้ในการทดสอบต่อไป

3.1.5 ประเมินบ้านพักอาศัยที่ออกแบบ

วิเคราะห์และประเมินผลบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วนแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน ด้วยแบบประเมินและเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยทั่วไปในด้านต่างๆ ตามข้อกำหนดของสถาปัตยกรรมยั่งยืน รวมถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีดำเนินการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในการศึกษานี้ได้กำหนดข้อพิจารณาในการออกแบบจากแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนและแบบประเมินที่ได้รับการยอมรับ โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลที่สามารถแสดงในเชิงปริมาณเพื่อความชัดเจนในการประเมิน

ตาราง 3.1 ตารางแสดงข้อพิจารณาการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนในด้านต่างๆ

พลังงาน	**น้ำ**
พลังงานในการใช้อาคาร	ปริมาณน้ำที่ใช้
การใช้พลังงานหมุนเวียน	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น
การใช้แสงธรรมชาติ	ปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บได้
ปริมาณก๊าซ CO_2ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงาน	ระบบบำบัดน้ำ และปริมาณน้ำที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่
วัสดุ	**คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร**
พลังงานสะสมในวัสดุ	ความสบายทางอุณหภาพ
การใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	
เศษวัสดุและการนำกลับมาใช้ใหม่	

3.2 **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

3.2.1 เครื่องจำลองการไหลของของไหล

เป็นการทดสอบการระบายอากาศตามธรรมชาติผ่านช่องเปิดอาคาร เครื่องมือนี้เรียกกันว่า"fluid mapping table" ซึ่งจะใช้คุณสมบัติของน้ำแทนการไหลของอากาศ และใช้น้ำด่างทับทิมเข้มข้นในการทดสอบเพื่อให้เห็นทิศทางของกระแสลมได้อย่างชัดเจน

วิธีการทดสอบ สร้างแผ่นทดสอบใช้โฟมยางหนา 2 มิลลิเมตรแทนแนวผนังของอาคารยึดบนแผ่นใสด้วยกาว และนำไปติดตั้งบนโต๊ะทดสอบโดยใช้กระจกปิดทับหน้าแผ่นทดสอบ และทำการทดสอบโดยการปล่อยน้ำและน้ำด่างทับทิม ให้ไหลผ่านแผ่นทดสอบ

รูปที่ 3.2 ภาพแสดงเครื่องจำลองการไหลของของไหล

3.2.2 โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร DOE2

โปรแกรม DOE2 พัฒนาโดย Simulation Research Group, Lawrence Berkeley Lab สหรัฐอเมริกา เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร และสามารถคำนวณค่าพลังงานในแต่ละชั่วโมงได้ โดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง(dry bulb temperature), ความชื้นสัมพัทธ์(relative humidity), รังสีอาทิตย์(solar radiation) และความเร็วลม(wind speed) ข้อมูลพิกัดตำแหน่งพื้นที่ สภาพทางกายภาพของอาคาร ระบบปรับอากาศที่ใช้และค่าพลังงาน ข้อจำกัดของโปรแกรมนี้คือความยุ่งยากในการป้อนข้อมูล ด้วยรหัส(code)

ข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรมประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

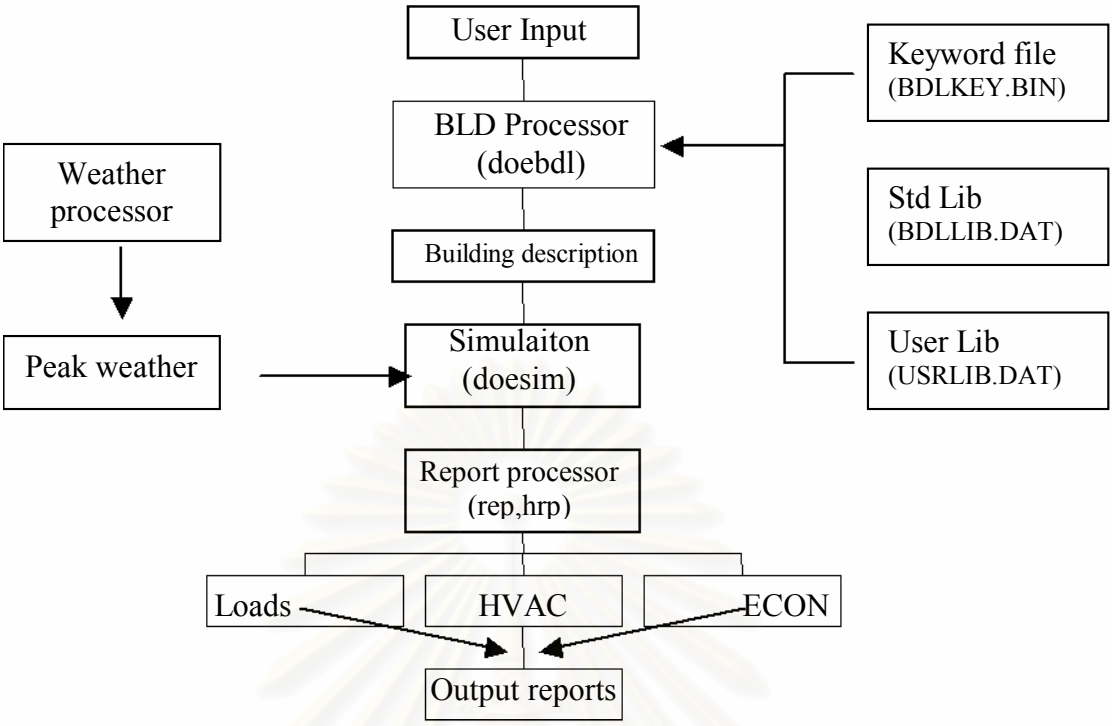
ก. BDL กำหนดรหัสต่างๆในโปรแกรม เพื่อแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้

ข. Loads คำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงของแต่ละพื้นที่ใช้งาน โดยคำนวณจากอุณหภูมิที่กำหนดให้, อุณหภูมิอากาศภายนอก, การแผ่รังสีอาทิตย์, ความร้อนจากผู้ใช้งาน, แสงสว่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ, การรั่วซึมของอากาศและการหน่วงเวลาของวัสดุเปลือกอาคาร

ค. Systems กำหนดระบบปรับอากาศ

ง. Plant กำหนดอุปกรณ์ต่างๆในระบบประบอากาศ คำนวณความต้องการใช้เชื้อเพลิงและไฟฟ้าของอาคาร

จ. Economic คำนวณค่าใช้จ่ายในด้านพลังงาน และระยะเวลาคุ้มทุนจากการปรับปรุงอาคาร



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมDOE2

ที่มา : D. Charlie Curcija, Mahabir Bhandari and Lawrence L. Ambs. Building Energy Simulation Tools: An Overview (PowerPoint). Center for Energy Efficiency and Renewable Energy at University of Massachusetts[Febuary 25,2005]

3.2.3 การคำนวณค่า OTTV และ RTTV

การค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) คือค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทผ่านผนังและหน้าต่างเข้าสู่อาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของอาคาร เรียกว่า RTTV โดยใช้สำหรับพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ กฎหมายกำหนดให้อาคารสร้างขึ้นหลังปี พ.ศ.2536 จะต้องมีค่า OTTV ไม่เกิน 45วัตต์/ตารางเมตร และ RTTV ไม่เกิน 25วัตต์/ตารางเมตร

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

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือ ผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

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

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน

$$RTTV_{ni} = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

$RTTV_{ni}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

U_s คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน หรือปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ ผนังโปร่งแสง และ/หรือ ผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_{ni}$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV_n = \frac{(A_{w1})(RTTV_{n1}) + (A_{w2})(RTTV_{n2}) + \ldots + (A_{wi})(RTTV_{ni})}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}}$$

A_{wi} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

$RTTV_{ni}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

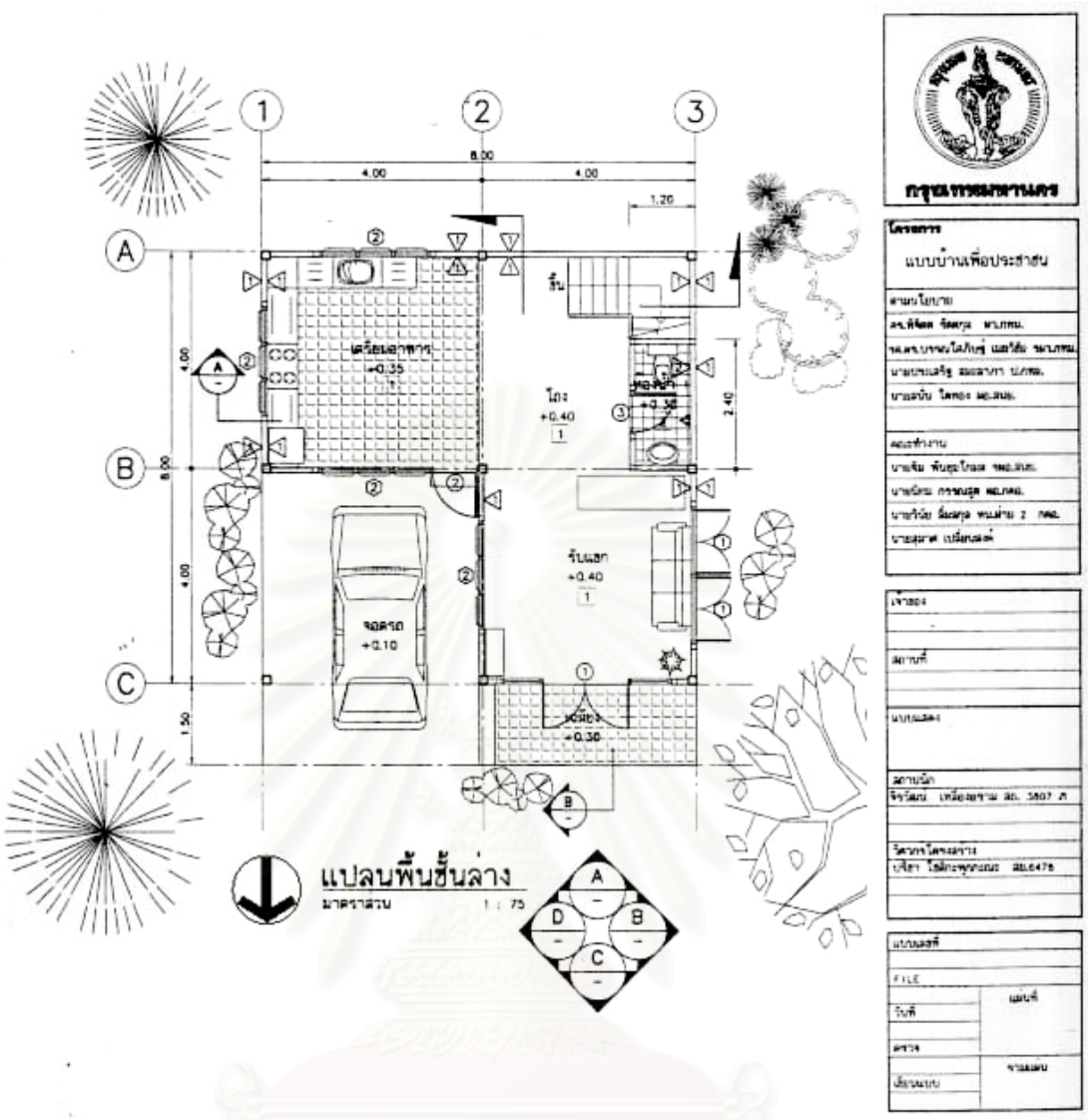
3.3 แบบบ้านพักอาศัยทั่วไปที่นำมาใช้เปรียบเทียบ

ยกตัวอย่างแบบบ้านพักอาศัยทั่วไป นำมาเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน โดยได้นำมาจากแบบบ้านจากกรุงเทพมหานคร ที่มีขนาดใกล้เคียงกันและมีรูปแบบและพื้นที่ใกล้เคียงกับแบบบ้านจัดสรรขนาดเล็กที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น การใช้พลังงาน พลังงานสะสมรวมของวัสดุอาคาร เป็นต้น โดยกำหนดให้มีการใช้อาคารเหมือนกัน

ตัวอย่างแบบบ้านพักอาศัยเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 130 ตารางเมตร ประกอบด้วยห้องรับแขก, ห้องครัว,ห้องนอน 3 และห้องน้ำ2ห้อง วัสดุก่อสร้างอาคารฐานรากและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผิวพื้นกระเบื้องเซรามิค ผนังก่ออิฐหนา 10 ซม.ฉาบปูนเรียบทาสีน้ำอะคริลิค โครงสร้างหลังคาเหล็กมุงกระเบื้องคอนกรีต วงกบประตูหน้าต่างไม้ ทาสีน้ำมัน ลูกฟักกระจกใสหนา 6 มม.

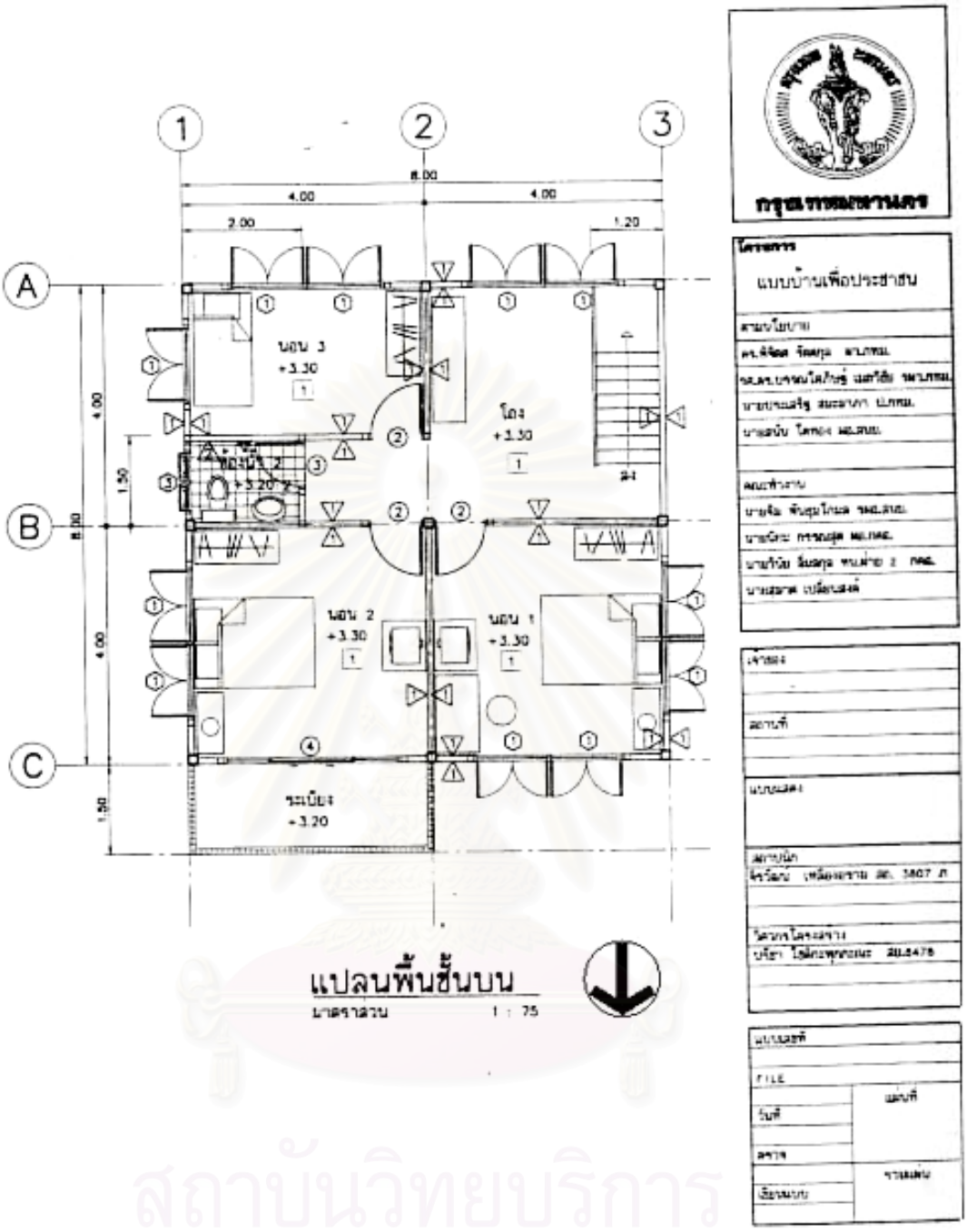
กำหนดให้ห้องที่มีการปรับอากาศ 1 ห้อง คือ ห้องนอน 1 โดยจะมีการใช้งานในช่วงเวลา 22.00น.-07.00น. เพื่อพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศ ส่วนห้องนั่งเล่นไม่มีการปรับอากาศ มีการใช้งานในช่วงเวลา07.00น.-22.00น. ซึ่งจะพิจารณาสภาวะน่าสบายภายในห้อง

รูปที่ 3.4 ทัศนียภาพบ้านพักอาศัยทั่วไป



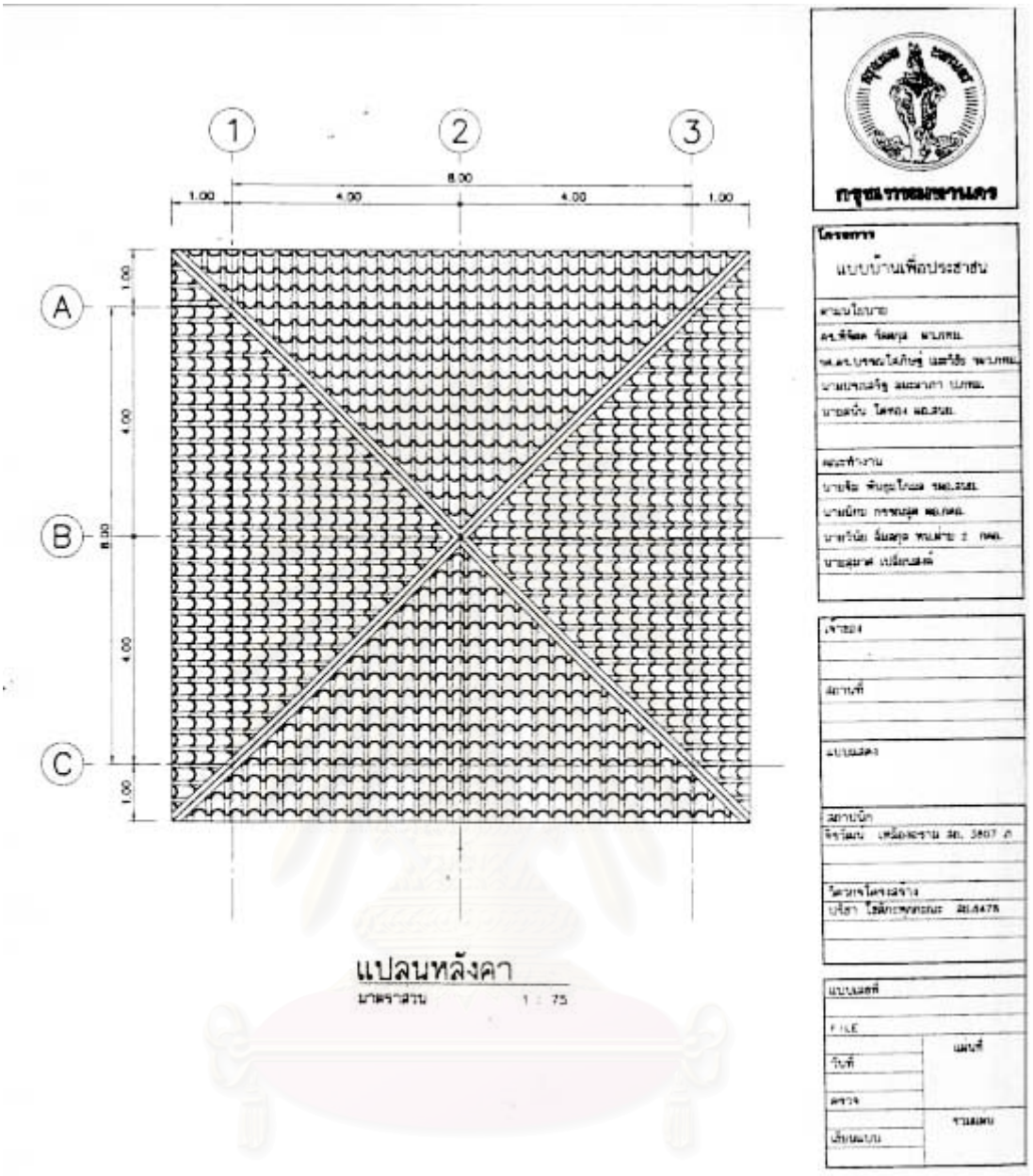
รูปที่ 3.5 ผังพื้นชั้นล่างบ้านพักอาศัยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



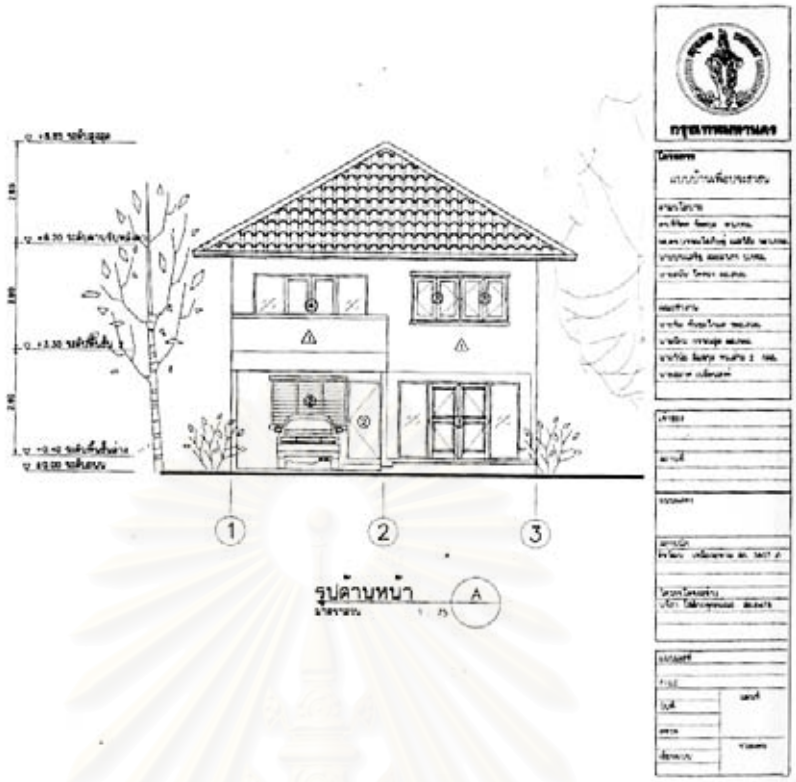
รูปที่ 3.6 ผังพื้นชั้นบนบ้านพักอาศัยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

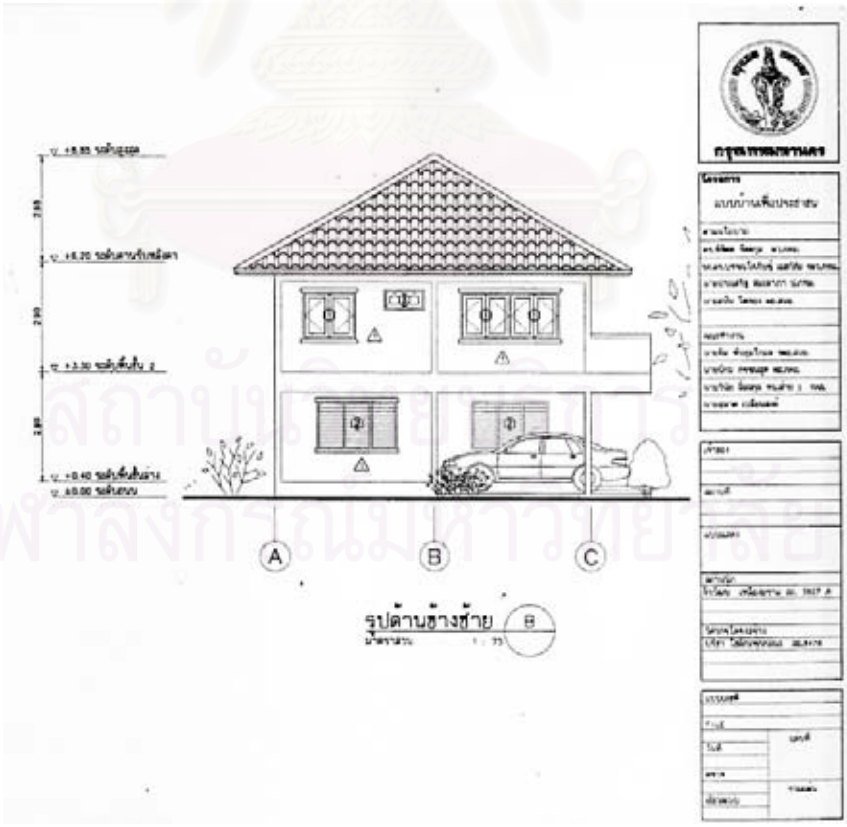


รูปที่ 3.7 ผังหลังคาบ้านพักอาศัยทั่วไป

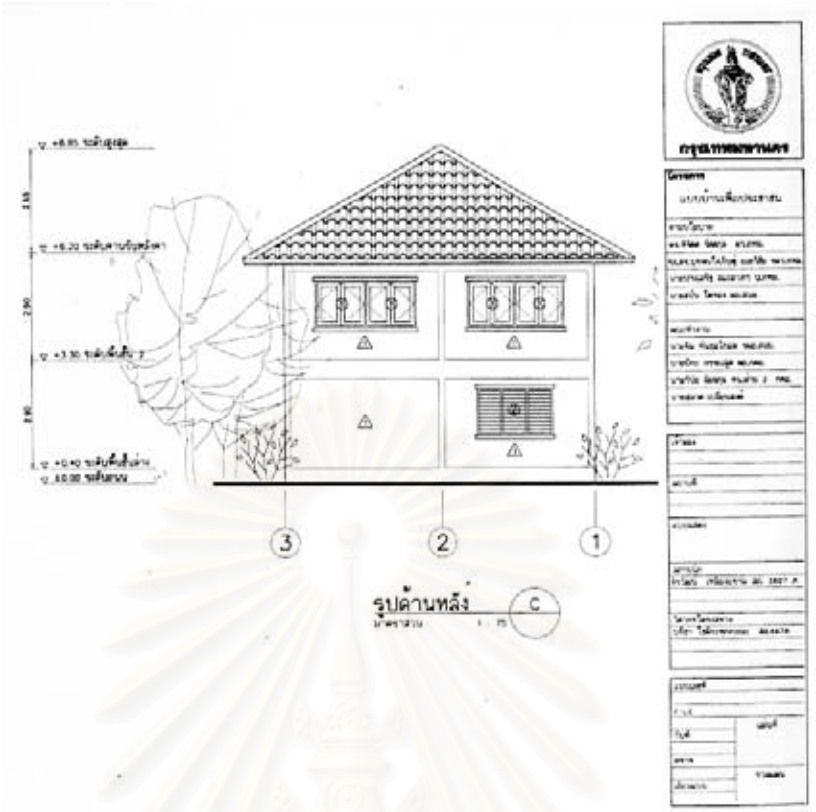
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



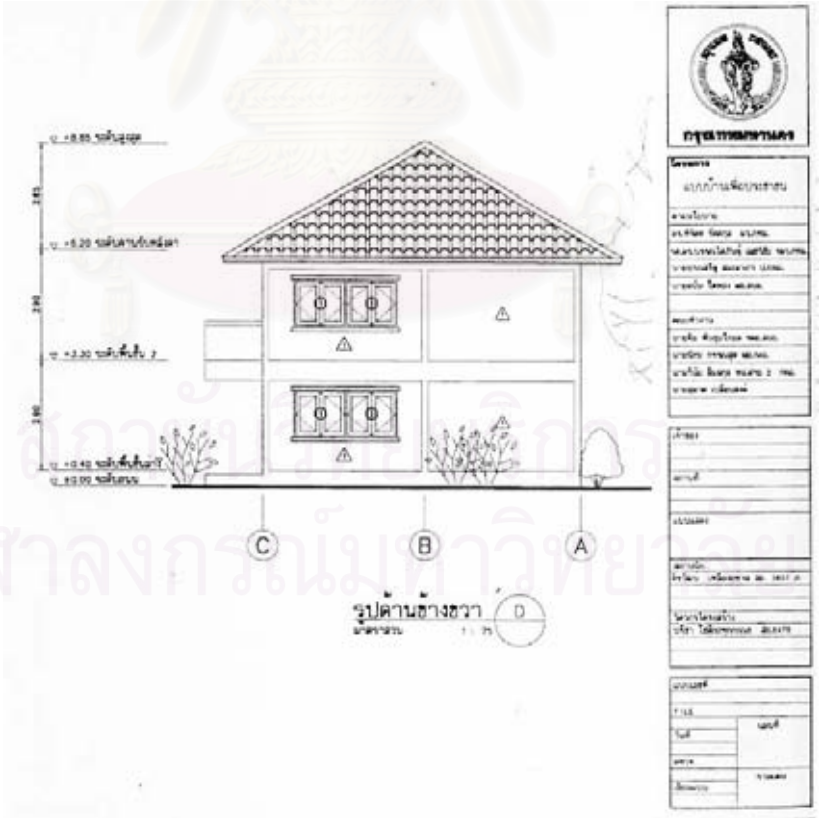
รูปที่ 3.8 รูปด้าน1 บ้านพักอาศัยทั่วไป



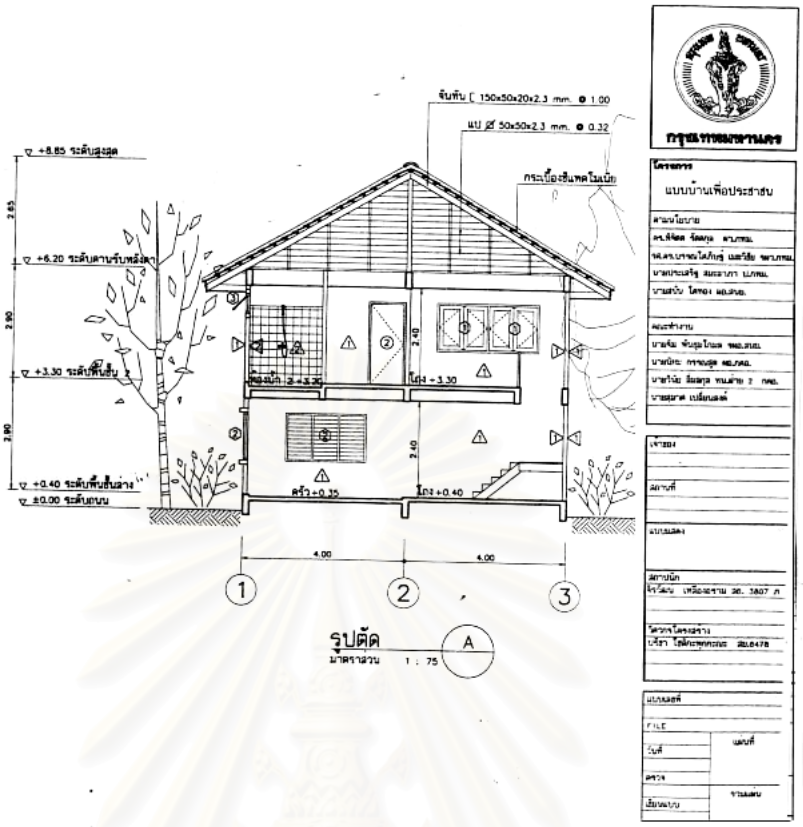
รูปที่ 3.9 รูปด้าน 2 บ้านพักอาศัยทั่วไป



รูปที่ 3.10 รูปด้าน 3 บ้านพักอาศัยทั่วไป



รูปที่ 3.11 รูปด้าน 4 บ้านพักอาศัยทั่วไป



รูปที่ 3.12 รูปตัดA บ้านพักอาศัยทั่วไป

รูปที่ 3.13 รูปตัดB บ้านพักอาศัยทั่วไป

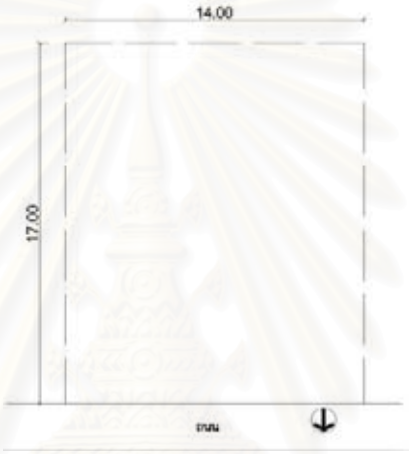
บทที่ 4

การออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

4.1 รายละเอียดโครงการ

4.1.1 ขนาดที่ตั้งโครงการ

ขนาดที่ตั้งโครงการ กำหนดพื้นที่โดยอ้างอิงจากพื้นที่ดินของบ้านจัดสรรโดยทั่วไป ขนาด238 ตร.ม.(59.5 ตร.วา) โดยกำหนดด้านหน้าเป็นทิศเหนือ



รูปที่ 4.1 ขนาดพื้นที่ดินในการก่อสร้าง

4.1.2 พื้นที่อาคาร

กำหนดให้เป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น พื้นที่อาคารไม่เกิน 150 ตร.ม. สำหรับครอบครัวเดี่ยวที่มีสมาชิก 4 คน

ตาราง 4.1 ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยบ้านพักอาศัย 2 ชั้น

ชื่อห้อง	จำนวน (ห้อง)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หมายเหตุ
ห้องอเนกประสงค์	1	40	ห้องพักผ่อน+ห้องทานอาหาร
ห้องครัว	1	12	
ห้องส้วม	1	2	
ห้องเก็บของ	1	2	
ที่จอดรถ	1 คัน	15	
ห้องนอน+ห้องน้ำ	1	24	

ตาราง 4.1(ต่อ) ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยบ้านพักอาศัย 2 ชั้น			
ชื่อห้อง	จำนวน (ห้อง)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หมายเหตุ
ห้องนอน	2	24	
ห้องน้ำ	1	2	
พื้นที่ใช้สอย		121	
พื้นที่สัญจร 20%		24	

พื้นที่อาคารรวม 145 ตร.ม.

4.1.3 ช่วงเวลาการใช้อาคาร

ในการกำหนดเวลาการใช้สอยพื้นที่ต่างๆในอาคาร พิจารณาจากสภาพการใช้ชีวิตของผู้ที่อาศัยในกรุงเทพมหานครซึ่งมีการใช้อาคารในวันทำงานเฉพาะช่วงเวลาเย็นถึงกลางคืน แต่ใช้เวลาทั้งวันในบ้านในวันหยุด

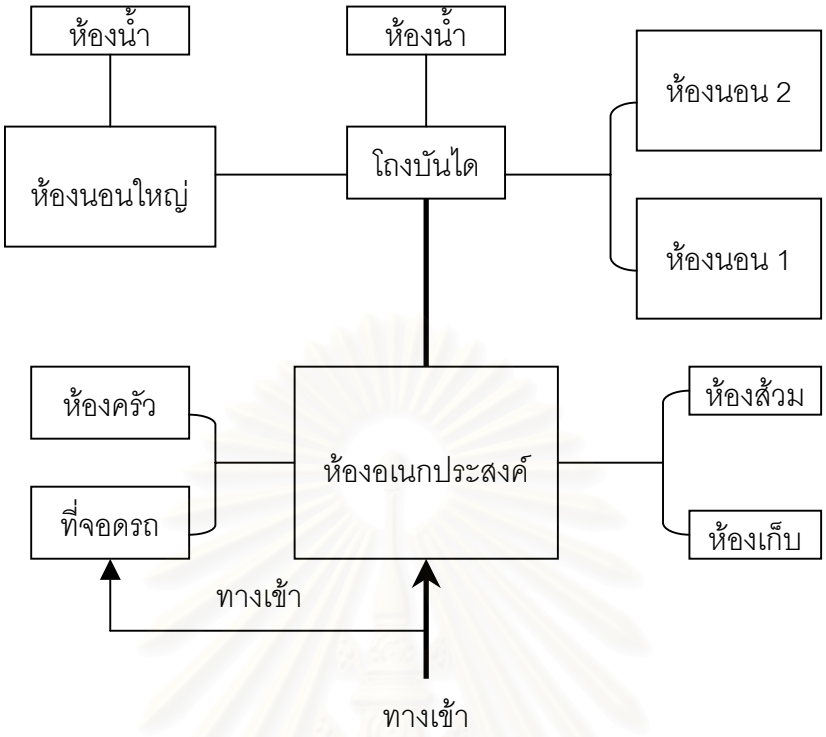
ตาราง 4.2 ตารางแสดงวันและเวลาการใช้สอยพื้นที่ต่างๆ

วัน	เวลา	พื้นที่ใช้สอย	พื้นที่ (ตร.ม.)	จำนวนคน (คน)	ความร้อนจากผู้ใช้งาน/คน
วันทำงาน (จันทร์-ศุกร์)	18.00 น. - 22.00 น.	ห้องอเนกประสงค์	40	4	400 Btu/hr[1]
ทุกวัน	22.00 น. – 06.00 น	ห้องนอน	24	2	400 Btu/hr
วันหยุด	07.00 น. – 22.00 น	ห้องอเนกประสงค์	40	4	400 Btu/hr

หมายเหตุ: ห้องนอน1ใช้ระบบปรับอากาศ ส่วนห้องอเนกประสงค์, ห้องนอน2 และห้องนอน3 ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ

[1] American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2001. ASHREA Handbook CD, 2001.

4.1.4 Function Relationship Diagram



รูปที่4.2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใช้สอยในบ้านพักอาศัย

4.2 การวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ

4.2.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร[2]

ก. อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 22^0C-29^0C ในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม และมิถุนายน-ธันวาคม

อุณหภูมิอากาศ สูงกว่า 29^0C ในช่วงเดือนมกราคม-สิงหาคม และ ตุลาคม-ธันวาคม

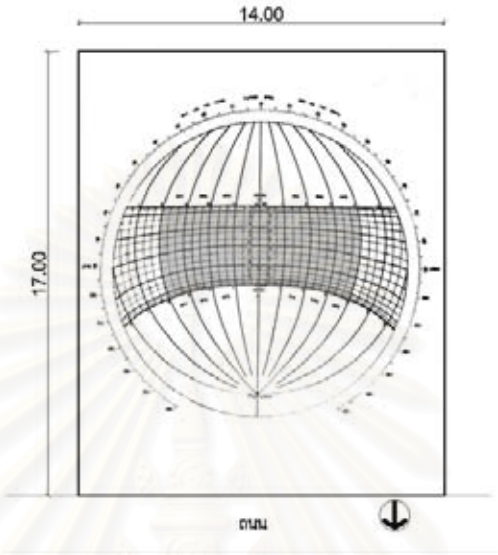
ข. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 20%-75% ในช่วงเดือนมกราคม-สิงหาคม และ ตุลาคม-ธันวาคม

ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 75% ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-ตุลมคม และเดือนธันวาคม

[2] มาลินี ศรีสุวรรณ, "การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย," วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาระศาสตร์ การประชุมวิชาการประจำปีสถาปัตยกรรมและศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่อง ครั้งที่ 4 (ปีการศึกษา 2543): 234-248.

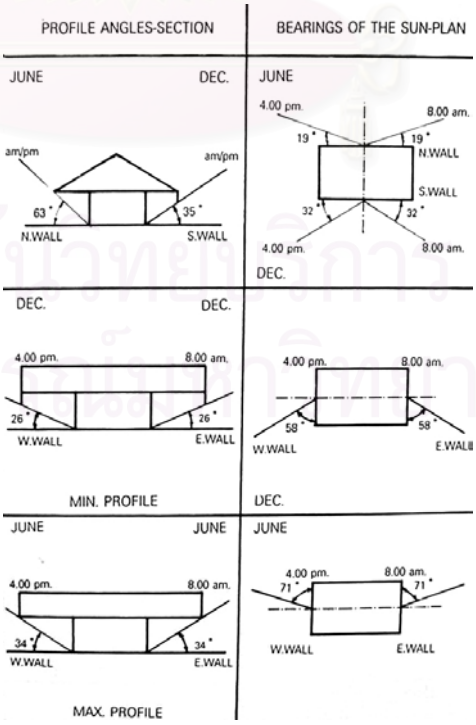
ค. ความเร็วลมเฉลี่ย 0.52 เมตร/วินาที ช่วงกลางวัน 1.48 เมตร/วินาที และช่วงกลางคืน 0.92เมตร/วินาที โดยทิศทางของกระแสลมหลักมาจากทิศใต้

4.2.2 ทิศทางดวงอาทิตย์

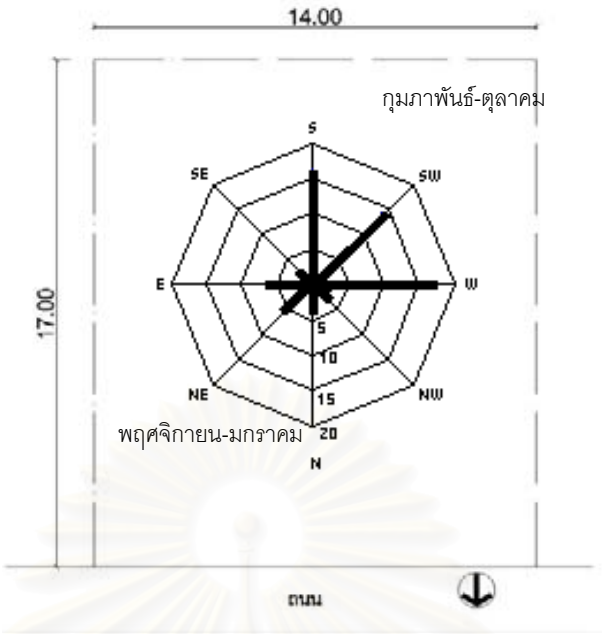


รูปที่ 4.3 ทิศทางดวงอาทิตย์

วันที่ 21 ธันวาคม ตำแหน่งดวงอาทิตย์อยู่ต่ำที่สุดทางทิศใต้ในรอบปี จึงใช้เป็นวันอ้างอิงการออกแบบแผงกันแดด และกำหนดให้มีการกันแดดในช่วงเวลา 8.00น.-15.00น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้อาคาร



รูปที่ 4.4 มุมของดวงอาทิตย์และการป้องกันแสงแดดในช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.5 ทิศทางกระแสลมที่พัดผ่านที่ตั้งโครงการ

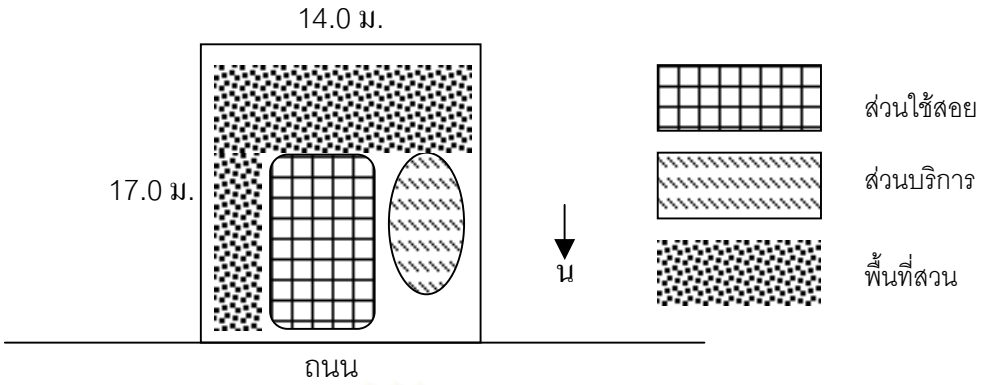
ลมประจำถิ่น จากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงตุลาคม และลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ความเร็วลมในช่วง 13.00-24.00น.ประมาณ 1-2 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมที่มนุษย์รู้สึกได้ว่ามีลม ส่วนในช่วง01.00น.-12.00น.ความเร็วลมค่อนข้างต่ำเฉลี่ยประมาณ 0.90 เมตร/วินาที ซึ่งบางเดือนไม่มีลมในช่วงเวลากลางคืนเลย

4.3 แนวความคิดในการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

4.3.1 พลังงาน

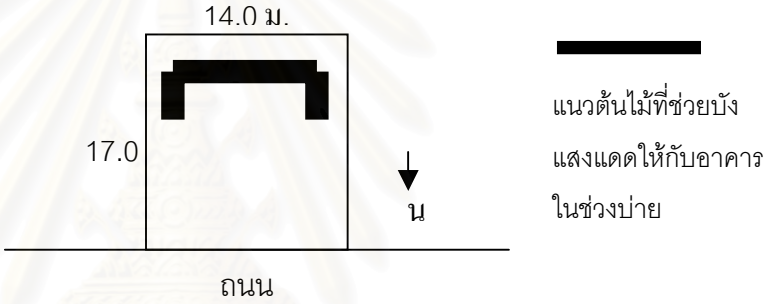
4.3 .1 .1 Micro Climate

ก. จัดผังพื้นให้พื้นที่อยู่อาศัยได้รับลมในช่วงเวลากลางวันและแสงธรรมชาติ โดยวางพื้นที่ใช้งานช่วงกลางวันไว้ด้านทิศตะวันออก เปิดรับแสงจากทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเป็นหลัก ส่วนห้องนอนที่ใช้งานช่วงกลางคืน วางตำแหน่งช่องเปิดให้ได้รับลม



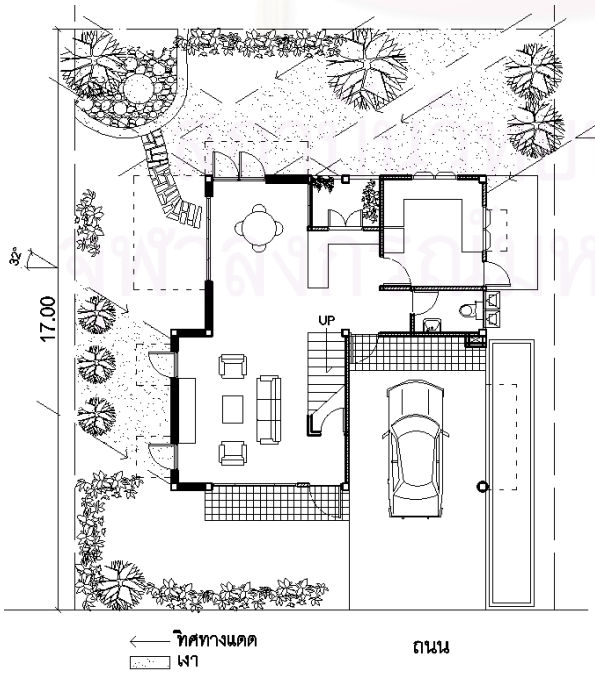
รูปที่ 4.6 แนวคิดการจัดวางพื้นที่ใช้สอยในพื้นที่ดิน

ข. ออกแบบภูมิทัศน์ที่ส่งเสริมการประหยัดพลังงาน เช่น การปลูกต้นไม้ในตำแหน่งที่สามารถช่วยบังแดดให้กับอาคารและยังช่วยเพิ่มบรรยากาศที่ดีให้กับบ้านด้วย



รูปที่ 4.7 แนวคิดการจัดวางต้นไม้ในพื้นที่ดิน

ค. วางตำแหน่งอาคาร โดยเว้นระยะด้านทิศตะวันออก เพื่อสามารถใช้งานพื้นที่ภายนอกอาคารช่วงบ่ายและเย็นได้



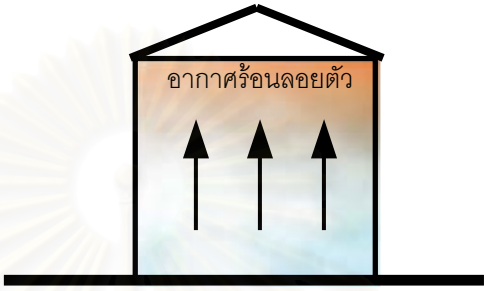
รูปที่ 4.8 แนวคิดการจัดวางต้นไม้ในพื้นที่ดินเพื่อให้ร่มเงาแก่อาคาร

4.3.1.2 การออกแบบพื้นที่ภายในอาคาร

ก. จัดผังพื้นให้มีการปรับเปลี่ยนได้ในอนาคต

ข. แยกแหล่งความร้อน ความชื้น ได้แก่ ห้องครัวและห้องน้ำ ออกจากพื้นที่ทำความเย็น

ค. ออกแบบให้พื้นที่นั่งเล่นเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ความสูงฝ้าเพดาน 5ม. ทำให้มีการไหลเวียนอากาศได้ดี อากาศร้อนลอยอยู่เหนือระดับการใช้งาน



รูปที่ 4.9 แนวคิดพื้นที่เปิดโล่ง ฝ้าเพดานสูงกว่าปกติ

ง. ใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงในจุดที่เหมาะสม โดยในห้องที่มีการใช้งานช่วงกลางวัน(ห้องนั่งเล่น, ห้องทางอาหาร) ใช้วัสดุผนังที่มีมวลสารมาก ช่วยหน่วงความร้อน และมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เนื่องจากในช่วงกลางวันอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าภายในมาก และในห้องที่มีการใช้ในช่วงกลางคืน(ห้องนอน) ใช้วัสดุผนังที่มีมวลสารน้อย ลดการสะสมความร้อนในวัสดุ เนื่องจากช่วงกลางคืนอุณหภูมิอากาศภายนอกลดต่ำลง

กลางวัน กลางคืน

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก-ภายใน และมวลสารของวัสดุ

จ. ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการหน่วงความร้อนและความจุความร้อนของวัสดุในการกักเก็บความเย็นจากการระบายอากาศในช่วงกลางคืนและหน่วงความร้อนให้เข้ามาในอาคารช้าลง

ฉ. เลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์(solar heat gain coefficient;SHGC) สูง แต่ต้องคำนึงถึงค่าการส่งผ่านรังสีที่ตา

มองเห็น(visible transmittance)ไม่ให้สูงเกินไปด้วย โดยเลือกใช้กระจกสีเขียวซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ 0.54 และคำนึงถึงค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น 0.76

ช. ให้ร่มเงาแก่ช่องเปิด และผนังอาคาร

4.3.1.3 ระบบเครื่องกล

ก. วางแผนการใช้พลังงานแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ข. ใช้พัดลมเพื่อเพิ่มความเร็วลมภายในอาคารทำให้รู้สึกเย็นลง และเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศในช่วงกลางคืน เนื่องจากความเร็วลมต่ำ

ค. เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

4.3.2 วัสดุ

ก. ใช้วัสดุสำเร็จรูป ผลิตจากโรงงานและนำมาติดตั้งในที่ก่อสร้างซึ่งสะดวกและทำให้เกิดเศษวัสดุน้อย

ข. เลือกใช้วัสดุที่มีพลังงานสะสมต่ำ (low embody energy)

ค. เลือกใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะต้องพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต

ง. เลือกใช้วัสดุที่มีส่วนประกอบของวัสดุจากการรีไซเคิล (recycle content)

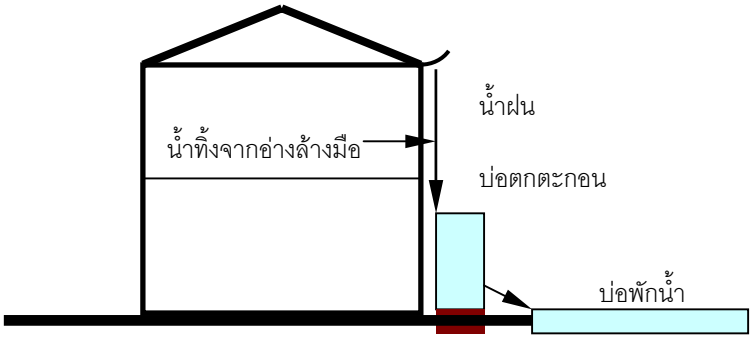
จ. ใช้วิธีการก่อสร้างที่สามารถนำวัสดุมาใช้ใหม่ได้ เมื่ออาคารไม่ใช้งานแล้ว เช่น การประกอบที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้ในภายหลัง ทำให้นำมารีไซเคิลได้ง่าย

ฉ. เลือกใช้วัสดุที่มีความคงทน ต้องการการบำรุงรักษาน้อย

4.3.3 น้ำ

ก. กักเก็บน้ำฝนเพื่อใช้ประโยชน์ ในการรดน้ำต้นไม้ได้ โดยจัดให้มีพื้นที่กักเก็บน้ำและบ่อกรองตะกอน

ข. มีการบำบัดน้ำเสีย เช่น น้ำจากการล้างมือ ล้างอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้



รูปที่ 4.11 การกักเก็บน้ำฝนและน้ำทิ้ง

ค. เลือกใช้อุปกรณ์และสุขภัณฑ์ที่มีระบบประหยัดน้ำ

4.3.4 คุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (IEQ)

ก. เลือกใช้วัสดุที่ไม่คายสารที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น votalite organic compund(VOC) , ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น

ข. มีการระบายอากาศภายในอาคารอย่างเพียงพอ ตามมาตรฐาน ASHRAE คือ 15 cfm/person[3] โดยใช้พัดลมช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศในบางช่วงเวลา

ค. คำนึงถึงคุณภาพของแสงสว่างภายในอาคาร ลดความจ้าของแสงจากช่องเปิดด้วยเกล็ดบังแดด

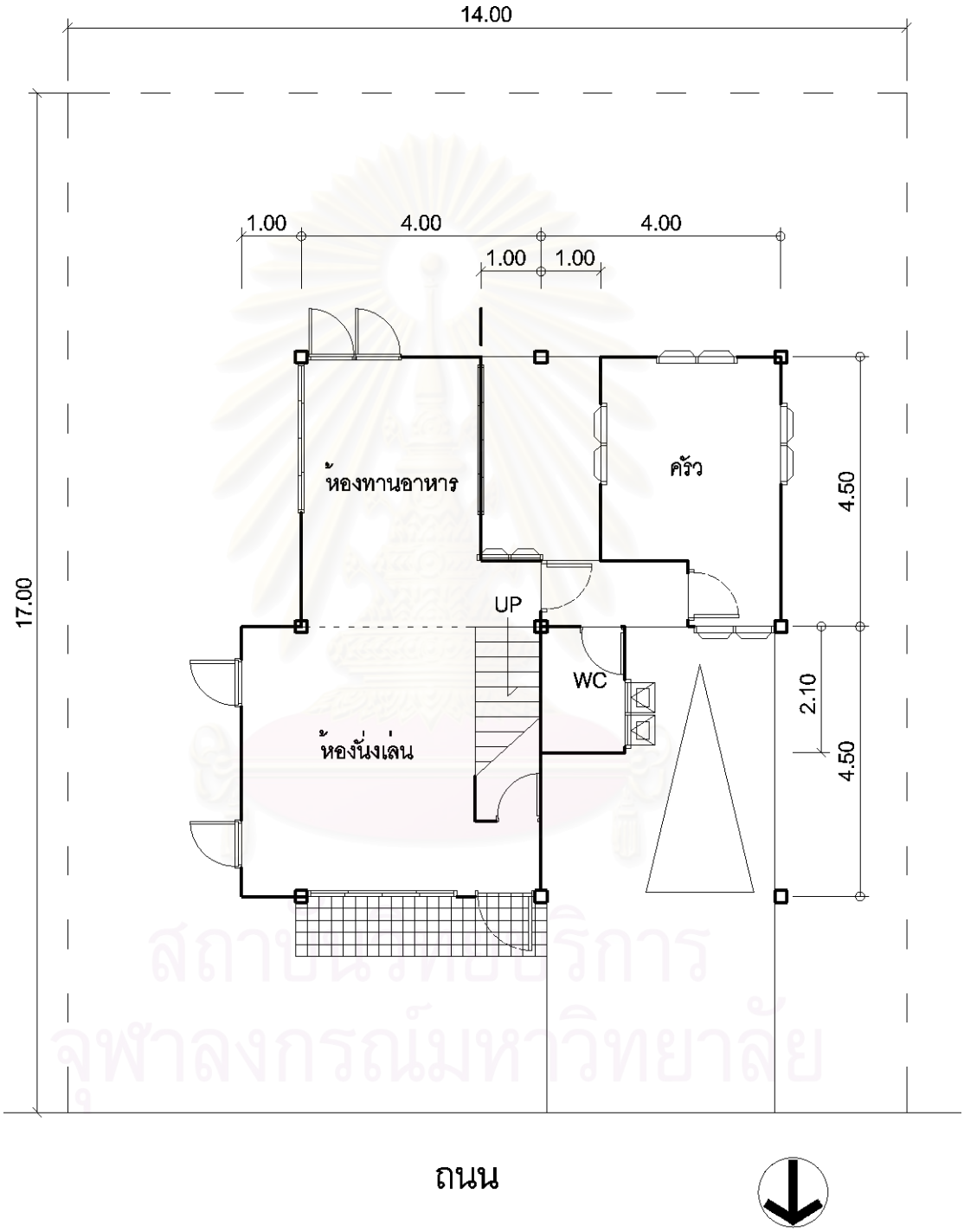
ง. สร้างสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพภายในอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2001. ASHREA Handbook CD, 2001.

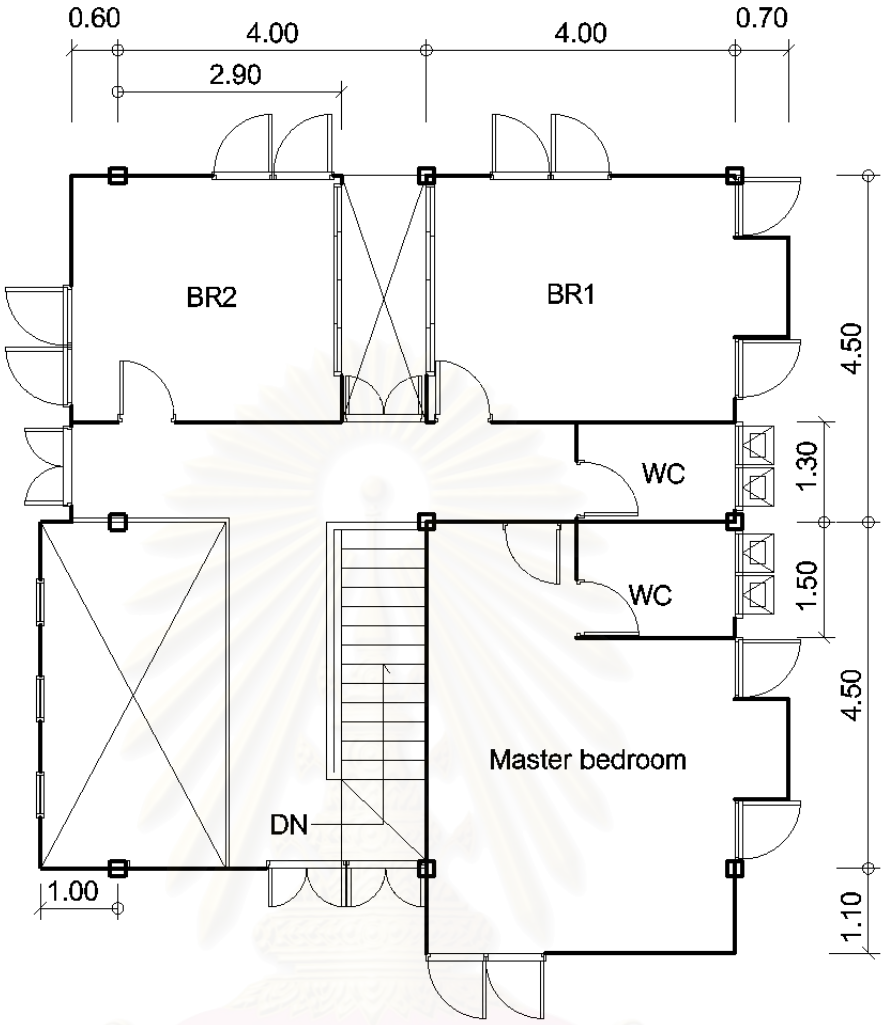
4.4 แบบทางเลือก

4.4.1 แบบที่1



รูปที่ 4.12 ผังพื้นชั้นล่าง แบบทางเลือกแบบที่1

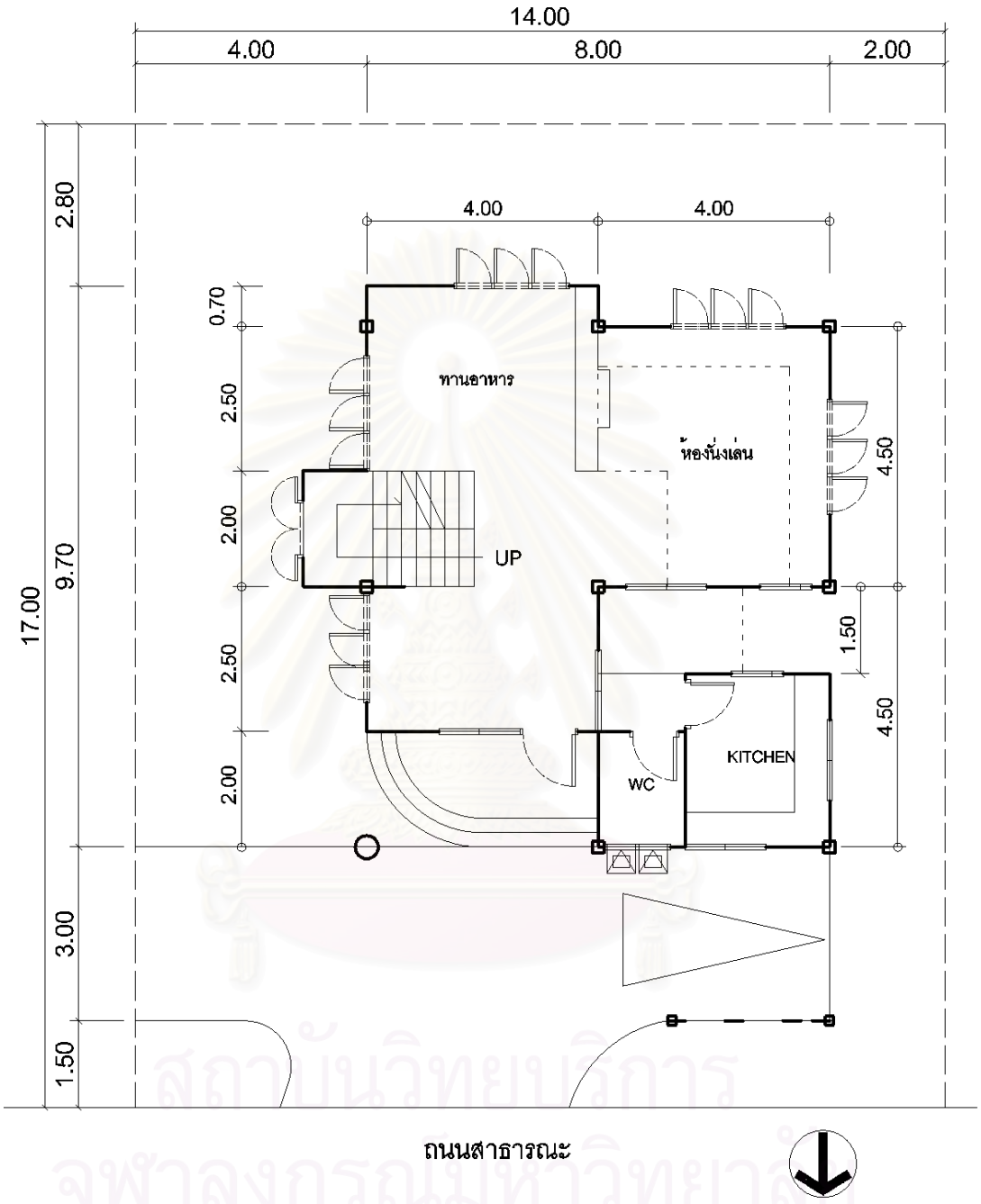
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 ผังพื้นชั้นบน แบบทางเลือกแบบที่1

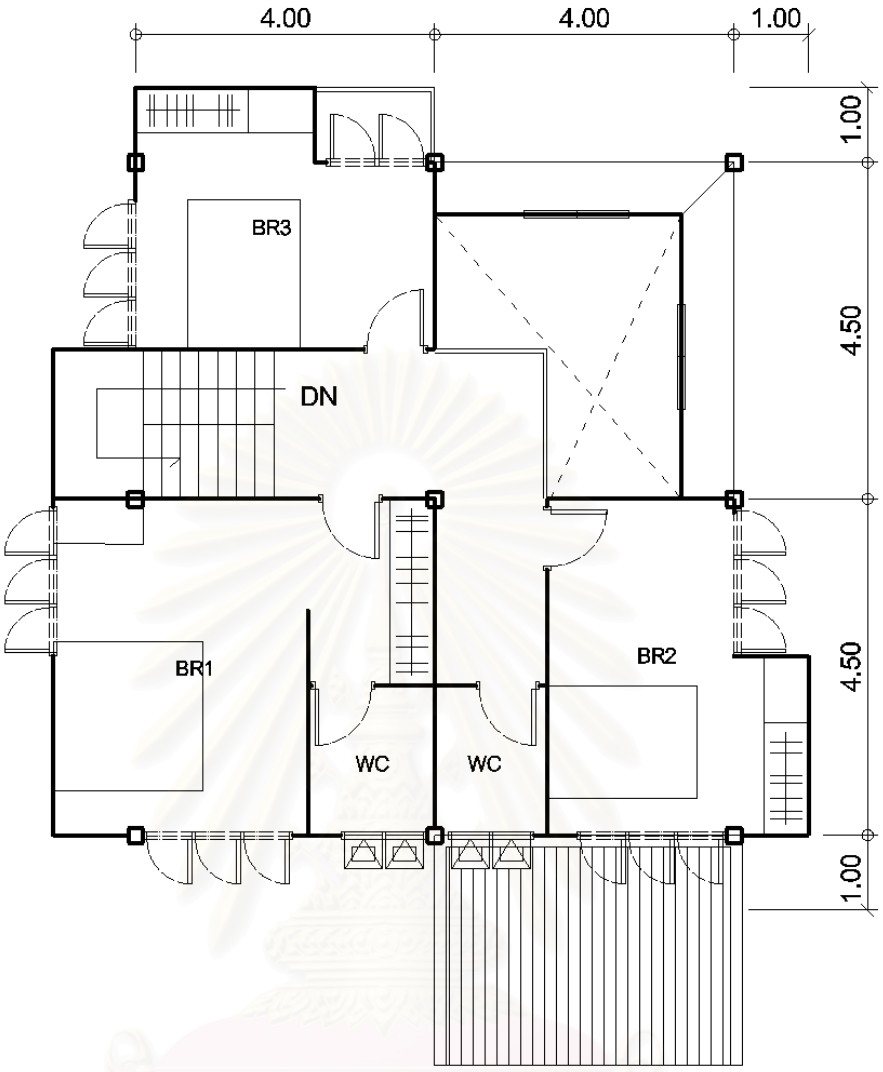
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 แบบที่2



รูปที่ 4.14 ผังพื้นชั้นล่าง แบบทางเลือกแบบที่2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 ผังพื้นชั้นบน แบบทางเลือกแบบที่2

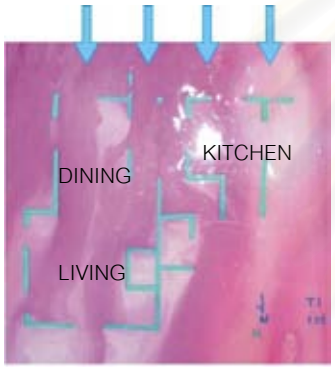
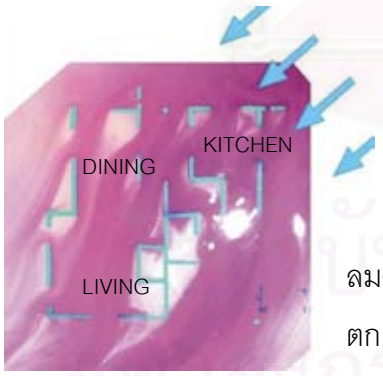
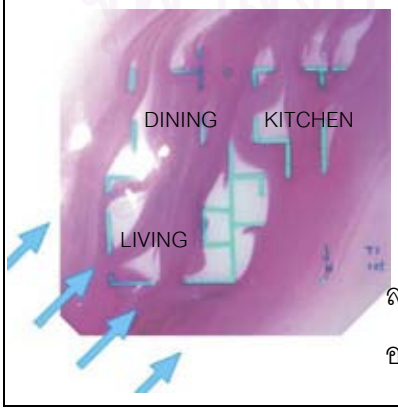
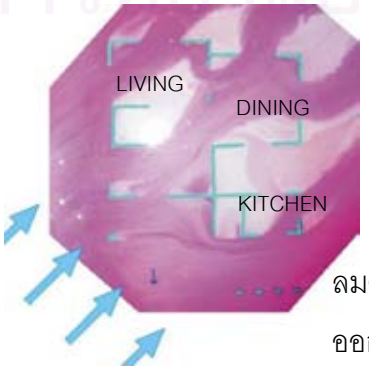
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การทดสอบการระบายอากาศด้วยลมของแบบทางเลือกด้วยเครื่องจำลองการไหลของของไหล

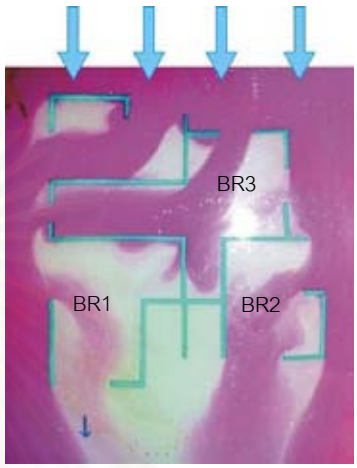
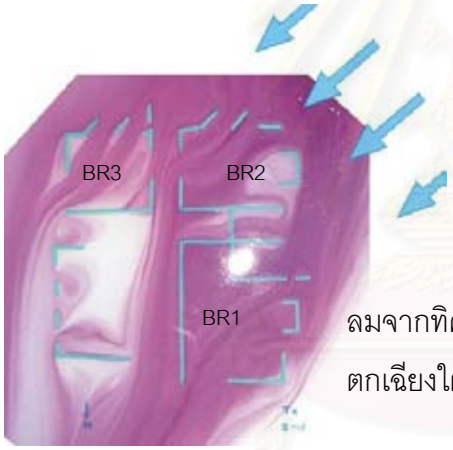
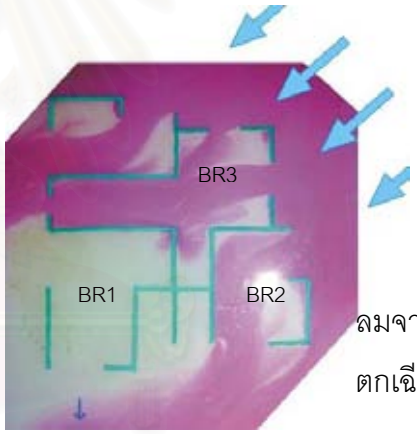
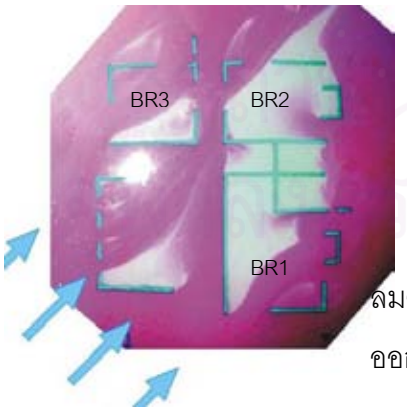
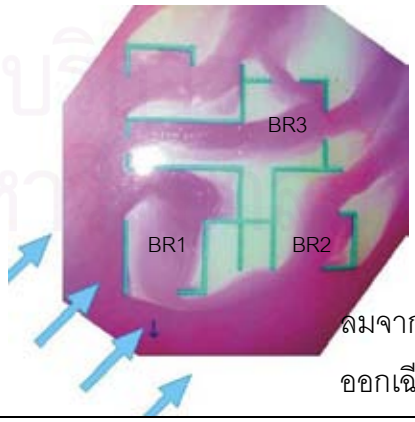
เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ภายในอาคารใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติในการทำความเย็นให้กับอาคาร จึงพิจารณารูปแบบอาคารที่มีการระบายอากาศที่ดีเพื่อนำแบบทางเลือกมาพัฒนาในขั้นต่อไป

4.5.1 ผลการทดสอบการระบายอากาศ

ตาราง 4.3 ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

แบบทางเลือก 1	แบบทางเลือก 2
ผังพื้นชั้นล่าง  ลมจากทิศใต้	**ผังพื้นชั้นล่าง** ลมจากทิศใต้
 ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้	 ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้
 ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	 ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ตาราง 4.3(ต่อ) ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

แบบทางเลือก1	แบบทางเลือก2
ผังพื้นชั้นบน ลมจากทิศใต้	**ผังพื้นชั้นบน**  ลมจากทิศใต้
 ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้	 ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้
 ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	 ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

4.5.2 สรุปผลการทดสอบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

4.5.2.1 แบบที่ 1

ก. ชั้นล่าง มีลักษณะการวางผังภายในอาคารเปิดโล่ง พื้นที่ใช้สอยในอาคารเชื่อมต่อกัน มีการแยกส่วนบริการออกจากพื้นที่ใช้สอยหลัก พื้นที่ทุกส่วนภายในอาคารได้รับลมอย่างทั่วถึง ทั้งลมจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อนและฤดูฝน และลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงฤดูหนาว

ข. ชั้นบนมีลักษณะการวางผังภายในอาคารแบ่งเป็นห้องนอนจำนวน 3 ห้อง และบางส่วนเป็นพื้นที่โล่งซึ่งเชื่อมต่อกับพื้นที่ห้องพักผ่อนในชั้นล่าง กรณีที่มีลมจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ห้องนอน 2,ห้องนอน 3 สามารถรับลมได้ดี ส่วนห้องนอน 1 รับลมค่อนข้างน้อยและลมพัดผ่านเพียงบางส่วนของห้อง ส่วนเปิดโล่งรับลมจากทิศใต้ได้ค่อนข้างน้อยเนื่องจากช่องลมเข้ามีขนาดเล็กกว่าช่องลมออกมาก และกรณีที่มีลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงฤดูหนาว ห้องนอน 2 แทบจะไม่ได้รับลมเลย ส่วนห้องนอน 1 มีลมพัดผ่านบางบริเวณของห้อง

4.5.2.2 แบบที่ 2

ก. ชั้นล่างมีการวางผังแบบเปิดโล่ง มีการแบ่งส่วนใช้สอยบ้างในบางส่วน และแยกส่วนบริการออกจากพื้นที่ใช้สอยหลัก พื้นที่ส่วนใหญ่สามารถรับลมได้ดี แต่ยังมีพื้นที่บางมุมที่ลมพัดผ่านน้อย

ข. ชั้นบนมีลักษณะการวางผังภายในอาคารแบ่งเป็นห้องนอนจำนวน 3 ห้อง และบางส่วนเป็นพื้นที่โล่งซึ่งเชื่อมต่อกับพื้นที่ห้องพักผ่อนในชั้นล่าง กรณีที่มีลมจากทิศใต้ ห้องนอนทุกห้องรวมถึงส่วนเปิดโล่งสามารถรับลมได้ดี กรณีที่มีลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ห้องนอน2,ห้องนอน 3 รวมถึงส่วนเปิดโล่งสามารถรับลมได้ดี แต่ห้องนอน 1 ไม่ได้รับลมเลย ส่วนกรณีที่มีลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงฤดูหนาว ห้องนอน 1 และห้องนอน 3 รับลมทั่วทั้งห้อง แต่ห้องนอน 2 ได้รับลมเพียงบางส่วนของห้อง และส่วนเปิดโล่งจะได้รับลมจากช่องเปิดบริเวณโถงบันได

ตาราง 4.4 แสดงการพิจารณาเลือกแบบทางเลือก โดยพิจารณาจากการระบายอากาศธรรมชาติ

	พื้นที่ใช้สอย	น้ำหนัก	แบบที่ 1		แบบที่ 2	
			คะแนน	รวม	คะแนน	รวม
ชั้นล่าง	พักผ่อน	4	4	16	3	12
	ทานอาหาร	4	4	16	4	16
ชั้นบน	ส่วนเปิดโล่ง	1	2	2	1	1
	ห้องนอน 1	2	2	4	1	2
	ห้องนอน 2	4	3	12	4	16
	ห้องนอน 3	3	3	9	3	9
	คะแนนรวม		**แบบที่ 1**	59	**แบบที่ 2**	56
	1	= น้อย		2	= ค่อนข้างน้อย	
	3	= ค่อนข้างมาก		4	= มาก	

จากตารางคะแนน ผังพื้นแบบที่1 มีการระบายอากาศที่ดีกว่าผังพื้นแบบที่2 จึงเลือกผังพื้นแบบที่ 1 มาพัฒนา โดยเพิ่มการใช้ปล่องระบายอากาศช่วยระบายอากาศในพื้นที่ๆไม่ได้รับลม หรือ ได้รับลมน้อย และเพิ่ม Wing wall ทำให้พื้นที่ภายในห้องได้รับลมมากขึ้น

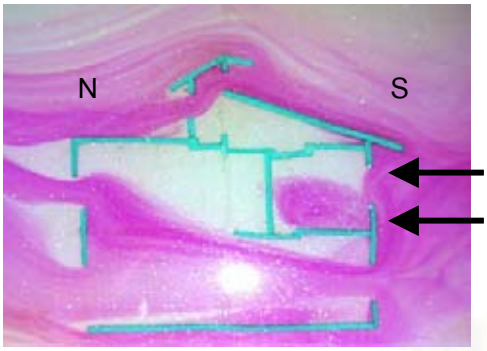
4.6 การระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศ

จากการทดสอบการระบายอากาศด้วยการเปิดรับลมประจำถิ่น พบว่าพื้นที่บางส่วนไม่ได้รับลมหรือรับลมได้น้อยในบางเดือน จึงได้พัฒนาแบบโดยการเพิ่มการระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศ โดยมีการทำงานดังนี้

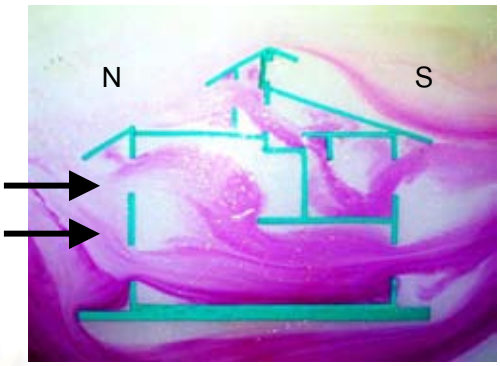
ก. เวลากลางวัน ไม่มีการระบายอากาศจากช่องหลังคาเข้าสู่ห้องนอน1 เนื่องจากเป็นอากาศที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้อง แต่ใช้ระบายความร้อนที่สะสมอยู่ใต้หลังคาออกไปได้

ข. เวลากลางคืน เปิดรับลมจากทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ห้องนอน 1 และ ห้องนอน 2 ในช่วงฤดูร้อนและรับลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ห้องนอน3ได้ในช่วงฤดูหนาว ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเหมาะสม โดยใช้พัดลมระบายอากาศเพิ่มอัตราการระบายอากาศ เนื่องจากลมในช่วงเวลากลางคืนมีความเร็วลมต่ำ และมีการเปิดช่องเปิดเหนือโถงบันไดทำให้อากาศสามารถไหลเวียนจากชั้นล่างสู่ชั้นบน เพื่อทำความเย็นให้กับผนังภายในอาคาร

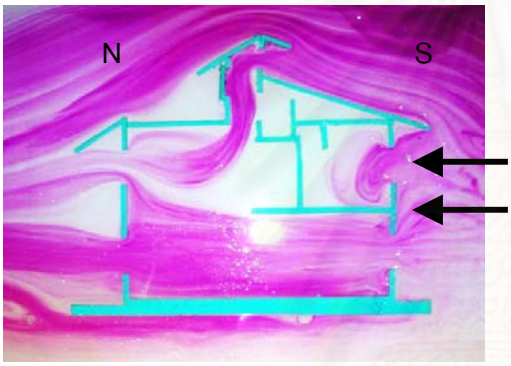
4.6.1 ผลการทดสอบการระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศ



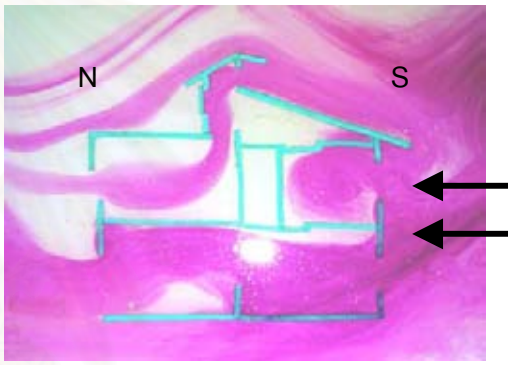
รูปที่ 4.16 การระบายอากาศใต้หลังคาในช่วงกลางวัน



รูปที่ 4.17 การระบายอากาศในเวลากลางคืน กรณีลมมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.18 การระบายอากาศในเวลากลางคืนบริเวณเหนือห้องนั่งเล่น กรณีลมมาจากทิศใต้

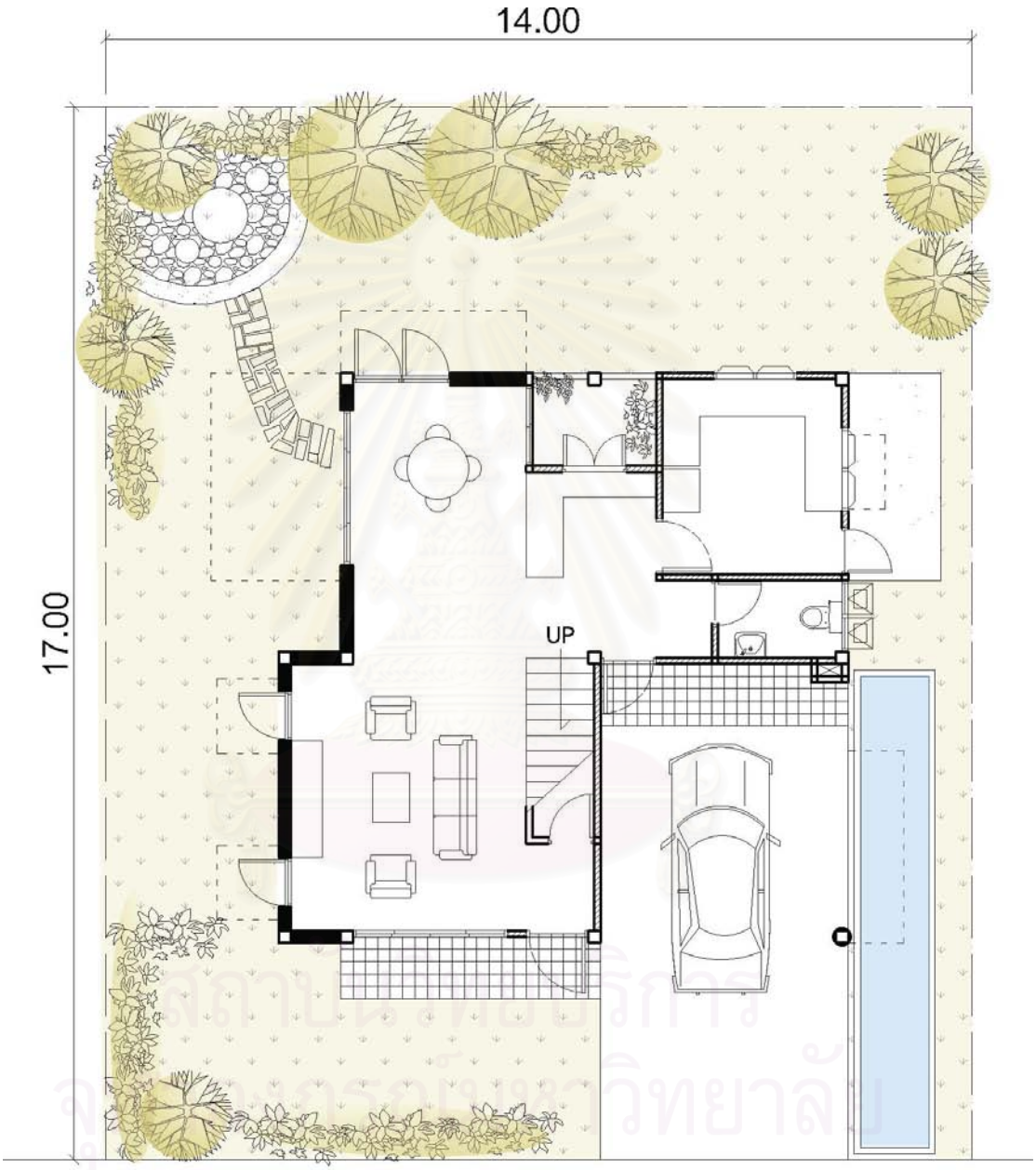


รูปที่ 4.19 การระบายอากาศในเวลากลางคืนผ่านห้องนอน1 กรณีลมมาจากทิศใต้

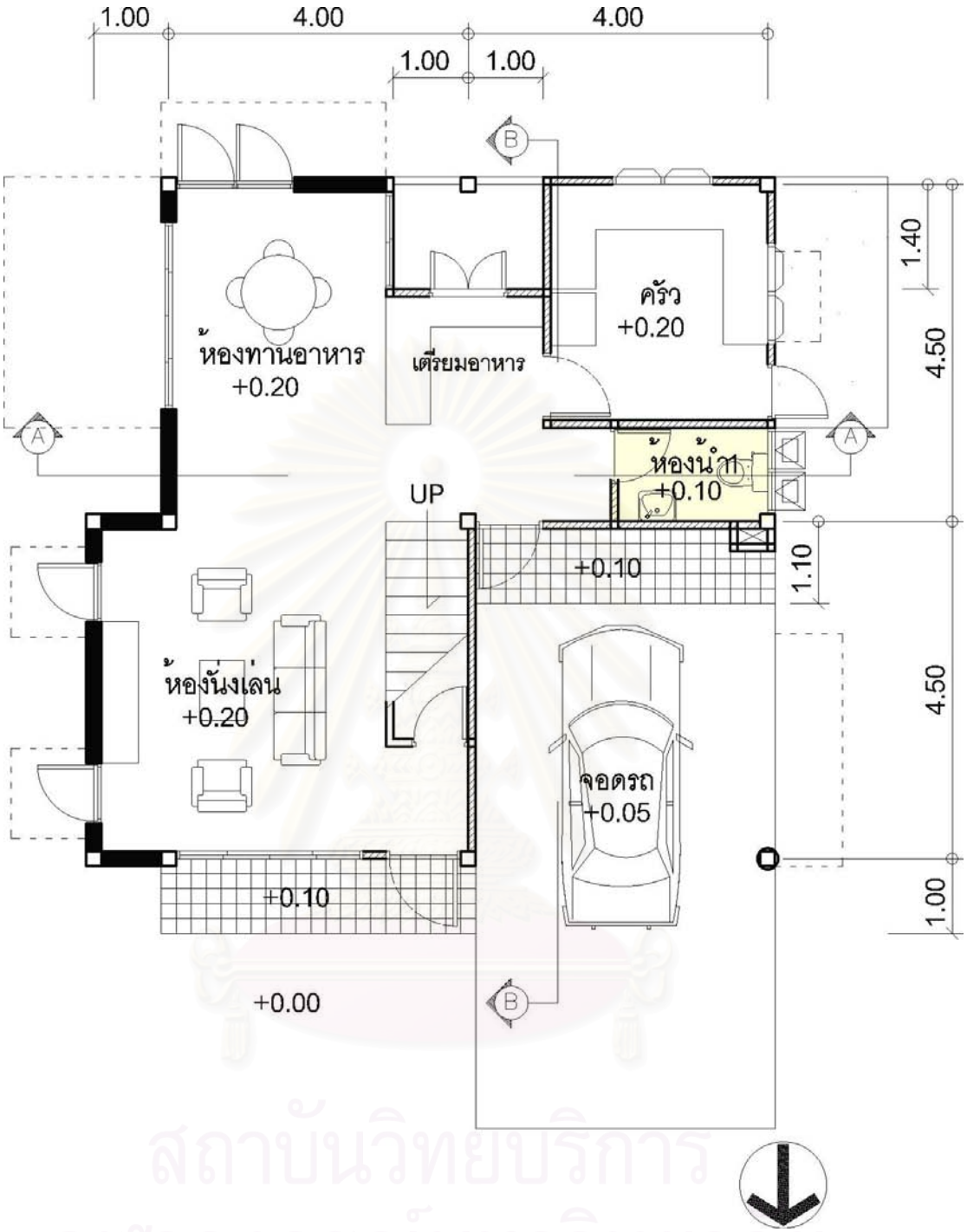
การใช้ปล่องระบายอากาศและดักลม สามารถช่วยดักลมให้แก่ห้องที่อยู่ในตำแหน่งอับลมได้โดยกำหนดตำแหน่งช่องเปิดและการเปิดปิดในช่วงเดือนต่างๆตามทิศทางทางลมอย่างเหมาะสม การเปิดช่องเปิดจากฝ้าเพดานลมจะพัดผ่านเหนือพื้นที่ใช้งานดังนั้นจึงต้องมีการสร้างปีกเพื่อเบี่ยงทิศทางลมให้พัดผ่านระดับตัวผู้ใช้อาคารด้วย ในช่วงกลางวันการระบายอากาศภายในช่องใต้หลังคาสามารถลดอุณหภูมิผิวของฝ้าเพดานได้ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง

4.7 แบบบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

นำแบบทางเลือกที่ผ่านการประเมินข้างต้นมาออกแบบปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ รวมถึงเพิ่มสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

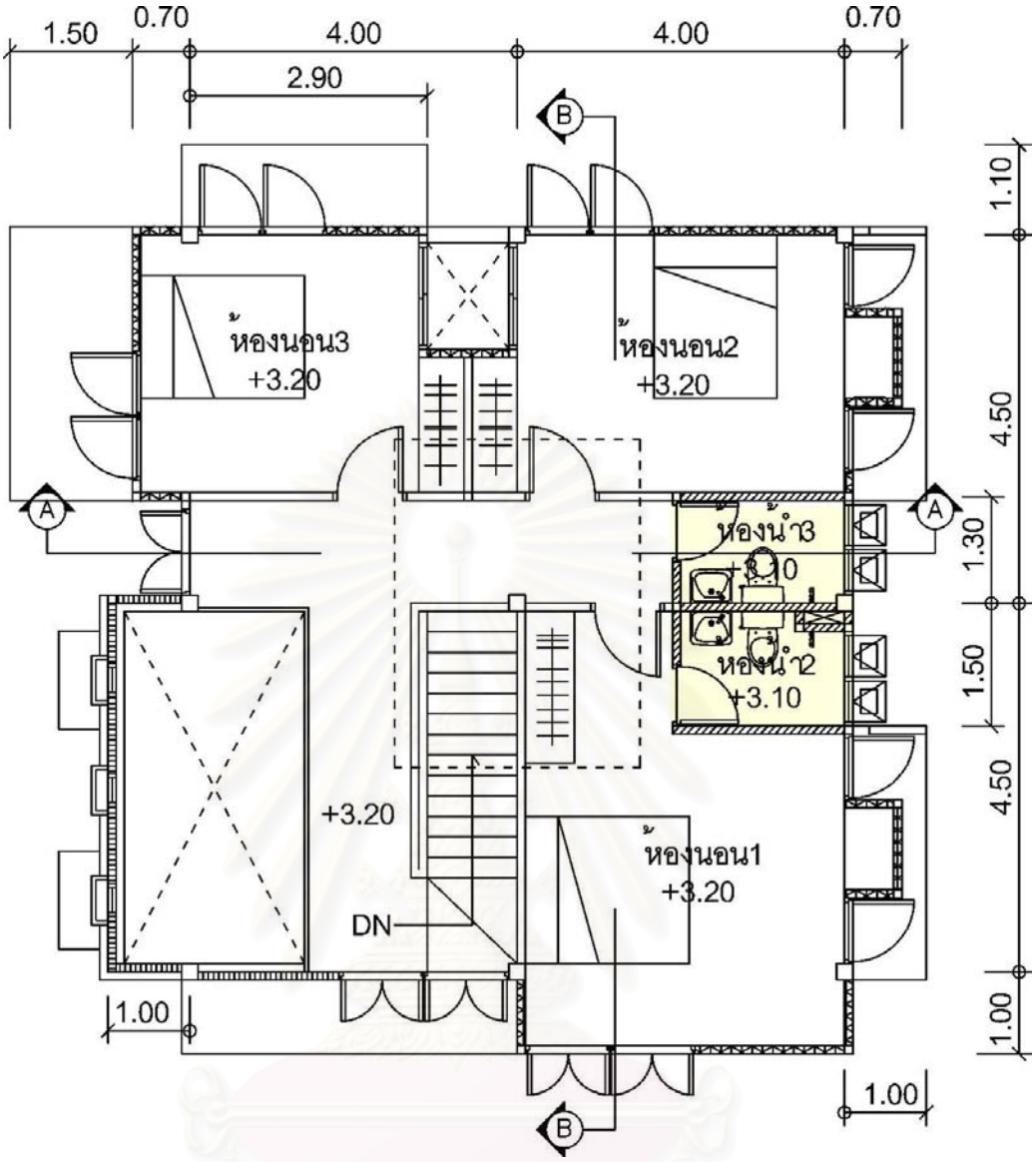


รูปที่ 4.19 ผังบริเวณบ้านแนวคิดยั่งยืน

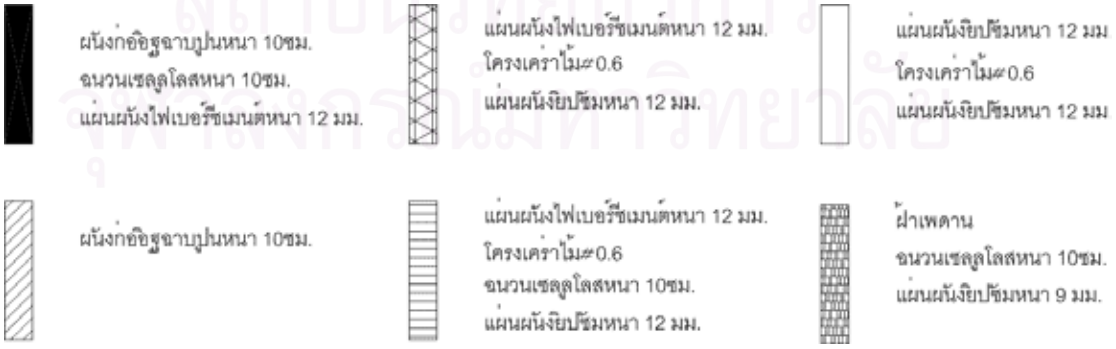


รูปที่ 4.20 ผังพื้นชั้นล่างบ้านแนวคิดยั่งยืน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 ผังพื้นชั้นบนบ้านแนวคิดยั่งยืน



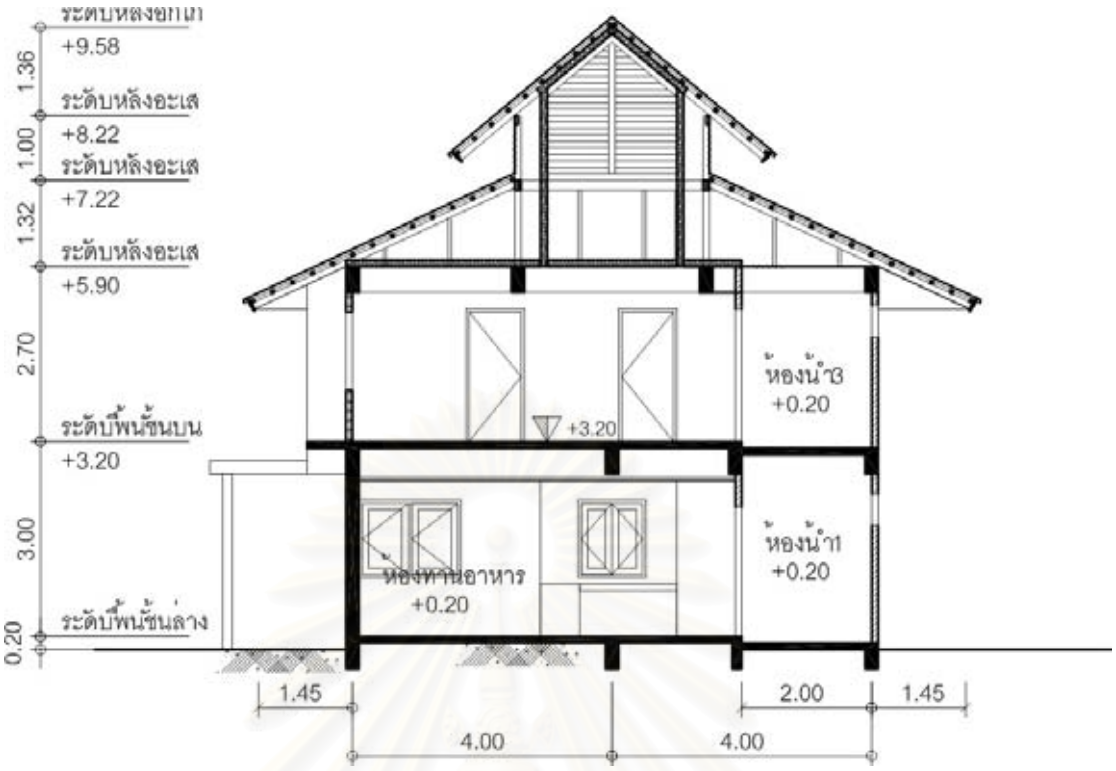
รูปที่ 4.22 สัญลักษณ์วัสดุที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืน

รูปที่ 4.23 รูปด้าน1 บ้านแนวคิดยั่งยืน

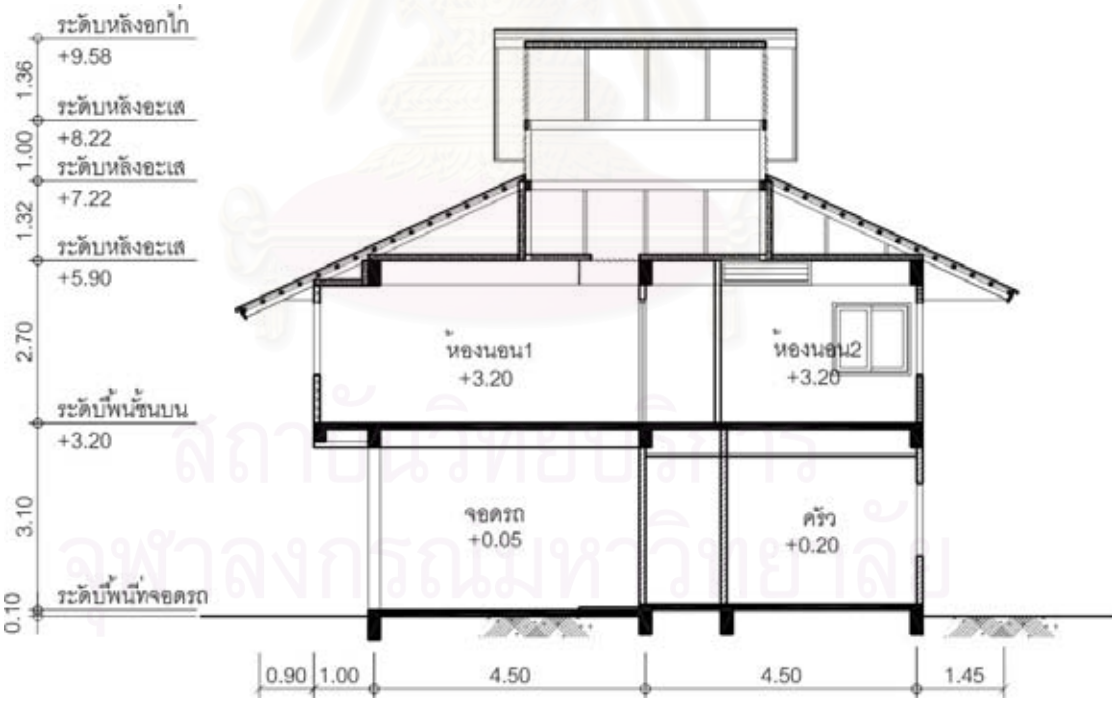
รูปที่ 4.24 รูปด้าน2 บ้านแนวคิดยั่งยืน

รูปที่ 4.25 รูปด้าน3 บ้านแนวคิดยั่งยืน

รูปที่ 4.26 รูปด้าน4 บ้านแนวคิดยั่งยืน



รูปที่ 4.27 รูปตัดA บ้านแนวคิดยั่งยืน

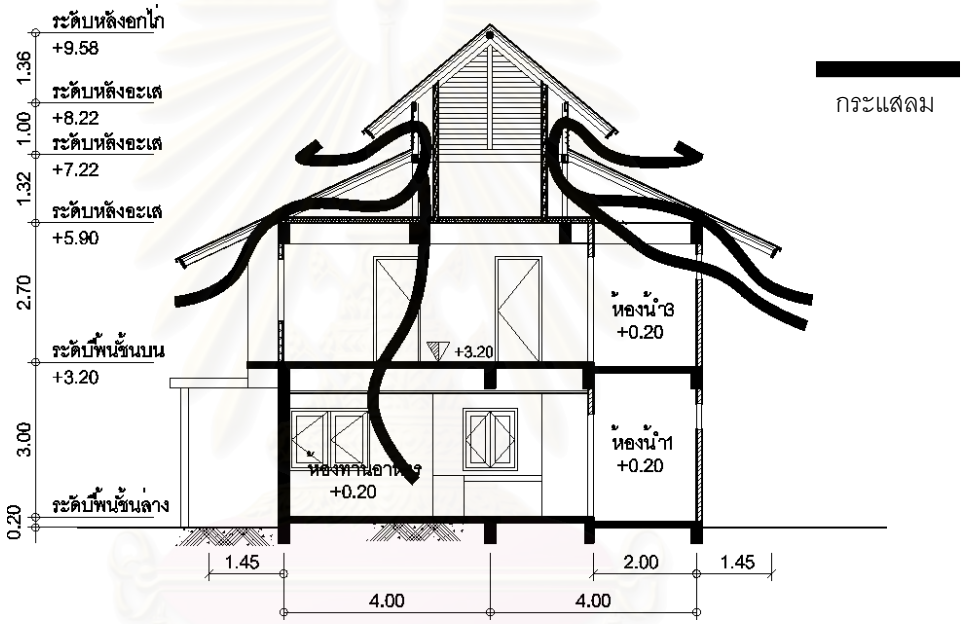


รูปที่ 4.28 รูปตัดB บ้านแนวคิดยั่งยืน

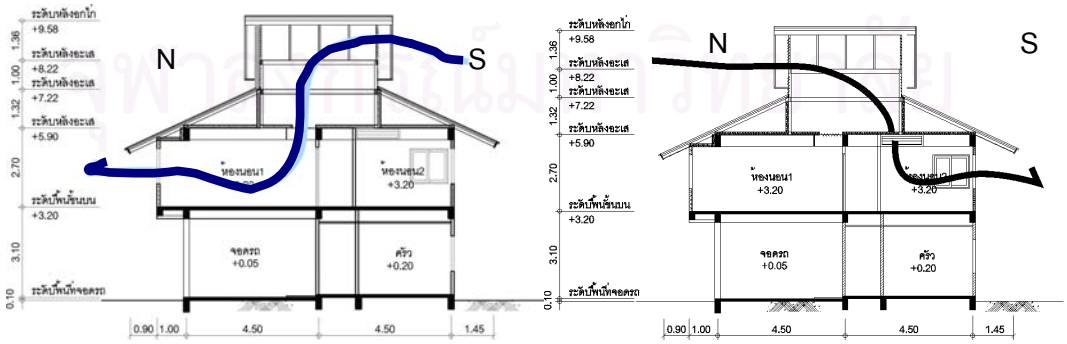
4.8 รายละเอียด ระบบอุปกรณ์อาคาร

4.8.1 การระบายอากาศและ ระบบปรับอากาศ

ปรับปรุงการระบายอากาศของห้องที่อยู่ในด้านอับลมโดยการใช้ปล่องระบายอากาศ ซึ่งปล่องระบายอากาศนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ระบายอากาศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะระบายอากาศใต้หลังคา และพื้นที่ห้องพักผ่อนที่มีฝ้าเพดานสูงพิเศษ รวมถึงห้องน้ำที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว อีกส่วนคือระบายอากาศโดยการดักลมเพื่อให้ลมไหลผ่านปล่องไปสู่ห้องที่อยู่ในตำแหน่งอับลมได้

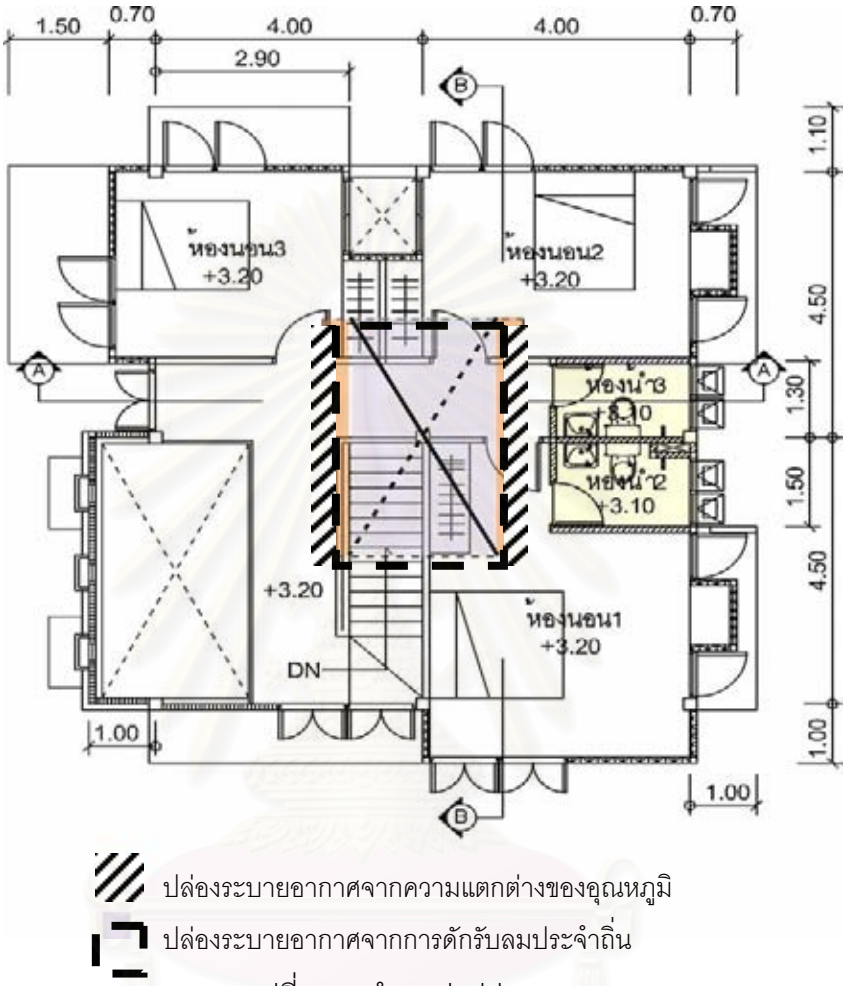


รูปที่ 4.29 การระบายอากาศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

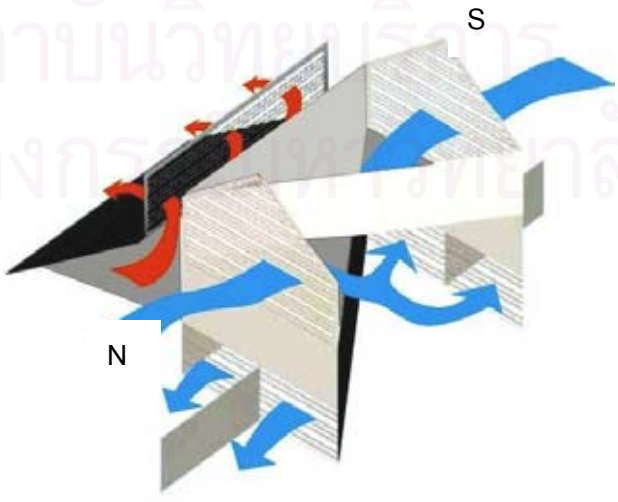


รูปที่ 4.30 การระบายอากาศจากการดักรับลมประจำถิ่นจากทิศใต้(รูปซ้าย)และทิศเหนือ(รูปขวา)

ภายในปล่องระบายอากาศในส่วนที่ใช้ดักลม จะแบ่งเป็น 2 ปล่องย่อยภายใน เพื่อแยกรับลมจากด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศใต้ ไขว้กัน



รูปที่ 4.31 ตำแหน่งปล่องระบายอากาศ

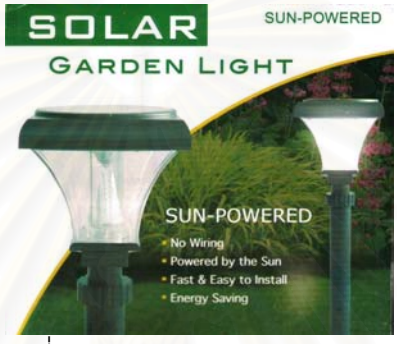


รูปที่ 4.32 แสดงการระบายอากาศภายในปล่องระบายอากาศ

4.8.2 ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง

ในการออกแบบผังพื้นได้จัดวางพื้นที่ใช้สอยให้ได้รับแสงธรรมชาติอย่างทั่วถึง ระยะห่างระหว่างช่องเปิดถึงพื้นที่ใช้สอยลึกที่สุดประมาณ 4 เมตร ดังนั้นในช่วงกลางวันจึงแทบจะไม่ต้องใช้แสงประดิษฐ์เลย ในการเลือกใช้ดวงโคมควรใช้ไฟฟลูออเรสเซนต์ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานได้ โดยกำหนดให้บ้านแนวคิดยั่งยืนนี้ใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้าน 2.875 วัตต์/ตร.ม.

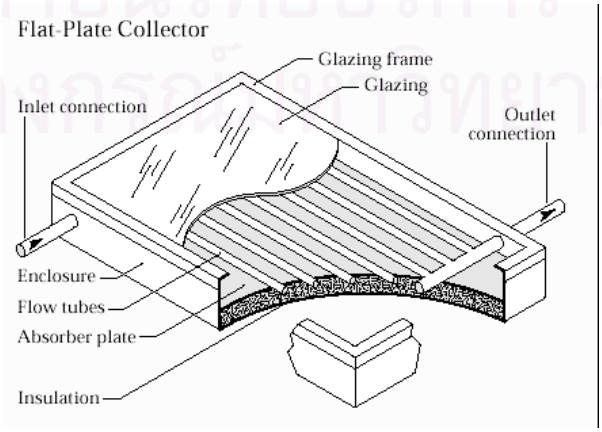
ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคารที่ใช้ในเวลากลางคืน ใช้ดวงโคมพลังแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์จากเวลากลางวันเพื่อจ่ายให้กับดวงโคมในช่วงกลางคืน



รูปที่ 4.33 ดวงโคมพลังแสงอาทิตย์

4.8.3 การใช้พลังงานหมุนเวียน พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

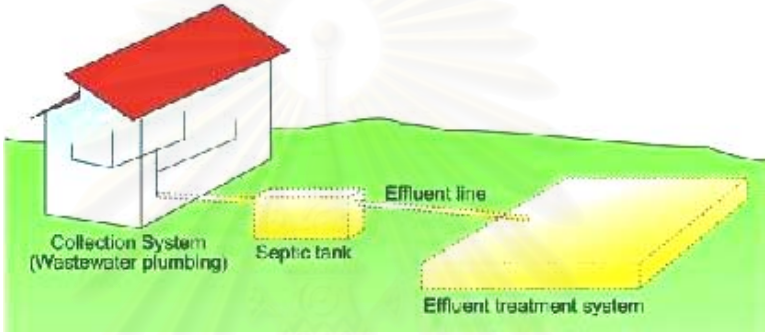
การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีอุปกรณ์เรียกว่า Solar collector เป็นเครื่องมือสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ใช้ในการทำความร้อนให้กับน้ำได้ ประกอบด้วยกล่องที่พื้นที่ภายในเป็นตัวดูดซับแสงอาทิตย์ซึ่งจะมีสีดำและปิดด้วยกระจกซึ่งรับแสงอาทิตย์ให้ผ่านเข้าไปในกล่องและแปลงเป็นความร้อน โดยกระจกสามารถกักเก็บความร้อนได้ดี และมีท่อน้ำผ่านกล่อง Solar Collector ความร้อนที่อยู่ภายในกล่องจะถูกถ่ายเทไปยังน้ำที่ไหลผ่านท่อภายในกล่อง



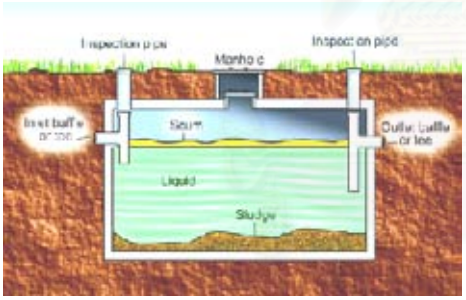
รูปที่ 4.34 องค์ประกอบของ Solar Collector

4.8.4 การกักเก็บน้ำฝนและระบบบำบัดน้ำ

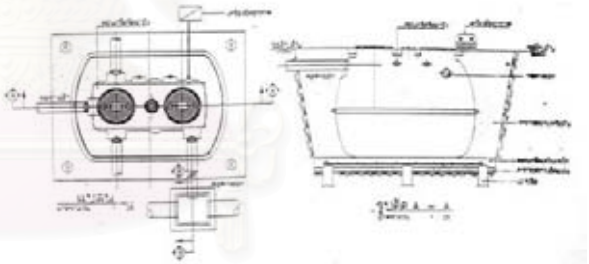
การกักเก็บน้ำฝนและนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นแนวทางในการลดปริมาณความต้องการใช้น้ำและลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นด้วย น้ำที่สามารถนำบำบัดได้ง่ายในพื้นที่เล็กๆ เช่น น้ำจากการซักผ้า, ล้างจาน, ล้างมือ, อาบน้ำ เป็นต้น ซึ่งมีการปนเปื้อนน้อยและมักนำกลับมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้เป็นหลัก โดยการบำบัดจะใช้วิธีทิ้งน้ำไว้ให้ตกตะกอน ก่อนที่จะเก็บในบ่อเพื่อรอการใช้งาน หรืออาจนำไปบำบัดเพื่อให้มีการปนเปื้อนน้อยลงต่อไป ส่วนน้ำเสียจากส้วมใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป



รูปที่ 4.35 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถังบำบัด

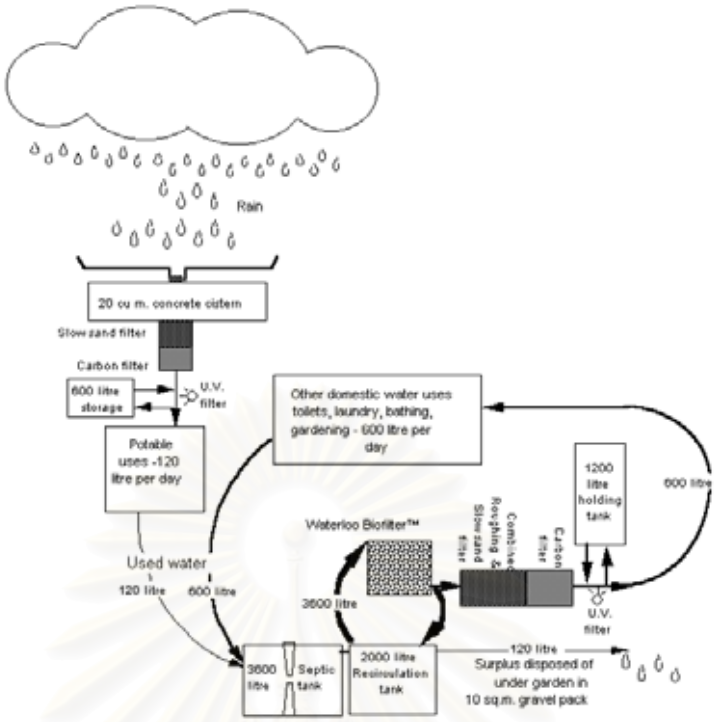


รูปที่ 4.36 ถังบำบัดด้วยการตกตะกอน



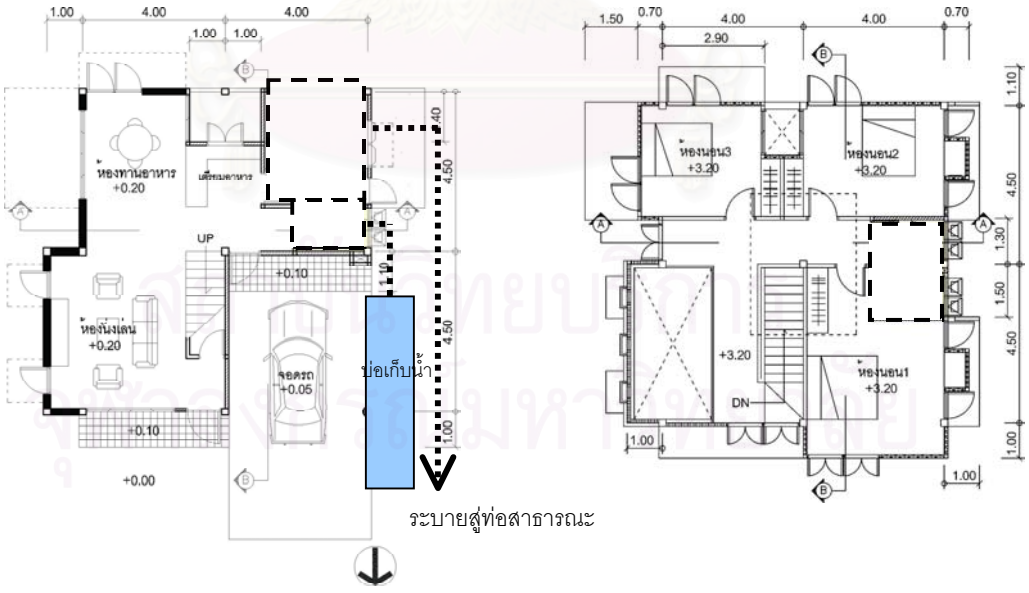
รูปที่ 4.37 ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

การนำน้ำฝนและน้ำทิ้งมาบำบัดใช้ในการอุปโภคเป็นหลัก ในการบำบัดเพื่อการบริโภคควรเพิ่มอุปกรณ์การกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพ เช่น เครื่องกรองน้ำที่มีระบบกรองที่ดีและมีการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต(UV) ก็สามารถจะนำน้ำมาบริโภคได้

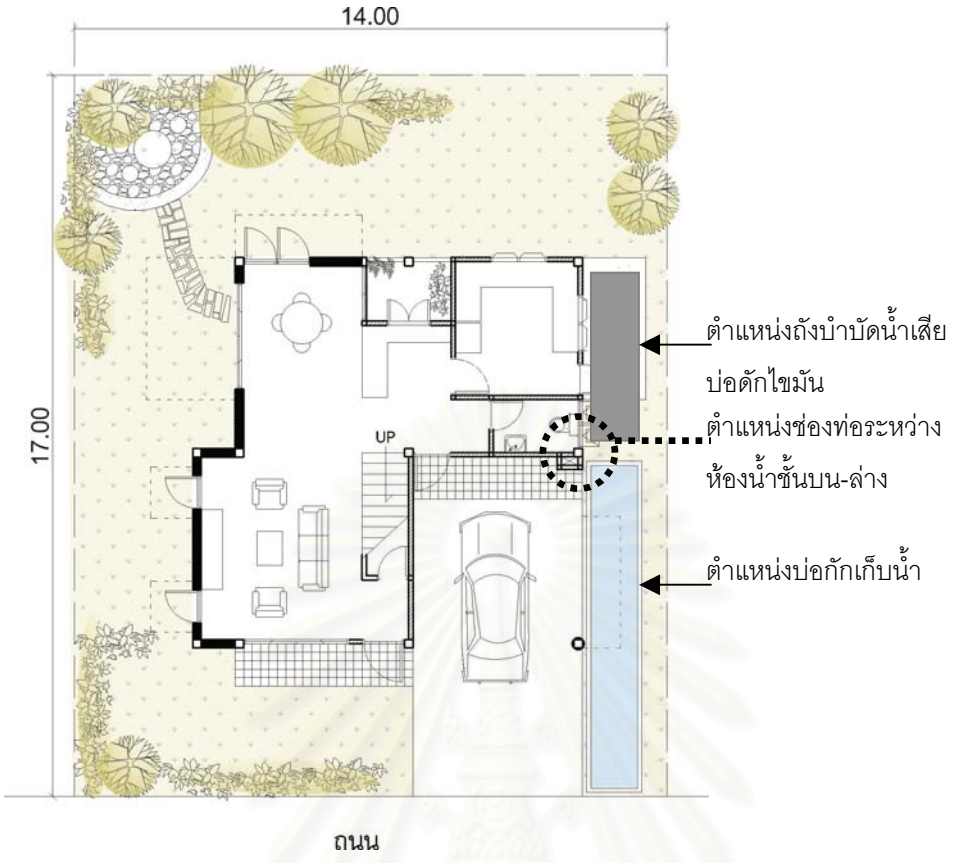


รูปที่ 4.38 การบำบัดน้ำฝนเพื่อใช้ในการบริโภค

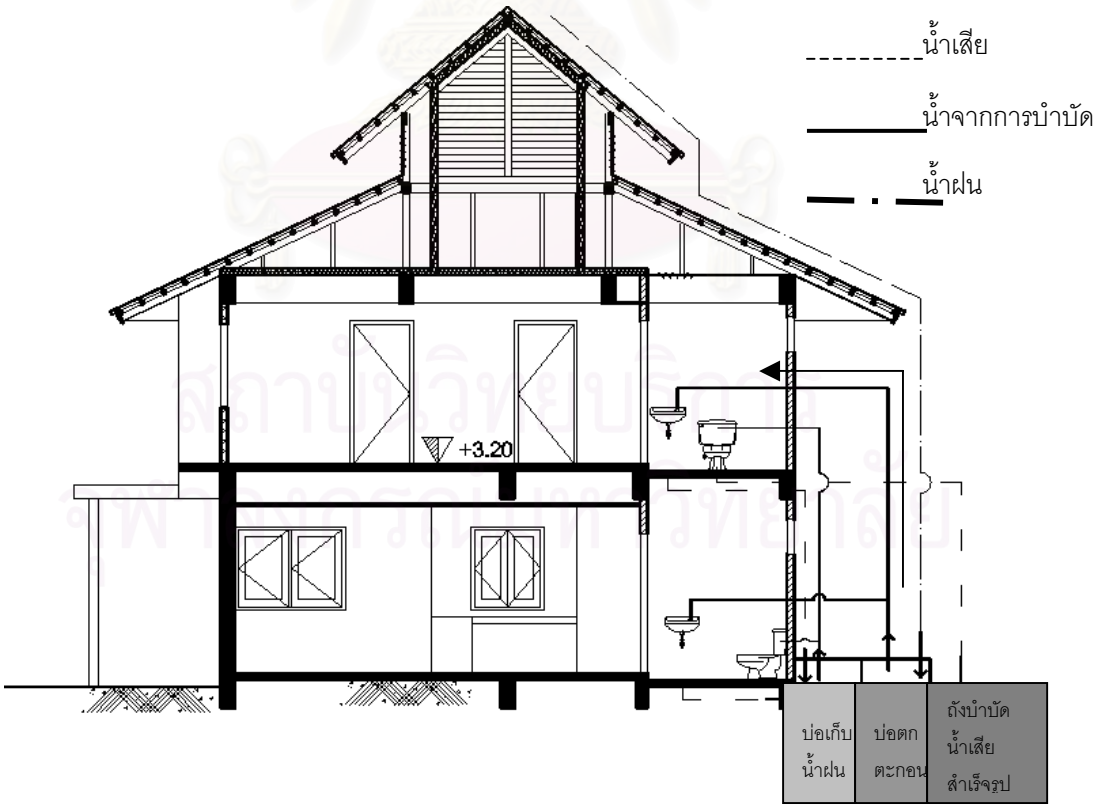
ในการออกแบบบ้านพักด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนใช้การทิ้งให้น้ำตกตะกอน โดยวางตำแหน่งของจุดที่จะใช้น้ำ ได้แก่ ห้องน้ำและห้องครัวไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ทำให้การเดินท่อและการบำรุงรักษาทำได้ง่าย



รูปที่ 4.39 ตำแหน่งห้องน้ำและห้องครัวในอาคาร



รูปที่ 4.40 ตำแหน่งระบบบำบัดน้ำในพื้นที่โครงการ



รูปที่ 4.41 รูปตัดแสดงการบำบัดและนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

4.9 การก่อสร้างอาคาร

4.9.1 ระบบการก่อสร้าง

ช่วงระยะการก่อสร้างอาคารเป็นช่วงที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน วิธีการก่อสร้างที่เลือกใช้มีผลต่อปริมาณพลังงาน, วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง, น้ำ และเศษวัสดุที่เกิดขึ้น ระบบการก่อสร้างอาคารขนาดเล็กในประเทศไทยส่วนใหญ่ไม้ได้ให้ความสำคัญหรือมีการจัดการกับเศษวัสดุที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นระบบเสาคานและการก่อสร้างในที่เป็นหลัก ซึ่งใช้เวลาก่อสร้างนานกว่าระบบสำเร็จรูปและยังควบคุณภาพได้ยากกว่าด้วย ในการออกแบบนี้ใช้ระบบก่อสร้างเสา-คาน ซึ่งสามารถต่อเติมและปรับเปลี่ยนได้ง่ายในอนาคต

4.9.2 วัสดุก่อสร้าง

ในตลาดวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยยังมีการให้ความสำคัญกับวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่มาก การวิเคราะห์และจัดลำดับหรือการรับรองมาตรฐานของวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยังมีไม่มากซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการเลือกใช้วัสดุ ในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดยั่งยืนนี้พิจารณาจาก

ก. คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการใช้พลังงาน
ข. พลังงานสะสม (embodied energy)
ค. การนำมากลับมาใช้ใหม่ (recycle) และส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล(recycle content)
ง. ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
จ. มีจำหน่ายในตลาดวัสดุก่อสร้างในประเทศไทย
ฉ. ราคา

ในการพิจารณาเลือกวัสดุสำหรับแต่ละพื้นที่ๆมีการใช้สอยในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คุณสมบัติของวัสดุอาคารที่จะส่งผลถึงสภาพอากาศภายในอาคารในเวลาที่มีการใช้สอย และปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศจึงเป็นสิ่งที่ให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกได้แก่

ก. พื้นที่ๆมีการใช้งานช่วงกลางวันใช้วัสดุมีมวลมากและมีค่าความต้านทานความร้อนสูง สามารถป้องกันและหน่วงความร้อนได้ดี

ข. พื้นที่ๆมีการใช้งานช่วงกลางคืนใช้วัสดุที่มีวลน้อยทำให้การสะสมความร้อนน้อย ช่วงกลางคืนจึงคายความร้อนและปรับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับสภาพอากาศภายนอกที่ค่อนข้างต่ำได้อย่างรวดเร็ว

ในกรณีที่วัสดุมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันให้ความสำคัญกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เช่น พลังงานสะสม,ปริมาณส่วนผสมวัสดุรีไซเคิล ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดีกว่าข้องมูลเชิงคุณภาพ เป็นลำดับรองลงมา ทั้งนี้วัสดุที่เลือกใช้ต้องมีจำหน่ายภายในประเทศ

จากการพิจารณาเลือกใช้วัสดุจากหลักการข้างต้นได้เลือกใช้วัสดุต่างๆดังตาราง ตาราง 4.4 แสดงข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้

	วัสดุ	ความหนาแน่น	ความหนา	ค่าการนำความร้อน(k)	ค่าความต้านทานความร้อน(R)	พลังงานสะสม
		(กก./ลบ.ม.)	(เมตร)	(W/m K)	(m^2 K/W)	(MJ/kg)
พื้น-นอก	แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป		0.05	1.442		2
	คอนกรีตเททับหน้า	2400	0.05	1.442	0.035	0.1
	กระเบื้องเซรามิก		0.005			2.5
	U value (W/m^2 K) =	4.28				
พื้น-นอก	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	1300	0.02	0.22	0.091	9.5
	ช่องว่างอากาศ				0.153	
	ฉนวนเซลลูโลส	40	0.05	0.045	1.111	3.3
	ยิปซัมบอร์ด	880	0.009	0.191	0.047	4.5
	U value (W/m^2 K) =	0.5				
พื้น-ใน	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	1300	0.02	0.22	0.091	9.5
	ช่องว่างอากาศ				0.153	
	ยิปซัมบอร์ด	880	0.009	0.191	0.047	4.5
	U value (W/m^2 K) =	1.26				
ผนัง 1	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	1300	0.012	0.22	0.055	9.5
	ฉนวนเซลลูโลส	40	0.1	0.045	2.222	3.3
	อิฐก่อ	1760	0.1	1.154	0.087	2.5
	ปูนฉาบ	1568	0.01	0.553	0.018	7.8
	U value (W/m^2 K) =	0.393				
ผนัง 2	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	1300	0.012	0.22	0.055	9.5
	ช่องว่างอากาศ		0.1		0.16	
	แผ่นยิปซัม	880	0.012	0.191	0.063	4.5
	U value (W/m^2 K) =	2.26				
ผนัง 3	แผ่นยิปซัม	880	0.019	0.191	0.099	4.5
	ช่องว่างอากาศ		0.1		0.16	
	แผ่นยิปซัม	880	0.019	0.191	0.099	4.5
	U value (W/m^2 K) =	1.28				

ตาราง 4.4(ต่อ) แสดงข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้

	วัสดุ	ความหนาแน่น	ความหนา	ค่าการนำความร้อน(k)	ค่าความต้านทานความร้อน(R)	พลังงานสะสม
ผนัง 4	ปูนฉาบ	300	0.01	0.553	0.018	7.8
	อิฐก่อ	1760	0.1	1.154	0.087	2.5
	ปูนฉาบ	1568	0.01	0.553	0.018	7.8
	U value ($W/m^2 K$) =	3.486				
ผนัง 5	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	1300	0.012	0.22	0.055	9.5
	ฉนวนเซลลูโลส	40	0.1	0.045	2.222	3.3
	แผ่นยิปซัม	880	0.012	0.191	0.063	4.5
	U value ($W/m^2 K$) =	0.399				
หลังคา 1	แผ่นหลังคาคอนกรีต	2080	0.012	0.198	0.061	9.5
	ฉนวนเซลลูโลส	40	0.1	0.045	2.222	3.3
	ช่องว่างอากาศ				1.204	
	ยิปซัมบอร์ด	880	0.009	0.191	0.047	4.5
	U value ($W/m^2 K$) =	0.206				
หน้าต่าง	กระจก	2512	0.006	1.053	0.006	15.9
	U value ($W/m^2 K$) =	5.89				

นอกจากคุณสมบัติของวัสดุแล้ว ผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง การเปรียบเทียบผลกระทบของวัสดุยากที่จะเปรียบเทียบในเชิงปริมาณ เนื่องจากผลกระทบของการผลิตวัสดุแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ในการศึกษานี้อ้างอิงข้อมูลจาก Green Building Handbook Volume 1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้างทั่วไป วัสดุที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืนได้เลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสม มีจำหน่ายในประเทศไทยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.5 ผลกระทบของวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆต่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Tom Woolley, Green Building Handbook Volume 1. London: Spon Press, 2001.

Material	กระบวนการผลิต										การใช้					
	พลังงาน	แหล่งทรัพยากร(bio)	แหล่งทรัพยากร(non-bio)	ภาวะโลกร้อน	การทำลายชั้นบรรยากาศ	ความเป็นพิษ	ฝนกรด	ปฏิกิริยา ปิโตรเคมี	Occupational Health	อื่นๆ	พลังงาน	ความคงทนการบำรุงรักษา	การรีไซเคิลการทำลาย	สุขภาพ	Thermal Performance	อื่นๆ
ฉนวน																
Celulose Fiber	●															
Fiber glass	●		●			●	●	●		●			●	●		
Polystyrene EPS			●													
Polyurethane Foam	●		●			●	●	●		●				●		
ผนัง																
อิฐ	●					●	●	●		●						
คอนกรีตบล๊อค	●	●	●	●		●	●	●		●						
คอนกรีตมวลเบา	●	●	●	●		●	●	●		●				●		
Mortar																
Ordinary portland cement	●		●	●		●	●	●		●			●	●		
Pure lime	●		●			●	●	●		●				●		
Masonry cement	●		●	●		●	●	●		●			●	●		
Sand + Gravel		●	●							●						
วัสดุแผ่น																
ไม้อัด	●	●	●	●		●	●		●				●	●		●
Particel board	●		●	●		●	●		●				●	●		●
Wood cement particle	●	●	●	●		●	●						●	●		●
Laminate Tropical Hard wood	●	●							●				●			
กรอบหน้าต่าง																
อลูมิเนียม	●		●	●		●	●	●		●			●	●	●	
เหล็ก	●	●	●	●		●	●	●		●			●	●	●	
U-PVC	●		●			●	●	●		●			●	●	●	
Tropical Hard wood	●	●	●							●			●	●	●	
หลังคา																
Clay tile	●	●		●		●	●									●
Concrete tile	●	●	●	●		●	●		●				●	●		●
Fiber cement tile	●	●	●	●		●	●		●				●	●		●
Asphalt shingle	●	●		●		●	●		●				●	●		●
เหล็ก (Alu. Coated)	●	●	●	●		●	●						●	●		
อลูมิเนียม	●	●	●	●		●	●							●		

ตาราง 4.5(ต่อ) ผลกระทบของวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆต่อสิ่งแวดล้อม

Material	กระบวนการผลิต										การใช้					
	พลังงาน	แหล่งทรัพยากร(bio)	แหล่งทรัพยากร(non-bio)	ภาวะโลกร้อน	การทำลายชั้นบรรยากาศ	ความเป็นพิษ	ฝนกรด	ปฏิกิริยา ไบโตรเคมี	Occupational Health	อื่นๆ	พลังงาน	ความคงทนถาวร/บำรุงรักษา	การรื้อใช้/การทำลาย	สุขภาพ	Thermal Performance	อื่นๆ
รางน้ำฝน																
➡ สังกะสี	●		•	●		●	●	●		●			●			
เหล็กหล่อ	●	•	●	●		●	●	●		●		•				
Glass reinforce polyester	●		●			●	●	●		●			●			
วัสดุแต่งผิว																
PVC / Vinyl	●		●	●		●	●						●	●		●
Wood / Parquet	•	●												•		
Stone	•		●											•		

●	มากที่สุด	➡	วัสดุที่เลือกใช้
●	มากที่สุด		
●	น้อย		
•	น้อยที่สุด		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การเปรียบเทียบและประเมินบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนกับบ้านพักอาศัยทั่วไป

แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน 4 ประการ ซึ่งได้นำมาใช้เปรียบเทียบและประเมินบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนกับบ้านพักอาศัยทั่วไป ได้แก่

5.1 พลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร

5.2 วัสดุ พลังงานสะสมในวัสดุ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวัสดุ

5.3 น้ำ ปริมาณการใช้น้ำ

5.4 คุณภาพชีวิตผู้ใช้อาคาร สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ (thermal comfort)

5.1 พลังงาน

การประเมินการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมDOE2 จำลองสภาพบ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนและบ้านพักอาศัยทั่วไป โดยกำหนดตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ทิศทางการวางตัวอาคาร การใช้สอยอาคาร ข้อมูลสภาพอากาศ และระดับอุณหภูมิภายในห้องเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผังพื้นอาคาร และวัสดุ กำหนดให้มีการปรับอากาศในห้องนอน 1 ซึ่งเป็นห้องนอนที่ใหญ่ที่สุดเพียงห้องเดียว

ตาราง 5.1 ตารางแสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรม DOE2

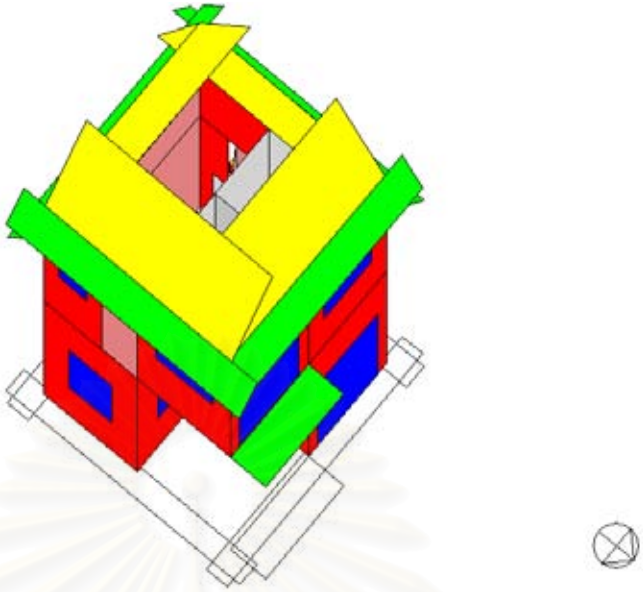
ข้อมูล	ค่า
ที่ตั้งอาคาร	กรุงเทพมหานคร
การวางตัวอาคาร	อาคารหันด้านหน้าไปทางทิศเหนือ
การใช้สอยอาคาร	ห้องนอน 22.00น.-7.00น.
ระดับอุณหภูมิควบคุม	24 ^{O}C (76^{O}F)
จำนวนผู้ใช้อาคาร	4 คน
ไฟฟ้าแสงสว่าง	2.875 วัตต์/ตารางเมตร
การรั่วซึมของอากาศ	0.5 Air Changes/Hr
ข้อมูลสภาพอากาศ	กรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ.2542 (ค.ศ.1999)
การเปิด-ปิดหน้าต่าง	มีการเปิดหน้าต่างในช่วงกลางวัน

ตาราง 5.2 ข้อมูลเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้าง

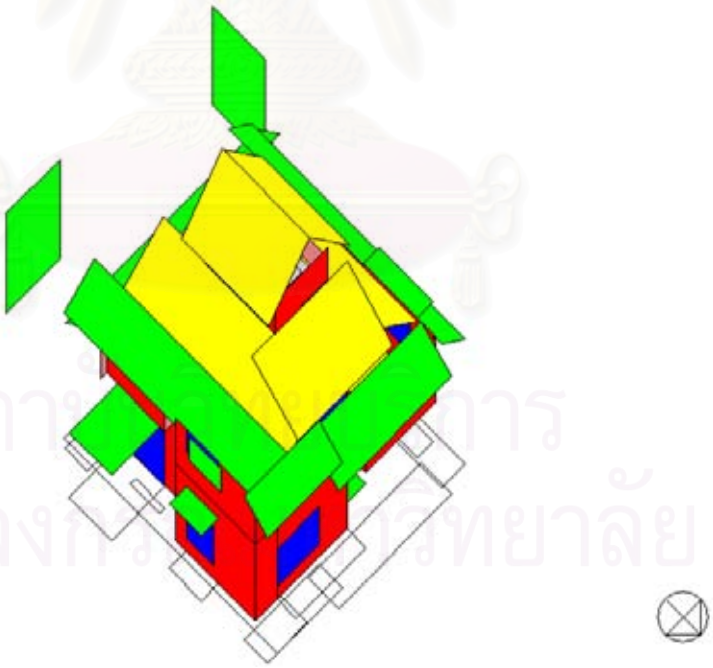
		บ้านทั่วไป	บ้านแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน
กรอบอาคาร(ม. xม.)		8 x 8	9 x 8
พื้นที่พื้น(ตร.ม.)		128	144
ปริมาตร(ลบ.ม.)		768	864
พื้นที่หลังคา(ตร.ม.)		120	165
พื้นที่ผนังภายนอก(ตร.ม.)		160	173.52
อัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังภายนอก		26%	26%
ระบบโครงสร้าง		เสา-คาน	เสา-คาน
วัสดุ			
	ฐานรากอาคาร	คอนกรีตเสริมเหล็ก	คอนกรีตเสริมเหล็ก
	โครงสร้างอาคาร	คอนกรีตเสริมเหล็ก	เหล็ก
	พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก บุกระเบื้องเซรามิก	แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป
			แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์
	ผนังภายนอก	ก่ออิฐ ฉาบปูนเรียบ ทาสีน้ำ	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์+ฉนวน+ผนังอิฐ
			แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์+ยิปซัมบอร์ด
	ผนังภายใน	ก่ออิฐ ฉาบปูนเรียบ ทาสีน้ำพลาสติก	ผนังยิปซัมบอร์ด โครงเคร่าไม้
	ประตู	วงกบไม้ทาสีน้ำมัน บานไม้	วงกบไม้ทาสีน้ำมัน บานไม้
	หน้าต่าง	วงกบไม้ทาสีน้ำมัน บานกรอบไม้	วงกบไม้ทาสีน้ำมัน บานกรอบไม้
	กระจกหน้าต่าง	กระจกใส หนา6 มม.	กระจกสีเขียว หนา6 มม.
	ฝ้าเพดาน	ยิปซัมบอร์ด	ยิปซัมบอร์ด
	โครงสร้างหลังคา	เหล็ก	เหล็ก
	วัสดุมุงหลังคา	กระเบื้องคอนกรีต	กระเบื้องคอนกรีต
	ฉนวน	แผ่นสะท้อนความร้อน	ฉนวนเซลลูโลส วางบนฝ้าเพดาน

บ้านพักอาศัยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้คอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นหลัก โดยมิได้พิจารณาถึงความเหมาะสมของคุณสมบัติวัสดุที่มีผลต่ออุณภูมิภายในพื้นที่ใช้งาน ณ เวลาที่มีการใช้พื้นที่ และปริมาณพลังงานที่ใช้การทำความเย็นให้กับพื้นที่ใช้งาน ทำให้มีการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง

ในการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนได้ใช้หลักการต่างๆเพื่อลดพลังงานในการทำความเย็นให้กับอาคารดังที่กล่าวในบทที่ 4 พิจารณาคุณสมบัติวัสดุ และการระบายอากาศที่เหมาะสม รวมถึงเทคนิควิธีต่างๆที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบภายในพื้นที่ๆจำกัดได้



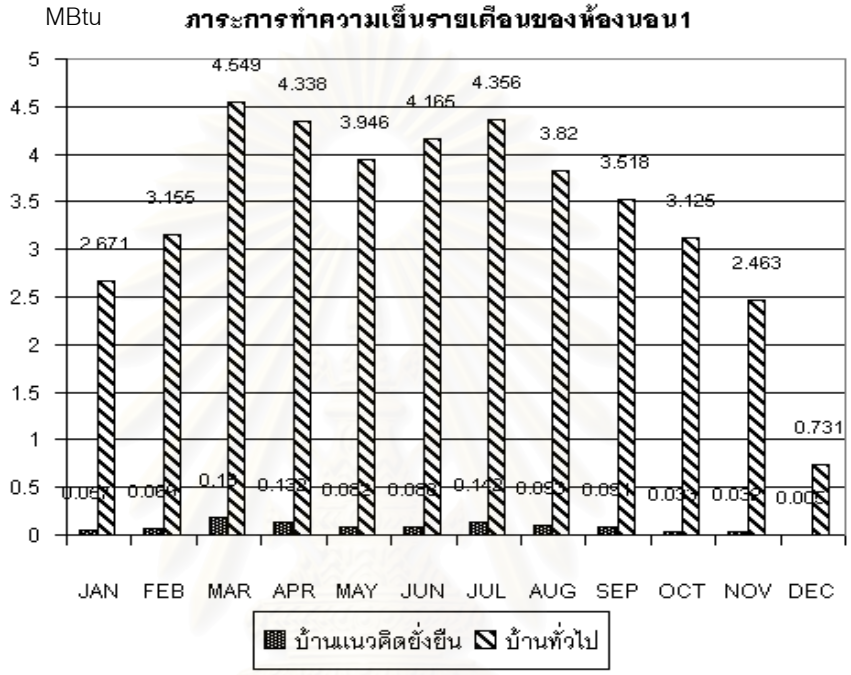
รูปที่ 5.1 แสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรมDOE ของบ้านทั่วไป



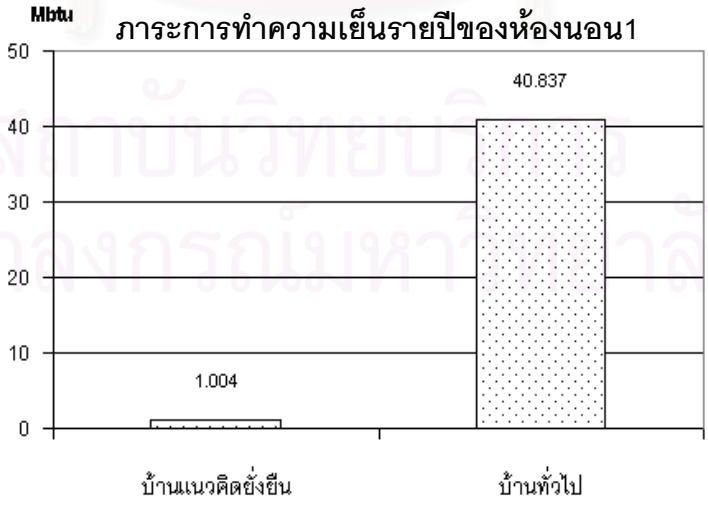
รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรมDOE ของบ้านแนวคิดยั่งยืน

5.1.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นรายเดือน

การจำลองบ้านทั่วไปและบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยโปรแกรม DOE2 เพื่อคำนวณการใช้พลังงานในอาคาร โดยกำหนดตำแหน่งห้องนอนที่มีการปรับอากาศคือห้องนอน1 ซึ่งอยู่ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของบ้านทั้ง 2 แบบ และกำหนดเวลาการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ เวลา 22.00น.-06.00น.ตลอดทั้งปี



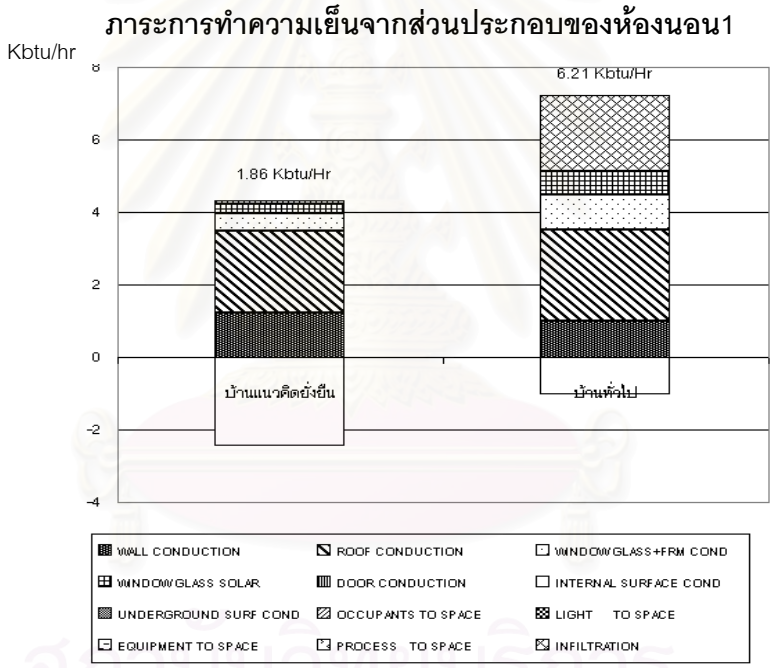
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายเดือนของห้องนอน1
ในบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายปีของห้องนอน1
ในบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป

ภาระการทำความเย็นของบ้านแนวคิดยั่งยืนลดลงเฉลี่ย 92%จากบ้านทั่วไป โดยบ้านทั่วไปและบ้านแนวคิดยั่งยืนมีภาระการทำความเย็นรายปี 40.84MBtu และ1.0MBtu ตามลำดับ ภาระการทำความเย็นสูงสุดของบ้านทั้งสองแบบมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ภาระการทำความเย็นรายเดือนของบ้านทั้งสองหลังมีความแตกต่างกันมาก บ้านแนวคิดยั่งยืนใช้พลังงานเพียง 2%ของบ้านทั่วไป เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเดือนดังกล่าวค่อนข้างต่ำ และวัสดุผนังที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืนเป็นผนังเบาทำให้การสะสมความร้อนน้อยและสามารถส่งผ่านความเย็นของอากาศภายนอกเข้ามาได้ ทำให้ลดภาระการทำความเย็นได้เป็นอย่างดี ส่วนในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงภาระการทำความเย็นของบ้านทั้งสองแบบต่างกัน 90%ในเดือนมีนาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีภาระการทำความเย็นเกิดขึ้นสูงสุด

5.1.2 ภาระการทำความเย็นของห้องนอน1



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงภาระการปรับอากาศรายชั่วโมงจากส่วนประกอบต่างๆของอาคาร

ภาระการปรับอากาศรายชั่วโมงของห้องนอน1 ในบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไปเกิดจากการนำความร้อนจากผนังและหลังคาประมาณ 50% ของภาระการทำความเย็นทั้งหมด การออกแบบอาคารให้มีชายคายื่นยาวและแผงกันแดดในบ้านแนวคิดยั่งยืนทำให้ภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากการนำความร้อนจากกระจกและความร้อนจากแสงแดดลดลง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปที่มีชายคายื่นเพียง 1.0 เมตร และการใช้วัสดุภายในที่มีมวลสารน้อยได้แก่ ผนังยิปซัมและพื้นไฟเบอร์ซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยทำให้การสะสมความร้อนน้อยกว่าวัสดุที่มีมวลสารมากทำให้เกิดภาระการทำความเย็นน้อยลงด้วย

5.1.3 OTTV และ RTTV ของแต่ละห้องนอนในบ้านแนวคิดยั่งยืน

ตาราง 5.3 ค่าOTTV และ RTTV ของห้องนอนแต่ละห้องในบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป

บ้านแนวคิดยั่งยืน

ชื่อห้อง	ขนาดห้อง	ผนังภายนอก								หลังคา		
		ด้านที่ 1				ด้านที่ 2						
	m^2	พื้นที่	U-value	OTTV	WWR	พื้นที่	U-value	OTTV	WWR	พื้นที่	U-value	RTTV
		m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2	(0 ถึง 1)	m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2	(0 ถึง 1)	m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2
ห้องนอน 1	19.0	10.0	2.26	23.32	0.28	10.0	2.26	21.19	0.18	19.0	0.206	2.34
ห้องนอน 2	12.0	8.0	2.26	23.4	0.23	10.0	2.26	19.99	0.11	12.0	0.206	2.36
ห้องนอน 3	11.5	9.0	2.26	21.06	0.20	8.0	2.26	22.05	0.23	11.5	0.206	2.52

บ้านทั่วไป

ชื่อห้อง	ขนาดห้อง	ผนังภายนอก								หลังคา		
		ด้านที่ 1				ด้านที่ 2						
	m^2	พื้นที่	U-value	OTTV	WWR	พื้นที่	U-value	OTTV	WWR	พื้นที่	U-value	RTTV
		m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2	(0 ถึง 1)	m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2	(0 ถึง 1)	m^2	$W/m^2.^oC$	W/m^2
ห้องนอน 1	16.0	10.0	3.486	31.36	0.28	10.0	3.486	36.96	0.28	16.0	0.45	4.38
ห้องนอน 2	16.0	10.0	3.486	37.95	0.28	10.0	3.486	38.18	0.28	16.0	0.45	4.40
ห้องนอน 3	10.0	6.3	3.486	38.18	0.23	10.0	3.486	40.11	0.28	10.0	0.45	4.73

ค่า OTTV และ RTTV ของบ้านแนวคิดยั่งยืนต่ำกว่าบ้านทั่วไปเนื่องจากวัสดุผนังที่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า พื้นที่หน้าต่างน้อยกว่าและมีการกันแดดให้กับหน้าต่างทั้งการใช้ชายคายื่นยาวและการเพิ่มแผงกันแดดทางตั้ง โดยค่า OTTV และ RTTV ของบ้านยั่งยืนต่ำกว่าบ้านทั่วไป 15.27 $W/m^2\ ^oC$ และ 2.07 $W/m^2\ ^oC$ ตามลำดับ

5.1.4 พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

การใช้พลังงานในบ้านทั่วไป นอกจากใช้ในการปรับอากาศแล้วยังใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านรวมถึงดวงโคมต่างๆด้วย การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและดวงคมที่ช่วยประหยัดพลังงานบ้านแนวคิดยั่งยืนที่มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ดวงโคมภายนอกอาคารเปิดเฉพาะช่วงกลางคืนใช้ดวงโคมที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่สะสมในช่วงกลางวันช่วยลดการใช้ไฟฟ้าสำหรับภายนอกอาคารได้

ตาราง 5.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานดวงโคมที่ประหยัดพลังงานกับดวงโคมทั่วไป

บ้านทั่วไป

ประเภทหลอดไฟ	วัตต์	จำนวนชั่วโมง/วัน	จำนวน (หลอด)	พลังงานที่ใช้ (kWh)	ค่าไฟต่อปี (บาท)	ค่าหลอด ไฟ (บาท/หลอด)	ค่าหลอดไฟรวม(บาท)
ฟลูออเรสเซนต์ (ชั้นล่าง)	36	6	2	157.68	630.72	50	100
ฟลูออเรสเซนต์ (โถง)	18	2	2	26.28	105.12	40	80
ฟลูออเรสเซนต์ (ชั้นบน)	36	4	3	157.68	630.72	50	150
ฟลูออเรสเซนต์ (ภายนอก)	18	8	2	105.12	420.48	40	80
			รวม	446.76	1787.04		410
					ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)		2197.04

บ้านแนวคิดยั่งยืน

ประเภทหลอดไฟ	วัตต์	จำนวนชั่วโมง/วัน	จำนวน (หลอด)	พลังงานที่ใช้ (kWh)	ค่าไฟต่อปี (บาท)	ค่าหลอด ไฟ (บาท/หลอด)	ค่าหลอดไฟรวม(บาท)
ฟลูออเรสเซนต์ (ชั้นล่าง)	32	6	2	140.16	560.64	70	140
ฟลูออเรสเซนต์ (โถง)	16	2	2	23.36	93.44	60	120
ฟลูออเรสเซนต์ (ชั้นบน)	32	4	3	140.16	560.64	70	210
ฟลูออเรสเซนต์ (ภายนอก)	16	8	0	0	0	60	0
โคมพลังแสงอาทิตย์	-	8	2	0	0	450	900
			รวม	303.68	1214.72		1370
					ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)		2584.72

ความคุ้มทุน 2.39 **ปี**

*** กำหนดค่าไฟฟ้า** 4 **บาท/kWh**

จากการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของบ้านทั้งสองแบบ บ้านแนวคิดยั่งยืนที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าและใช้ดวงโคมพลังแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้ไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างภายนอกอาคารลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้ 19%

ตาราง 5.5 ปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

	พลังงานไฟฟ้า		CO_2
	(kWh)	(GJ)	(kg)
ไฟฟ้าแสงสว่าง	702.00	2.53	351.28
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	9,196.00	33.11	4,601.68
พัดลมดูดอากาศ	648.00	2.33	324.26
		รวม	5,277.22
พื้นที่อาคาร			144.00
kg CO_2/m^2/year			36.65

* ปริมาณ CO2 139kg/พลังงานไฟฟ้า 1 GJ[1]

5.2 วัสดุ

5.2.1 พลังงานสะสม

วัสดุก่อสร้างต่างๆมีพลังงานที่สะสมที่แตกต่างกัน พลังงานสะสมในวัสดุคำนวณตลอดเทียบบ้านทั่วไปกับบ้านที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน ช่วงชีวิตของวัสดุ(life cycle) ซึ่งฐานข้อมูลดังกล่าวได้มีการรวบรวมกันในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา แต่ยังไม่มีการรวบรวมข้อมูลพลังงานสะสมของวัสดุในประเทศไทย ดังนั้นจึงอ้างอิงข้อมูลจากต่างประเทศเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1] Building Resesarch Establishment. EcoHomes-2005-The environmental rating for homes[Online} Available from: www.ecohomes.org[November 5, 2004]

ตาราง 5.6 พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านทั่วไป

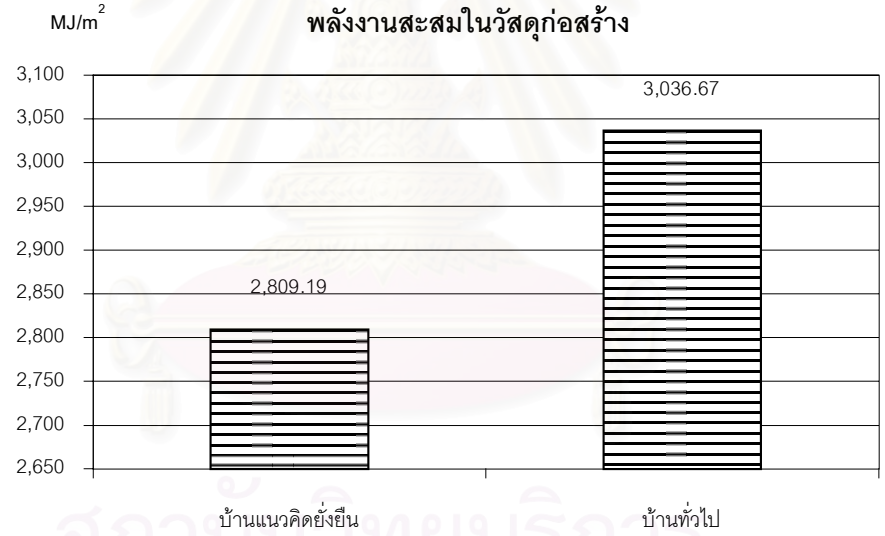
บ้านทั่วไป							
วัสดุ	มวล		พื้นที่		จำนวน	พลังงานสะสม	รวม
					(กก.)	(MJ/kg)	(MJ)
กระเบื้องเซรามิก			121.12	ตร.ม.	0	2.5	-
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	128	กก./ตร.ม.	155.47	ตร.ม.	19900	4.7	93,530.75
ปูนฉาบหนา 20 มม.	31.36	กก./ตร.ม.	155.47	ตร.ม.	4876	2	9,751.08
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	6.48	กก./ตร.ม.	64	ตร.ม.	414.7	6.1	2,529.79
กระเบื้องคอนกรีต	22.68	กก./ตร.ม.	120	ตร.ม.	2722	0.81	2,204.50
แผ่นสะท้อนความร้อน	0.05	กก./ตร.ม.	64	ตร.ม.	3.2	154	492.80
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	6.48	กก./ตร.ม.	22	ตร.ม.	142.6	6.1	869.62
โครงเคร่ากัลวาไนซ์	11.6	กก./ม.	64	ม.	742.4	34.8	25,835.52
โครงสร้าง คสล.							
เสา							
คอนกรีต	2400	กก./ลบ.ม.	2.77	ลบ.ม.	6648	1.6	10,636.80
เหล็ก 12มม.	0.89	กก./ม.	270	ม.	240.3	12.5	3,003.75
เหล็ก 6มม.	0.445	กก./ม.	189	ม.	84.11	12.5	1,051.31
คาน							
คอนกรีต	2400	กก./ลบ.ม.	15.115	ลบ.ม.	36276	1.6	58,041.60
เหล็ก 12มม.	0.89	กก./ม.	758.8	ม.	675.3	12.5	8,441.65
เหล็ก 6มม.	0.445	กก./ม.	908.6	ม.	404.3	12.5	5,054.09
พื้น							
คอนกรีต	2400	กก./ลบ.ม.	14.11	ลบ.ม.	33864	1.6	54,182.40
เหล็ก 9มม.	0.5	กก./ม.	6297.99	ม.	3149	12.5	39,362.44
หลังคา							
ตั้ง 2*150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	5.6	ม.	37.86	32	1,211.39
ตะเฆ่สัน 2*150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	46.4	ม.	313.7	32	10,037.25
จันทัน 150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	94	ม.	635.4	32	20,334.08
แป 50*50*2.3	3.34	กก./ม.	362.4	ม.	1210	34.8	42,122.48
						รวม	**388,693.29**
					พื้นที่อาคาร(ตร.ม.)		128.00
					พลังงานสะสม/ตร.ม.		**3,036.67**

ตาราง 5.7 พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านแนวคิดยั่งยืน

วัสดุ	มวล		จำนวน		น้ำหนัก	พลังงานสะสม	พลังงานสะสมรวม
					(กก.)	(MJ/kg)	(MJ)
แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ	240	กก./ตร.ม.	84.5	ตร.ม.	20280	2	40,560.00
กระเบื้องเซรามิก		กก./ตร.ม.	63.5	ตร.ม.	0	2.5	-
แผ่นพื้นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 20มม.	26	กก./ตร.ม.	52	ตร.ม.	1352	9.5	12,844.00
ตงไม้	13.16	กก./ตร.ม.	52	ตร.ม.	684.32	8.9	6,090.45
ฉนวนเซลลูโลส	2	กก./ตร.ม.	22	ตร.ม.	44	3.3	145.20
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	6.48	กก./ตร.ม.	22	ตร.ม.	142.56	6.1	869.62
ฝ้าชายคาไม้ระแนงตีเว้นร่อง	8.775	กก./ตร.ม.	36	ตร.ม.	315.9	1.16	366.44
โครงเคร่าไม้	6.58	กก./ตร.ม.	36	ตร.ม.	236.88	1.16	274.78
ชั้น 1							
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	128	กก./ตร.ม.	27.6	ตร.ม.	3532.8	4.7	16,604.16
ปูนฉาบหนา 10 มม.	15.68	กก./ตร.ม.	27.6	ตร.ม.	432.768	2	865.54
ฉนวนเซลลูโลส	4	กก./ตร.ม.	27.6	ตร.ม.	110.4	3.3	364.32
โครงเคร่าไม้	6.58	กก./ตร.ม.	27.6	ม.	181.608	2.16	392.27
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	128	กก./ตร.ม.	12.75	ตร.ม.	1632	4.7	7,670.40
ปูนฉาบหนา 20 มม.	31.36	กก./ตร.ม.	12.75	ตร.ม.	399.84	2	799.68
ชั้น 2							
ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 12มม.	15.6	กก./ตร.ม.	76.66	ตร.ม.	1,195.90	9.5	11,361.01
ผนังยิปซัมบอร์ด หนา 12มม.	8.64	กก./ตร.ม.	104.86	ตร.ม.	905.9904	6.1	5,526.54
โครงเคร่าไม้	6.58	กก./ตร.ม.	107.04	ม.	704.3232	1.16	817.01
ฉนวนเซลลูโลส	2	กก./ตร.ม.	13.88	ตร.ม.	27.76	3.3	91.61
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	128	กก./ตร.ม.	23.34	ตร.ม.	2987.52	4.7	14,041.34
ปูนฉาบหนา 20 มม.	31.36	กก./ตร.ม.	23.24	ตร.ม.	728.8064	2	1,457.61
หลังคา							
โครงเคร่าไม้	6.58	กก./ตร.ม.	72	ม.	473.76	2.16	1,023.32
กระเบื้องคอนกรีต	22.68	กก./ตร.ม.	165	ตร.ม.	3742.2	0.81	3,031.18
ฉนวนเซลลูโลส	4	กก./ตร.ม.	111.6	ตร.ม.	446.4	3.3	1,473.12
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	6.48	กก./ตร.ม.	72	ตร.ม.	466.56	6.1	2,846.02
โครงสร้างเหล็ก							
เสา 150*125*8.55	36.2	กก./ม.	54	ม.	1954.8	32	62,553.60
คาน 50*200*6	21.692	กก./ม.	102	ม.	2212.584	32	70,802.69
คาน 50*150*4.5	16.617	กก./ม.	31	ม.	515.127	32	16,484.06

ตาราง 5.7(ต่อ) พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านแนวคิดยั่งยืน

วัสดุ	มวล		พื้นที่		จำนวน	พลังงานสะสม	รวม
					(กก.)	(MJ/kg)	(MJ)
หลังคา							
ตั้ง 2*150*50*2.3	6.76	กก./ม.	17.6	ม.	119	32	3,807.23
อะเส 50*150*4.5	16.617	กก./ม.	28	ม.	465.3	32	14,888.83
ตะเฆ่สัน 2*150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	50.96	ม.	344.5	32	11,023.67
จันทัน 150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	134.5	ม.	909.2	32	29,095.04
แป 50*50*2.3	3.34	กก./ม.	404.4	ม.	1351	32	43,222.27
อกไก่ 2*150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	5	ม.	33.8	32	1,081.60
จันทัน 150*50*20*2.3	6.76	กก./ม.	42	ม.	283.9	32	9,085.44
แป 50*50*2.3	3.34	กก./ม.	100	ม.	334	34.8	11,623.20
						รวม	**404,523.01**
					พื้นที่อาคาร(ตร.ม.)		144.00
					พลังงานสะสม/ตร.ม.		**2,809.19**



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงพลังงานสะสมในวัสดุก่อสร้างบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป

พลังงานสะสมของวัสดุในบ้านทั่วไปและบ้านแนวคิดยั่งยืนไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากบ้านแนวคิดยั่งยืนใช้โครงสร้างเหล็กซึ่งมีค่าพลังงานสะสมสูงเป็นส่วนประกอบหลักที่ทำให้พลังงานสะสมโดยรวมสูง แต่เหล็กสามารถนำมารีไซเคิลได้เกือบ 100% โดยคุณสมบัติของวัสดุไม่ลดลง แต่โครงสร้าง คสล.มากกว่า90%จะกลายเป็นขยะจากการก่อสร้างและทำลายอาคารที่ต้องนำไปฝังกลบ แม้ว่าจะมีการนำมารีไซเคิลแต่เทคโนโลยียังไม่เป็นที่แพร่หลายและมีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งในการเลือกใช้วัสดุที่เป็นโครงสร้างพิจารณาจากวิธีการก่อสร้างและระยะเวลาการก่อสร้างประกอบด้วยซึ่งโครงสร้างเหล็กสามารถก่อสร้างได้

รวดเร็ว การก่อสร้างทำได้ง่ายและเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแม้ว่าในการผลิตและการก่อสร้างจะใช้พลังงานมากกว่าก็ตาม

5.2.2 ผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคาร

วัสดุต่างๆก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ตั้งแต่เริ่มนำวัตถุดิบมาจากแหล่งทรัพยากร นำมาผ่านกระบวนการผลิต ขนส่ง ติดตั้งและการทำลายหรือรีไซเคิล โดยมีการรวบรวมข้อมูลจากองค์กรต่างๆ ข้อมูลที่ยกมาอ้างอิงในการศึกษานี้มาจากฐานข้อมูลโปรแกรมBEES3.0 (Building for Environmental and Economic Sustainability) พัฒนาโดย National Institue of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ ข้อมูลจากหนังสือ Green Building Handbook Volume 1

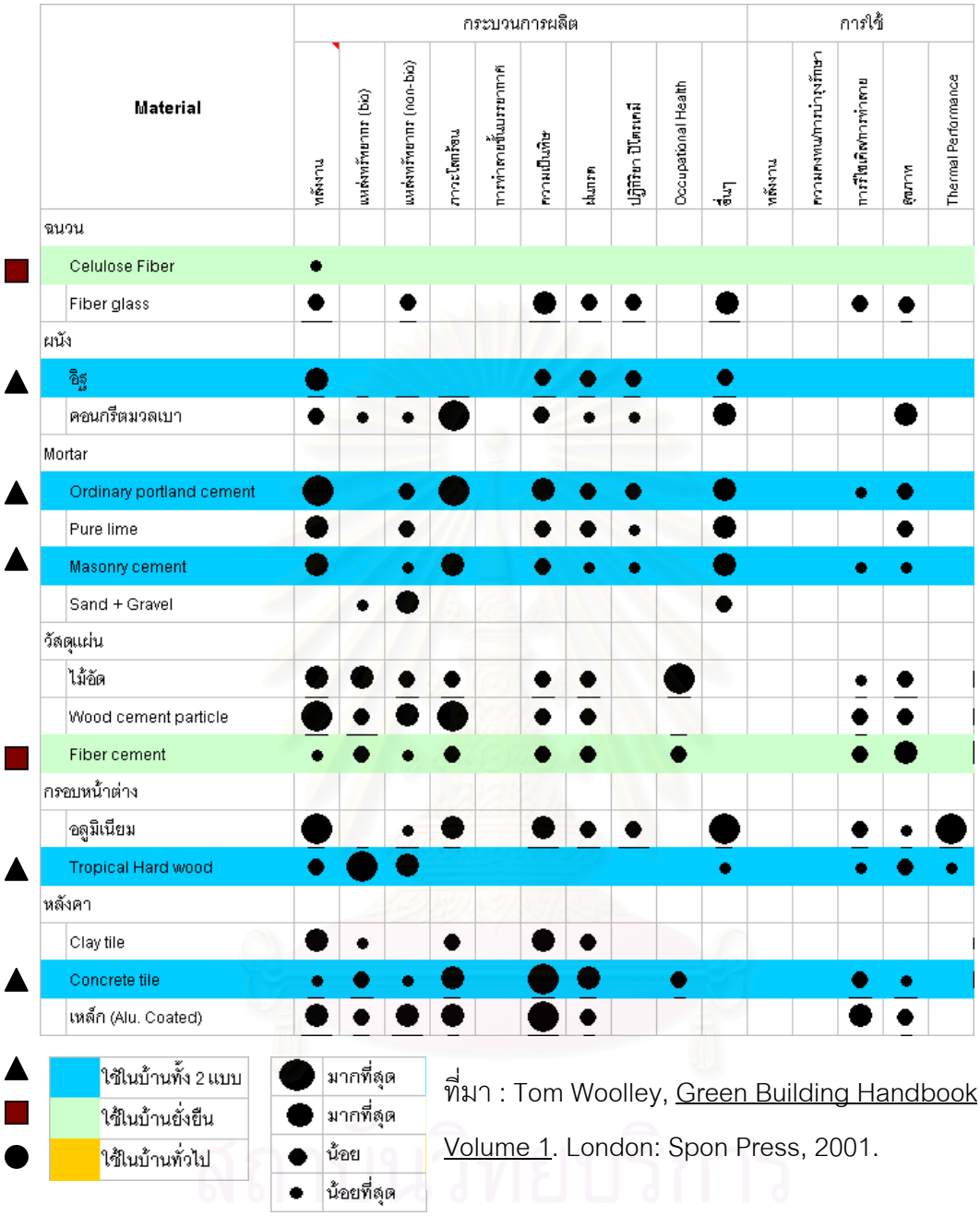
ตาราง 5.8 ปริมาณทรัพยากรในการผลิตวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆจากโปรแกรมBEES 3.0

วัสดุ	ก๊าซเรือนกระจก (CO_2)	ปริมาณน้ำ	พลังงานจากน้ำมันและ
	g CO_2/Unit	litre/Unit	ก๊าซธรรมชาติMJ/Unit
● คอนกรีต	283,684.00	1,832.11	222.74
คอนกรีตผสมเถ้าลอย	260,697.00	1,827.07	216.81
● โครงเคร่าเหล็ก	1,365.00	22.79	0.88
■ โครงเคร่าไม้	143.00	0.46	0.29
▲ แผ่นยิปซัม	1,166.00	13.50	3.30
▲ อิฐ	3,247.00	16.63	5.95
■ ไฟเบอร์ซีเมนต์	3,293.00	4.50	1.76
ไม้อัด	196.00	77.00	6.32
■ เซลลูโลส R-11 *	234.00	0.28	0.28
ฉนวนใยแก้ว R-11	69.00	0.16	0.22
▲ กระเบื้องเซรามิก	1,813.00	1.55	3.75
กระเบื้องเดินเผา	2,602.00	11.00	7.46

* หากใช้ฉนวนเซลลูโลสจากวัสดุรีไซเคิลจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 72gCO_2/Unit

▲	ใช้ในบ้านทั้ง 2 แบบ
■	ใช้ในบ้านยั่งยืน
●	ใช้ในบ้านทั่วไป

ตาราง 5.9 ตารางแสดงผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคาร



ที่มา : Tom Woolley, Green Building Handbook Volume 1. London: Spon Press, 2001.

การเลือกวัสดุในการก่อสร้างบ้านแนวคิดยั่งยืนพิจารณาจากผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคารร่วมกับคุณสมบัติของวัสดุและพลังงานสะสม โดยเปรียบเทียบผลกระทบของวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน เช่น ฉนวนใยแก้วและฉนวนเซลลูโลสมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนใกล้เคียงกันแต่ฉนวนเซลลูโลสก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์น้อยกว่าและมีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิลมากกว่าจึงเลือกใช้ฉนวนเซลลูโลส เป็นต้น ผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมอาจพิจารณาจากพลังงานสะสมของวัสดุได้ วัสดุที่มีพลังงานสะสมมากมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานมากเช่นกัน

5.3 น้ำ

5.3.1 ปริมาณการใช้น้ำโดยทั่วไป และระบบกักเก็บน้ำฝน

การประเมินการใช้น้ำในบ้านพักอาศัยจะพิจารณาปริมาณน้ำที่ใช้ในการอุปโภค โดยคำนวณจากจำนวนครั้งของการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ โดยกำหนดให้ใช้อุปกรณ์หรือสุขภัณฑ์แตกต่างกัน เพื่อแสดงความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำภายในบ้านทั้ง 2 แบบ

ตาราง 5.10 ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆภายในบ้านพักอาศัย

บ้านทั่วไป		บ้านแนวคิดยั่งยืน	
ปริมาณการใช้น้ำภายในบ้าน (แกลลอน)		ปริมาณการใช้น้ำภายในบ้าน (แกลลอน)	
ห้องน้ำ (อาบน้ำ)	63	ห้องน้ำ (อาบน้ำ)[1]	25
ล้วม	40	ล้วม[2]	13
อ่างล้างหน้า (ล้างมือ,ล้างหน้า,แปรงฟัน,โกนหนวด)	15	อ่างล้างหน้า (ล้างมือ,ล้างหน้า,แปรงฟัน,โกนหนวด)	15
ซักเสื้อผ้า	8	ซักเสื้อผ้า	8
ล้างจาน	11	ล้างจาน	11
รวม	137	รวม	72

[1] ใช้ฝักบัวอาบน้ำที่มีอัตราการจ่ายน้ำ (flow rate)ต่ำ

[2] ใช้สุขภัณฑ์ที่มีระบบประหยัดน้ำ

การใช้อุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดน้ำ เช่น ฝักบัว, ก๊อกน้ำ หรือสุขภัณฑ์ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ถึง 54% บ้านแนวคิดยั่งยืนมีการใช้น้ำ 72 แกลลอน/วัน หรือ 99.5 ลบ.ม./ปี ส่วนบ้านทั่วไปมีการใช้น้ำ 137 แกลลอน/วัน หรือ 189.3 ลบ.ม./ปี นอกจากมีปริมาณน้ำที่ต้องใช้ภายในบ้านแล้วยังมีการใช้น้ำภายนอกอาคาร เช่น การรดน้ำต้นไม้ 7 ลบ.ม./ปี สำหรับพื้นที่ 118.5 ตารางเมตร เป็นต้น

น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำที่สามารถนำมาทดแทนการใช้น้ำบางส่วนในบ้านได้ การกักเก็บน้ำฝนจึงมีส่วนช่วยในการลดปริมาณความต้องการน้ำจากระบบรวมได้ โดยกักเก็บน้ำฝนเพื่อนำมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้, ซักล้าง และการบริโภค ปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่และพื้นที่รองรับน้ำฝน สถิติปริมาณน้ำฝนในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ.2524-พ.ศ.2541 เฉลี่ยทั้งปีๆละ1.7 เมตร บ้านแนวคิดยั่งยืนสามารถกักเก็บน้ำฝนได้ 161 ลบ.ม./ปีจากพื้นที่หลังคา 132 ตารางเมตรโดยคิดอัตราการสูญเสีย 20%

ปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บได้คิดเป็น 162% และ 85% ของปริมาณน้ำใช้ในครัวเรือนใน บ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไปตามลำดับ ปริมาณน้ำฝนสามารถตอบสนองความต้องการใช้น้ำภายในบ้านได้ตลอดทั้งปี การหาขนาดของถังเก็บน้ำฝนควรพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำใช้ที่สามารถนำมาบำบัดได้

5.3.2 ระบบบำบัดน้ำ

การบำบัดน้ำภายในครัวเรือนน้ำที่นำมาบำบัดควรมีการปนเปื้อนไม่มากนัก เช่น น้ำจากการล้างมือ, ซักเสื้อผ้า เป็นต้น และน้ำจากการบำบัดส่วนใหญ่ใช้ในการรดน้ำต้นไม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบบำบัดน้ำที่เลือกใช้ มีปริมาณประมาณ 60%-70%ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน น้ำจากการบำบัดด้วยการตกตะกอนจะนำมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้และในการชักโครก น้ำส่วนอื่นหากผ่านระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพและปรับปรุงคุณภาพก็สามารถนำกลับมาใช้ในการอุปโภคได้

ตาราง 5.11 ตารางสรุปปริมาณน้ำต่อปี

ประเภทน้ำ	ปริมาณน้ำในบ้านยั่งยืน (ลบ.ม./ปี)	ปริมาณน้ำในบ้านทั่วไป (ลบ.ม./ปี)
น้ำใช้ภายในและภายนอกอาคาร	106.5	196.3
น้ำฝน	161	0
น้ำจากการบำบัด	66	0
น้ำเสีย	33	189.3

จากตารางข้างต้นบ้านแนวคิดยั่งยืนน้ำฝนและน้ำจากการบำบัดสามารถตอบสนองความต้องการน้ำในบ้านได้ตลอดทั้งปี ส่วนน้ำเสียจากส้วมใช้ระบบseptic tank ส่วนน้ำจากการล้างจานต้องผ่านบ่อดักไขมันก่อนระบายสู่ท่อสาธารณะ

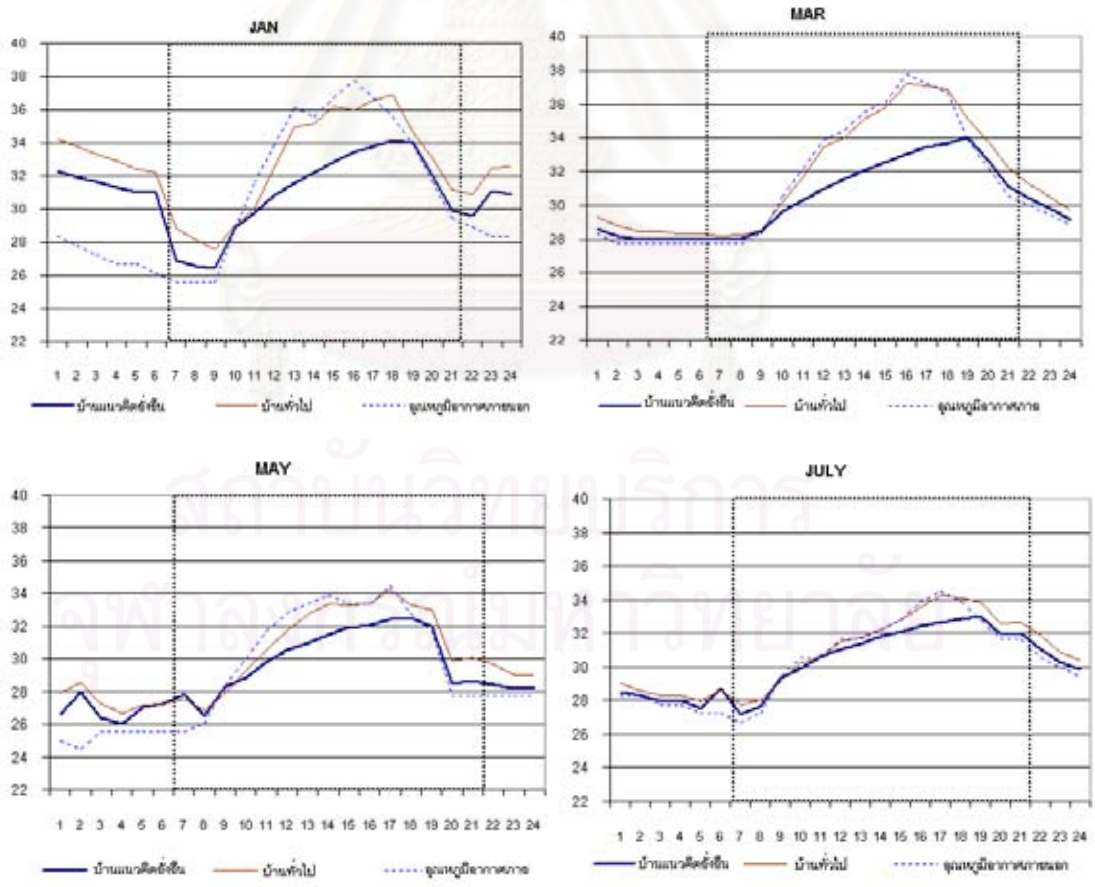
ในการกักเก็บน้ำฝนและน้ำจากการบำบัดควรแยกส่วนกัน เนื่องจากน้ำจากการบำบัดมีการปนเปื้อนมากกว่าอาจใช้ในการรดน้ำต้นไม้และซักล้างภายนอกบ้าน แต่น้ำฝนที่มีการปนเปื้อนค่อนข้างน้อยสามารถนำมาใช้ในการล้างจาน ซักเสื้อผ้า หรือบริโภคได้

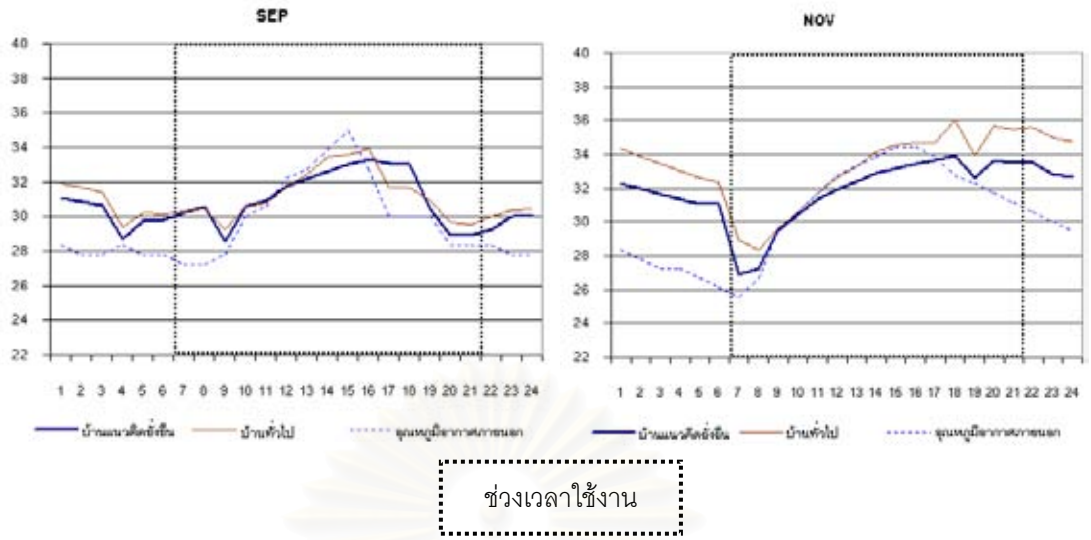
5.4 คุณภาพชีวิต

5.4.1 สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ

สภาวะน่าสบายของคนไทยซึ่งเป็นคนเมืองร้อนมีความแตกต่างจากสภาวะน่าสบายของคนเมืองหนาว เนื่องจากความเคยชินในสภาพอากาศ จากการศึกษาโดย J. Busch นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐอเมริกาในปี พศ.2532 พบว่าคนไทยมีขอบเขตสภาวะน่าสบายกว้างกว่ามาตรฐานสากล ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของบ้านทั่วไปและบ้านแนวคิดยั่งยืนพิจารณาจากวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของ 6 เดือนภายใน1ปี

ก. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องพักผ่อน ในกรณีที่ใช้การระบายอากาศธรรมชาติจากการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม DOE ของบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป ด้วยฐานข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2542 กำหนดให้บ้านทั่วไปมีการระบายอากาศธรรมชาติโดยการเปิดหน้าต่างตลอดทั้งวัน บ้านยั่งยืนมีการเปิดหน้าต่างเฉพาะช่วงกลางคืน ตั้งแต่19.00น.-09.00น.

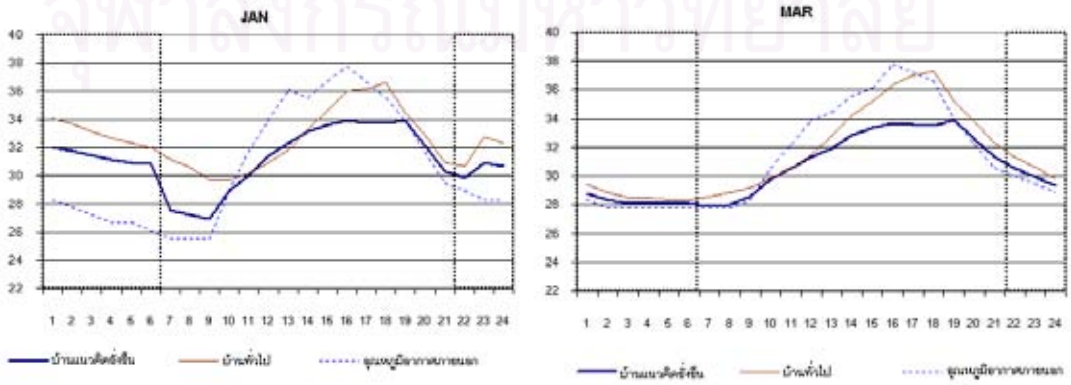


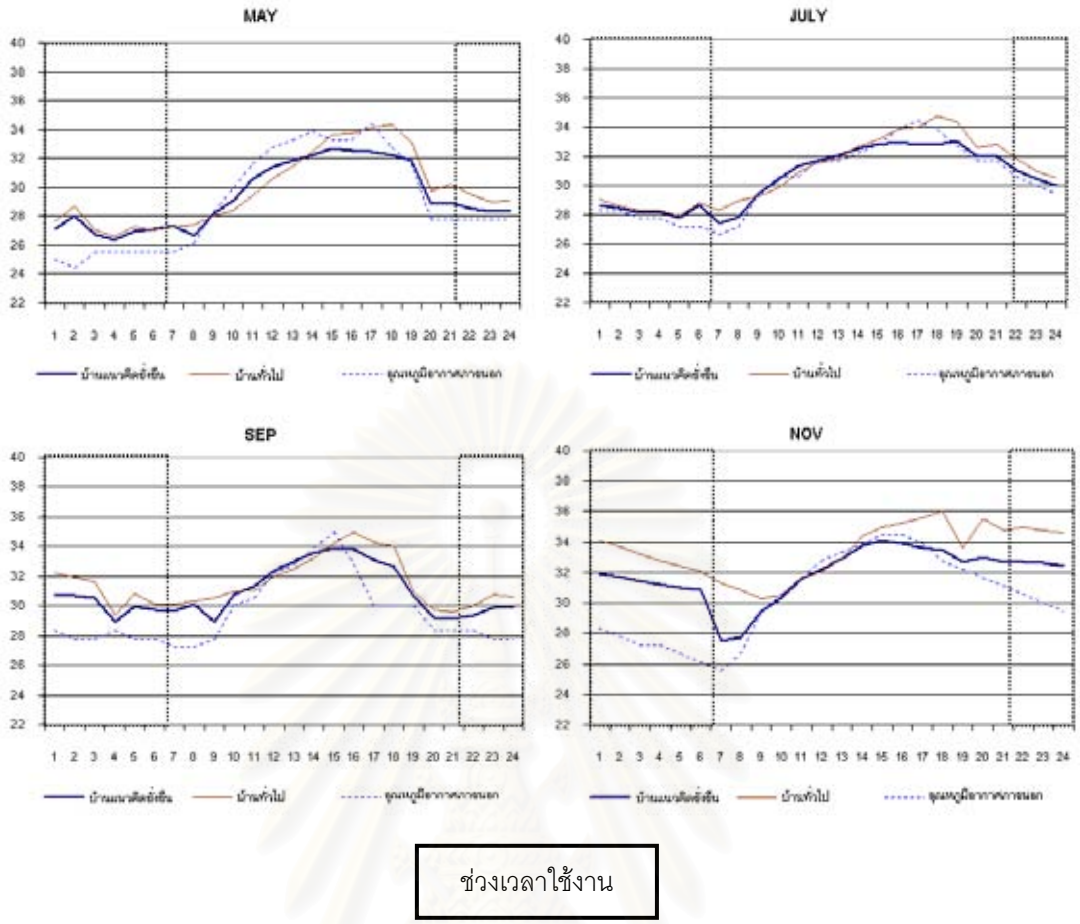


รูปที่ 5.7 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องพักผ่อนในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ใน 1 ปี

การเปิดหน้าต่างในช่วงกลางวันในบ้านทั่วไปทำให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและยังมีการสะสมความร้อนในวัสดุผนังอาคารซึ่งเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนซึ่งมีมวลสารค่อนข้างมาก ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารช่วงกลางคืนสูงกว่าอากาศภายนอกด้วย ส่วนบ้านแนวคิดยั่งยืนมีการเปิดหน้าต่างเฉพาะช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำที่ไหลเข้าสู่อาคารทำให้ความร้อนที่สะสมในวัสดุลดลง ซึ่งจะเป็นผลดีต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารในวันถัดไป และใช้วัสดุผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงและมวลสารมากเพื่อลดการนำความร้อนผ่านผนัง และช่วยหน่วงความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่ภายในอาคารด้วยทำให้อุณหภูมิภายในอาคารช่วงกลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาใช้งานส่วนใหญ่อุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 0.2^{O}C-4.5 ^{O}C

ข. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน1 ในกรณีที่ใช้การระบายอากาศธรรมชาติบ้านทั่วไปตลอดทั้งวันและบ้านแนวคิดยั่งยืนเฉพาะช่วงกลางคืน

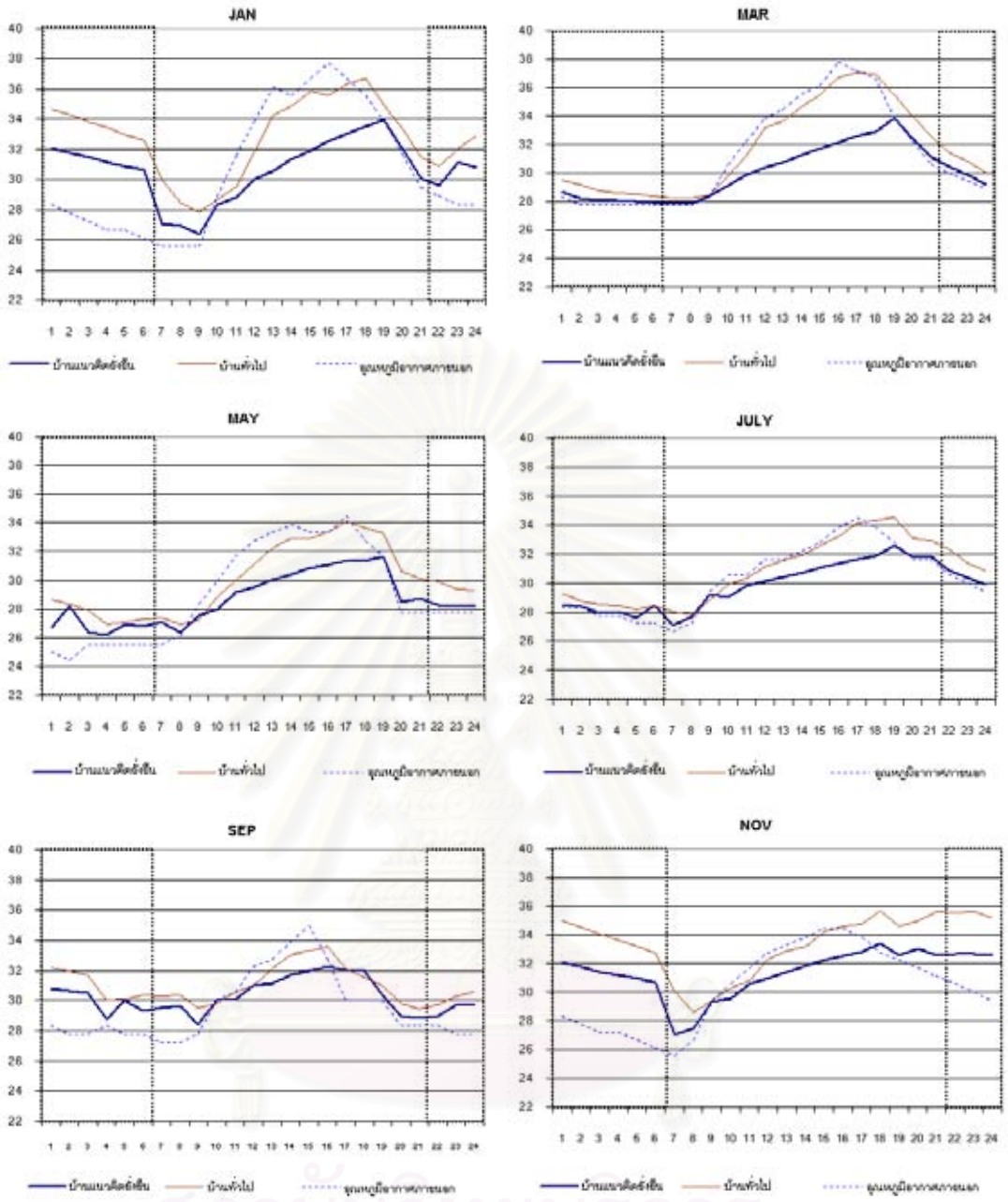




รูปที่ 5.8 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน1 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ใน 1 ปี

เมื่อพิจารณาในช่วงโมงที่มีการใช้พื้นที่ช่วงกลางคืน 22.00น.-6.00น. พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในบ้านแนวคิดยั่งยืนต่ำกว่าบ้านทั่วไป 0.5^{O}C-2 ^{O}C เนื่องจากการระบายอากาศร้อนภายในอาคารออกไป และนำอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำเข้ามาในอาคารทั้ง 2 แบบจึงมีความแตกต่างอุณหภูมิไม่มากนัก อุณหภูมิอากาศภายในบ้านทั่วไปสูงเนื่องจากการสะสมความร้อนของผนังอิฐจากช่วงกลางวันและหน้าต่างที่ไม่ได้รับการบังแดดเท่าที่ควรทำให้อาคารได้รับความร้อนมาก ส่วนบ้านแนวคิดยั่งยืนใช้วัสดุที่มีมวลสารน้อย และค่าความต้านทานต่ำ สามารถคายความร้อนและปรับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ดีกว่า และทำให้อุณหภูมิอากาศช่วงกลางวันค่อนข้างสูง

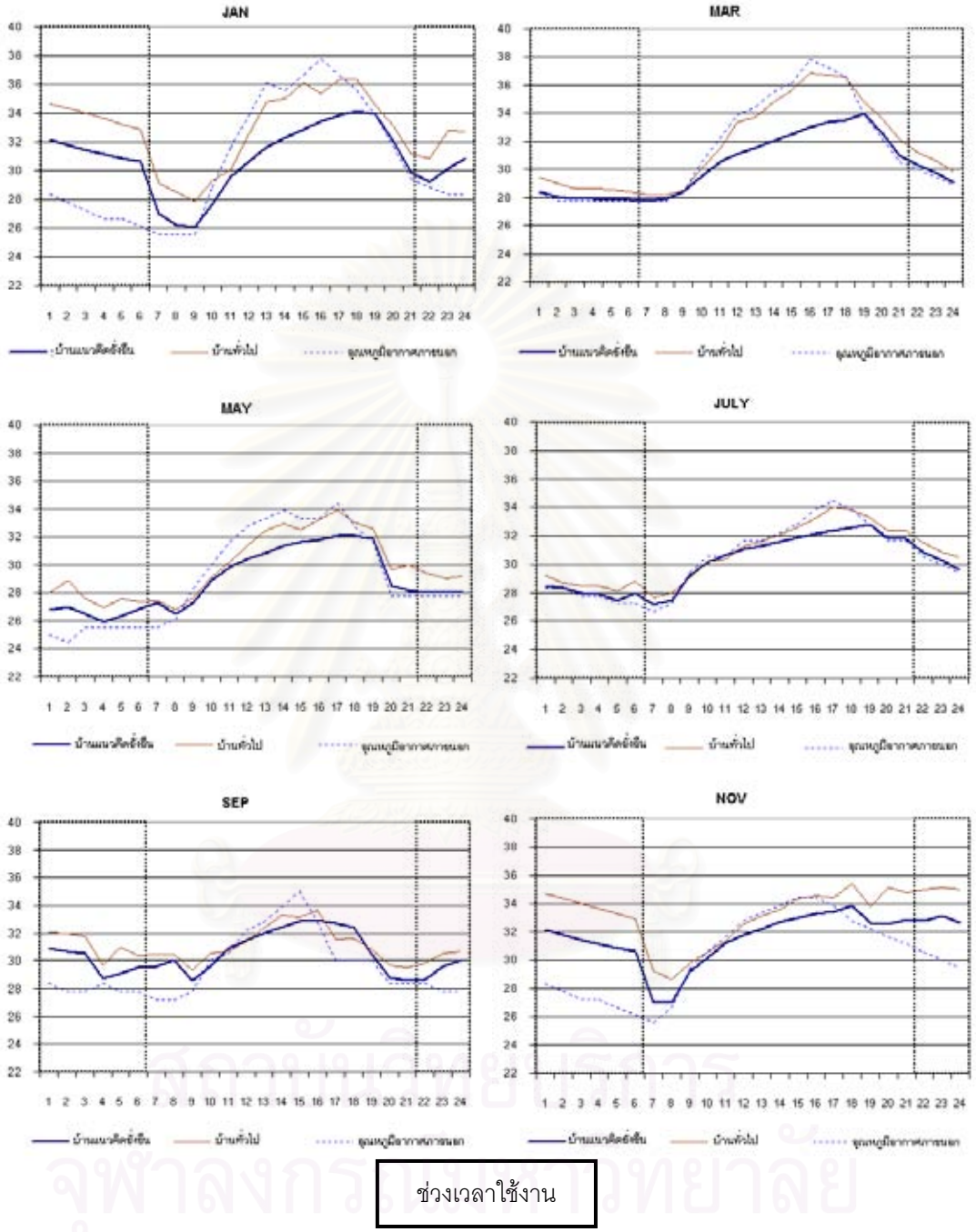
ค. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน2 พิจารณาจากวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละเดือนใน1ปี ในกรณีที่ใช้การระบายอากาศธรรมชาติบ้านทั่วไปตลอดทั้งวันและบ้านแนวคิดยั่งยืนเฉพาะช่วงกลางคืน



รูปที่ 5.9 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน2 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ใน 1 ปี

เช่นเดียวกับห้องนอน1 อุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน2ของบ้านแนวคิดยั่งยืนต่ำกว่าบ้านทั่วไปตลอดทั้งชั่วโมงใช้งาน ช่วงกลางวันอุณหภูมิอากาศภายในห้องค่อนข้างสูงเนื่องจากตำแหน่งห้องอยู่ด้านทิศใต้ซึ่งจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เต็มที่ แต่ได้มีการยื่นชายคาและแผงบังแดดบางส่วน

ง. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน3 ในกรณีที่ใช้การระบายอากาศธรรมชาติบ้านทั่วไปตลอดทั้งวันและบ้านแนวคิดยั่งยืนเฉพาะช่วงกลางคืน



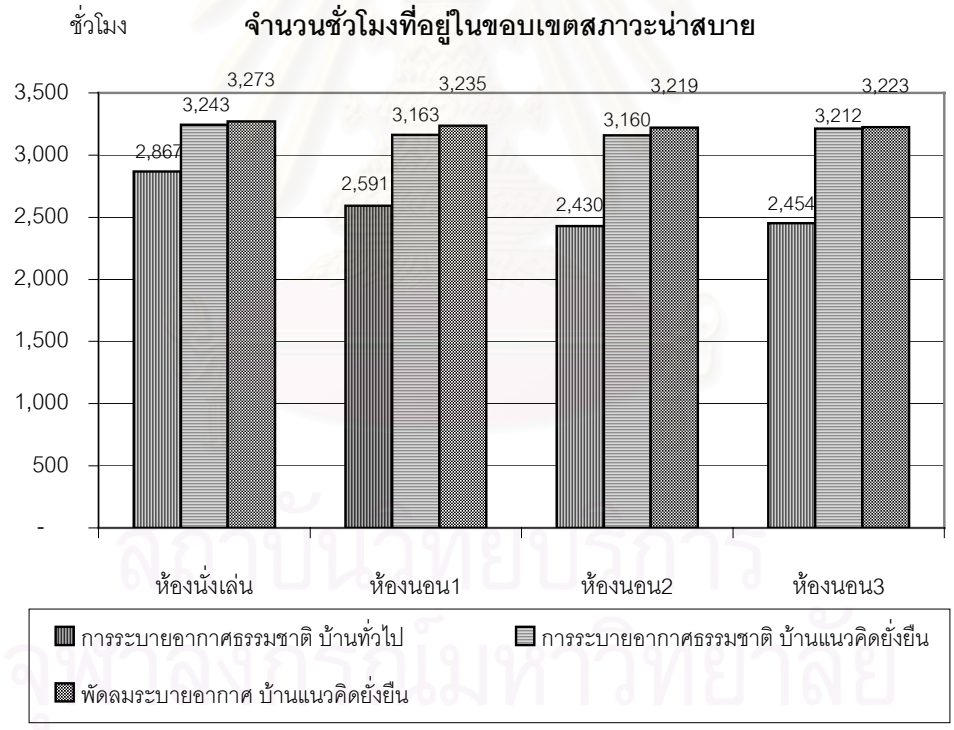
รูปที่ 5.10 กราฟอุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน3 ในวันที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ใน 1 ปี

ห้องนอน 3 อยู่ในตำแหน่งทิศตะวันออกเฉียงใต้ของบ้าน ผลของอุณหภูมิอากาศภายในห้องจึงใกล้เคียงกับห้องนอน3 ที่มีส่วนของผนังและหน้าต่างอยู่ด้านทิศใต้ และวัสดุผนังและพื้นอาคารเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยเหมือนกัน

จากกราฟแสดงผลอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่างๆจากการคำนวณโปรแกรมDOE2 พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในของทุกๆห้องในบ้านยั่งยืนต่ำกว่าบ้านทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอก เดือนที่มีกระแสลมในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายในห้องจะลดต่ำลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ช่วงเดือนที่ไม่มีลมอุณหภูมิอากาศภายในห้องจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 2^{O}C-4 ^{O}C ซึ่งอาจใช้พัดลมระบายอากาศเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในห้องได้

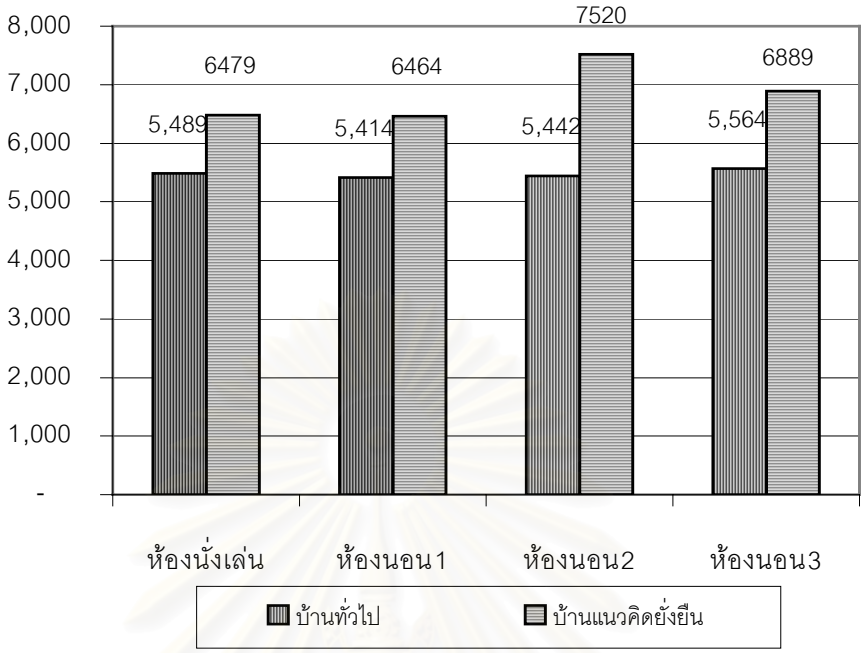
จ. จำนวนชั่วโมง ที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในกรณีต่างๆ

ขอบเขตของสภาวะน่าสบายในการนับจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในการศึกษานี้คือ อุณหภูมิไม่เกิน 31 ^{O}C พิจารณาจากชั่วโมงการใช้งานของห้องพักผ่อน 5,840 ชั่วโมง ห้องนอน 3,650 ชั่วโมง และเพิ่มกรณีที่มีการระบายด้วยพัดลมในบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยอัตรา 1.5 CFM/ตารางฟุต



รูปที่ 5.11 จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ในช่วงเวลาที่มีการใช้งาน

ชั่วโมง จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย จาก14,639 ชั่วโมงใน1ปี



รูปที่ 5.12 จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ใน 1 ปี

จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายของบ้ายแนวคิดยั่งยืนเพิ่มขึ้นจากบ้านทั่วไปในห้องนั่งเล่น 15%, ห้องนอน1 16% , ห้องนอน2 27.6% และห้องนอน3 19% การใช้พัดลมระบายอากาศสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายได้เล็กน้อย แต่โดยทั่วไปจะช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 ประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยแบบประเมิน BREEAM

5.5.1 ในการประเมินบ้านพักอาศัยในการศึกษานี้ใช้แบบประเมิน BREEAM (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method) พัฒนาโดยองค์กร BRE (Building Research Establishment) ในประเทศอังกฤษ

ตาราง 5.12 ผลการประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยแบบประเมิน BREEAM

ข้อ	รายละเอียด	คะแนน
Ene1	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น	3.21
Ene2	ค่าการนำความร้อนของเปลือกอาคารเปรียบเทียบกับกฎหมายอาคารของประเทศอังกฤษ	n/a
Ene3	พื้นที่ตากเสื้อผ้า	1.07
Ene4	ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับการรับรอง	1.07
Ene5	ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	2.14
Tra1	ระบบขนส่งมวลชน	n/a
Tra2	พื้นที่จอดรถจักรยาน	n/a
Tra3	สิ่งอำนวยความสะดวกในชุมชน	n/a
Tra4	การจัดเตรียมระบบสำหรับบ้านกึ่งสำนักงาน	n/a
Pol1	การใช้ฉนวนกันความร้อน	1.07
Pol2	ปริมาณ Nox ที่เกิดขึ้น	6.43
Pol3	การระบายน้ำสู่ระบบสาธารณะ	4.28
Pol4	การใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน	n/a
Mat1	ไม้ ที่ใช้ทั่วไปจากป่าไม้ที่มีการจัดการ หรือการรีไซเคิล	0
Mat2	ไม้ที่ใช้ในวัสดุผิว จากป่าไม้ที่มีการจัดการหรือการรีไซเคิล	0
Mat3	การจัดการวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้	0.97
Mat4	ผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อม	1.45
Wat1	ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	8.33
Wat2	การใช้น้ำภายนอกอาคาร	1.67

ตาราง 5.12(ต่อ) ผลการประเมินบ้านแนวคิดยั่งยืนด้วยแบบประเมิน BREEAM

Eco1	การเพิ่มคุณค่าแก่ระบบนิเวศน์	n/a
Eco2	การส่งเสริมระบบนิเวศน์	n/a
Eco3	การปกป้องลักษณะเด่นของระบบนิเวศน์	n/a
Eco4	การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์	n/a
Eco5	พื้นที่ดลุมดิน	n/a
Hea1	การใช้แสงธรรมชาติ	3.76
Hea2	การป้องกันเสียง	n/a
Hea3	จัดพื้นที่เป็นสัดส่วน มีพื้นที่ส่วนตัว	1.88
	รวม	37.33
n/a ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากเกินขอบเขตของการศึกษา		

Rating	Score
Pass	36
Good	48
Very Good	60
Excellent	70

ระดับคะแนนที่ถือว่าอาคารที่ได้รับการประเมินเป็นอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมคือ 36 คะแนน ซึ่งบ้านแนวคิดยั่งยืนนี้สามารถผ่านการประเมินได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5.2 แบบประเมิน BREEAM นำมาปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ประเมินบ้านพักอาศัยในประเทศไทย และอยู่ในขอบเขตของการวิจัยนี้ด้วย

ตาราง 5.13 แบบประเมิน BREEAM (ปรับปรุงโดยตัดข้อที่ไม่สามารถประเมินได้ออก)

ข้อ	รายละเอียด	คะแนน	เต็ม
Ene1	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น	3.21	10.71
Ene3	พื้นที่ตากเสื้อผ้า	1.07	1.07
Ene4	ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับการรับรอง	1.07	2.14
Ene5	ไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคาร	2.14	2.14
Pol1	การใช้ฉนวนกันความร้อน	1.07	2.14
Pol2	ปริมาณ Nox ที่เกิดขึ้น	6.43	6.43
Pol3	การระบายน้ำสู่ระบบสาธารณะ	4.28	4.28
Mat1	ไม้ ที่ใช้ทั่วไปจากป่าไม้ที่มีการจัดการ หรือการรีไซเคิล	0	2.9
Mat2	ไม้ที่ใช้ในวัสดุผิว จากป่าไม้ที่มีการจัดการหรือการรีไซเคิล	0	1.45
Mat3	การจัดการวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้	0.97	2.9
Mat4	ผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อม	1.45	7.73
Wat1	ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	8.33	8.33
Wat2	การใช้น้ำภายนอกอาคาร	1.67	1.67
Hea1	การใช้แสงธรรมชาติ	3.76	5.64
Hea3	จัดพื้นที่เป็นสัดส่วน มีพื้นที่ส่วนตัว	1.88	1.88
		37.33	61.41

PASS	22.11
Good	29.48
Very Good	36.85
Excellent	42.99

จากการประเมินด้วยแบบประเมินที่ปรับปรุงจากแบบประเมิน BREEAM บ้านพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนอยู่ในระดับดีมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

คนทั่วไปมักคิดว่า การสร้างบ้านที่ประหยัดพลังงานนั้นจะต้องใช้งบประมาณมากกว่าบ้านทั่วๆไป เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการใช้อาคาร เช่น ค่าพลังงาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วหากบ้านพักอาศัยได้รับการออกแบบที่ดี ประหยัดพลังงานสามารถลดค่าใช้จ่ายและค่าใช้จ่ายในระยะยาวต่ำกว่าบ้านทั่วไปได้

ตาราง 5.14 ราคาค่าวัสดุและค่าก่อสร้างบ้านทั่วไป

บ้านทั่วไป				
วัสดุ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	รวม
กระเบื้องเซรามิก	121.12	ตร.ม.	386.00	46,752.32
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	155.47	ตร.ม.	205.00	31,871.35
ปูนฉาบหนา 20 มม.	155.47	ตร.ม.	270.00	41,976.90
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	64.00	ตร.ม.	68.00	4,352.00
โครงเคร่ากัลวาไนซ์	213.00	ม.	264.00	56,232.00
กระเบื้องคอนกรีต	120.00	ตร.ม.	130.00	15,600.00
แผ่นสะท้อนความร้อน	73.60	ตร.ม.	34.00	2,502.40
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	43.00	ตร.ม.	68.00	2,924.00
โครงเคร่ากัลวาไนซ์	143.00	ม.	264.00	37,752.00
ฝ้าชายคาไม้ระแนงตีเว้นร่อง	36.00	ตร.ม.	262.00	9,432.00
โครงเคร่าไม้	36.00	ตร.ม.	210.00	7,560.00
โครงสร้าง คสล.				
เสา				
คอนกรีต	2.77	ลบ.ม.	1,550.00	4,293.50
เหล็ก 12มม.	240.30	กก.	19.84	4,767.55
เหล็ก 6มม.	84.11	กก.	21.55	1,812.46
คาน	9.50	ตร.ม.	270	2,565.00
คอนกรีต	15.12	ลบ.ม.	1,550.00	23,428.25
เหล็ก 12มม.	675.33	กก.	19.84	13,398.59
เหล็ก 6มม.	404.33	กก.	21.55	8,713.25
พื้น	200.00	ตร.ม.	270.00	54,000.00
คอนกรีต	14.11	ลบ.ม.	1,550.00	21,870.50
เหล็ก 9มม.	3,149.00	กก.	20.36	64,113.54
หลังคา	175.00	ตร.ม.	270	47,250.00
ตั้ง 2*150*50*20*2.3	37.86	กก.	199.17	7,539.65
ตะเฆ่สัน 2*150*50*20*2.3	313.66	กก.	199.17	62,471.41
จันทัน 150*50*20*2.3	635.44	กก.	142.50	90,550.20
แป 50*50*2.3	1,210.42	กก.	125.00	151,302.00
	ราคารวม			**815,030.87**
	พื้นที่อาคาร			128.00
	ราคา/ตร.ม.			**6,367.43**

ตาราง 5.15 ราคาค่าวัสดุและค่าก่อสร้างบ้านยั่งยืน

วัสดุ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท/หน่วย)	รวม
แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ	84.50	ตร.ม.	560.00	47,320.00
กระเบื้องเซรามิก	63.50	ตร.ม.	386.00	24,511.00
แผ่นพื้นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 20มม.	52.00	ตร.ม.	245.00	12,740.00
ตงไม้	52.00	ตร.ม.	556.00	28,912.00
ฉนวนเซลลูโลส	22.00	ตร.ม.	300.00	6,600.00
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	22.00	ตร.ม.	68.00	1,496.00
ฝ้าชายคาไม้ระแนงตีเว้นร่อง	60.00	ตร.ม.	262.00	15,720.00
โครงเคร่าไม้	60.00	ตร.ม.	210.00	12,600.00
ชั้น 1				
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	27.60	ตร.ม.	205.00	5,658.00
ปูนฉาบหนา 10 มม.	27.60	ตร.ม.	135.00	3,726.00
ฉนวนเซลลูโลส	27.60	ตร.ม.	300.00	8,280.00
โครงเคร่าไม้	27.60	ม.	248.00	6,844.80
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	12.75	ตร.ม.	205.00	2,613.75
ปูนฉาบหนา 20 มม.	12.75	ตร.ม.	270.00	3,442.50
ชั้น 2				
ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 12มม.	76.66	ตร.ม.	340.00	26,064.40
ผนังยิปซัมบอร์ด หนา 12มม.	104.86	ตร.ม.	70.00	7,340.20
โครงเคร่าไม้	107.04	ม.	210.00	22,478.40
ฉนวนเซลลูโลส	13.88	ตร.ม.	300.00	4,164.00
ผนังก่ออิฐหนา 0.08ม.	23.34	ตร.ม.	205.00	4,784.70
ปูนฉาบหนา 20 มม.	23.24	ตร.ม.	270.00	6,274.80
หลังคา				
โครงเคร่าไม้	72.00	ม.	210.00	15,120.00
กระเบื้องคอนกรีต	165.00	ตร.ม.	130.00	21,450.00
ฉนวนเซลลูโลส	111.60	ตร.ม.	300.00	33,480.00
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9มม.	72.00	ตร.ม.	68.00	4,896.00
โครงสร้างเหล็ก				
เสา 150*125*8.55	1,954.80	กก.	28.00	54,734.40
คาน 50*200*6	2,212.58	กก.	28.00	61,952.35
คาน 50*150*4.5	515.13	กก.	28.00	14,423.56
หลังคา				
ตั้ง 2*150*50*2.3	118.98	กก.	199.17	23,696.05
อะเส 50*150*4.5	465.28	กก.	28.00	13,027.73
ตะเฆ่สัน 2*150*50*20*2.3	344.49	กก.	199.17	68,610.85
จันทัน 150*50*20*2.3	909.22	กก.	142.50	129,563.85
แป 50*50*2.3	1,350.70	กก.	125	168,837.00
อกไก่ 2*150*50*20*2.3	33.80	กก.	142.50	4,816.50
จันทัน 150*50*20*2.3	283.92	กก.	142.50	40,458.60
แป 50*50*2.3	334.00	กก.	125	41,750.00
	ราคารวม			948,387.43
	พื้นที่อาคาร			144.00
	ราคา/ตร.ม.			6,586.02

ตาราง 5.16 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอาคาร

ค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุอาคาร(LIFE CYCLE COST) 25 ปี		
	บ้านทั่วไป	บ้านยั่งยืน
ค่าก่อสร้างอาคาร	815,030.87	948,387.43
ปริมาณไฟฟ้ารายปี(kWh)	11,965.24	294.17
ค่าไฟฟ้ารายปี(บาท)	47,860.96	1,176.69
อายุอาคาร(ปี)	25	25
Factor [P ->A] ; I=0.03	17.41	17.41
ค่าไฟฟ้ารวม25ปีในมูลค่าปัจจุบัน	833,402.97	20,489.67
ค่าใช้จ่ายรวมตลอดอายุอาคาร (LIFE CYCLE COST)	1,648,433.84	968,877.10

- คำนวณที่อายุอาคาร 25ปี และอัตราดอกเบี้ย 3%

เห็นได้ว่าเมื่ออาคารมีอายุ 25 ปี ค่าใช้จ่ายตลอดอายุอาคารแตกต่างกัน โดยบ้านยั่งยืนมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุอาคารต่ำกว่าบ้านทั่วไปประมาณ 40%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

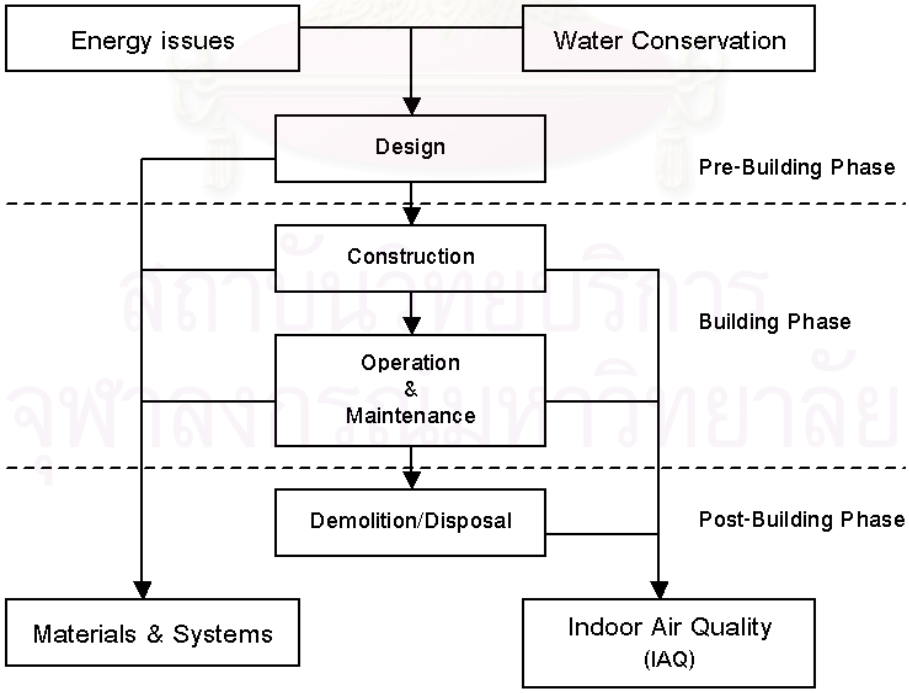
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนเกิดขึ้นจากความสำนึกถึงความสัมพันธ์ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มุ่งสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการใช้สอยของมนุษย์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยที่ยังคงมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีของมนุษย์ การออกแบบบ้านพักอาศัยถือเป็นพื้นฐานในการขยายขอบเขตของความยั่งยืนสู่สถาปัตยกรรมที่ซับซ้อนมากขึ้น แนวคิดเบื้องต้นของแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนประกอบด้วยหลักการ 4 ประการ ได้แก่

ก. พลังงาน
ข. วัสดุ
ค. น้ำ
ง. ผู้ใช้อาคาร



รูปที่ 6.1 แผนภาพแสดงแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

หลักการทั้ง 4 ประการข้างต้นเป็นส่วนประกอบหลักของแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบจนกระทั่งอาคารได้ถูกทำลาย ความหมายของความยั่งยืนไม่ได้กำหนดอายุหรือระยะเวลาการใช้งานอาคาร แต่หมายถึงอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ตั้งแต่เริ่มต้นก่อสร้างอาคารจนกระทั่งอาคารถูกทำลายไป

การใช้หลักการทั้ง 4 ประการข้างต้นในการออกแบบสถาปัตยกรรม ด้วยวิธีการต่างๆเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของหลักการหนึ่งๆ อาจมีข้อขัดแย้งกับอีกหลักการ เช่น การประหยัดพลังงานด้วยการใช้วัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูงซึ่งใช้พลังงานในการผลิตวัสดุมากและอาจมีผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการลำดับความสำคัญของหลักการดังกล่าวโดยพิจารณาจากความสำคัญของปัญหา ในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญกับพลังงานที่ใช้ในอาคารเป็นอันดับแรก เนื่องจากเป็นปัญหาสำคัญระดับชาติ และสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร, วัสดุ, และน้ำตามลำดับ

6.1.2 หลักการออกแบบอาคารด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อให้บรรลุถึงหลัก 4 ประการของแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน มี 2 ส่วนหลัก ได้แก่

ก. ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้ได้มากที่สุด

a. ด้านพลังงานโดยการวางตัวอาคาร การจัดตำแหน่งห้องและช่องเปิดต่างๆ ภายในอาคารให้ได้รับลมและแสงธรรมชาติซึ่งเป็นทรัพยากรหมุนเวียนที่มีไม่หมดสิ้น

b. ด้านวัสดุโดยการใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า และเลือกวัสดุที่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

c. ด้านน้ำ มีการหมุนเวียนน้ำน้ำกลับมาใช้ใหม่

d. ด้านคุณภาพชีวิตผู้ใช้อาคาร สร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารด้วยวิธีธรรมชาติ โดยวางอาคารให้ได้รับลม จัดให้มีการระบายอากาศที่ดี เป็นต้น

ข. ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในจุดที่จำเป็น เช่น การใช้วัสดุที่ผลิตจากเทคโนโลยีทำให้วัสดุมีความสามารถในการต้านทานทั้งความร้อน ความชื้น และแมลงต่างๆ มีส่วน

ช่วยในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารและอายุการใช้งานวัสดุที่ยาวนานขึ้น หรือ การใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนในกรณีที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธรรมชาติได้

6.1.3 สรุปผลอาคารที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

การออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในการศึกษานี้ ได้รวบรวมแนวความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานและส่งเสริมสภาวะน่าสบายภายในอาคาร รวมถึงการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เพื่อให้บรรลุหลักการ 4 ประการของแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน และเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยทั่วไปที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ได้ผลสรุปดังนี้

ตาราง 6.1 ตารางเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรต่างๆของบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไป

สรุปผลการออกแบบ				
	บ้านแนวคิดยั่งยืน		บ้านทั่วไป	
	จำนวน	หน่วย	จำนวน	หน่วย
พลังงาน				
พลังงานในการใช้อาคาร				
- พลังงานในการปรับอากาศ	1.00	MBtu/year	40.84	MBtu/year
-พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	341.64	kWh/year	496.4	kWh/year
-พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ	9,844.00	kWh/year	9,196.00	kWh/year
ปริมาณก๊าซCO_2ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงาน	35	kWh/m^2/year	85	kWh/m^2/year
วัสดุ				
พลังงานสะสมในวัสดุ	2,809.19	MJ/m^2	3,036.67	MJ/m^2
น้ำ				
ปริมาณน้ำที่ใช้	72	แกลลอน/วัน	137	แกลลอน/วัน
ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น	33	ลบ.ม./ปี	189.3	ลบ.ม./ปี
ปริมาณน้ำที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่	66	ลบ.ม./ปี	0	ลบ.ม./ปี
คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร				
จำนวนชั่วโมงในสภาวะน่าสบาย				
- ห้องพักผ่อน	6,479	ชั่วโมง/ปี	5,489	ชั่วโมง/ปี
- ห้องนอน1	6,464	ชั่วโมง/ปี	5,414	ชั่วโมง/ปี
- ห้องนอน2	7,520	ชั่วโมง/ปี	5,442	ชั่วโมง/ปี
- ห้องนอน3	6,889	ชั่วโมง/ปี	5,564	ชั่วโมง/ปี

ตารางข้างต้นแสดงการเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากรพลังงาน น้ำ มลพิษและชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายของบ้านแนวคิดยั่งยืนและบ้านทั่วไปในเชิงปริมาณ บ้านที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนใช้ทรัพยากรน้อยกว่าบ้านทั่วไป และมีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายมากกว่าบ้านทั่วไป แต่ยังมีประเด็นอื่นๆที่ไม่สามารถแปรเป็นตัวเลขเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจน เช่น

ก. การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนอกจากเปรียบเทียบได้จากพลังงานสะสมในวัสดุ(embodied energy)แล้ว การผลิตวัสดุยังต้องใช้ทรัพยากรอื่นๆ เช่น วัตถุดิบ, น้ำ และในกระบวนการผลิตรวมถึง การขนส่งและติดตั้งวัสดุต่างมีการใช้พลังงานและยังทำให้เกิดมลพิษตามมาอีกด้วย การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างบ้านแนวคิดยั่งยืนได้เปรียบเทียบวัสดุต่างๆที่มีในตลาดวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยโดยอ้างอิงแหล่งข้อมูลจากหนังสือ Green Building Handbook Volume 1 และโปรแกรมBEES3.0 เป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวัสดุที่ใช้ก่อสร้างบ้านทั่วไป ทั้งในช่วงการผลิตวัสดุ การติดตั้งและการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

ข. เศษวัสดุจากการก่อสร้าง

จากการเลือกระบบโครงสร้างและวัสดุในการก่อสร้าง บ้านแนวคิดยั่งยืนใช้วัสดุสำเร็จรูปเป็นส่วนใหญ่ ในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างน้อยกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในบ้านทั่วไป นอกจากนี้ยังนำมารีไซเคิลได้ง่ายกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย ระยะเวลาการก่อสร้าง การควบคุมคุณภาพการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กทำได้ง่ายกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการวางแผนจัดการการก่อสร้างด้วย

ค. การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ และใช้วัสดุรีไซเคิล

วัสดุจากการรีไซเคิลสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารหลังใหม่ได้โดยคุณสมบัติของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง เช่น เหล็ก, ผนังยิปซัม เป็นต้น วัสดุจากการรีไซเคิลใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่าการผลิตวัสดุจากวัตถุดิบธรรมชาติ วัสดุจากการรีไซเคิลที่ใช้ในบ้านแนวคิดยั่งยืน เช่น ฉนวนเซลลูโลสซึ่งมีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล 75% ใช้พลังงานในการผลิตเพียง 10% ของการผลิตวัสดุฉนวนอื่นๆ และการเลือกใช้วัสดุต่างๆได้พิจารณาถึงการนำกลับมาใช้ใหม่เมื่ออาคารได้ถูกทำลายลง

6.1.4 การชี้วัดแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน

ในการชี้วัดบ้านที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในการศึกษานี้ได้ใช้แบบประเมินจากองค์กร BRE (Building Research Establishment) ในประเทศอังกฤษเพื่อวัดระดับความยั่งยืนของบ้านที่ออกแบบขึ้น

แบบประเมินของ BRE มีเนื้อหาครอบคลุม ดังนี้

ก. พลังงาน
ข. การขนส่ง
ค. มลพิษ
ง. วัสดุ
จ. น้ำ
ฉ. ระบบนิเวศน์
ช. คุณภาพชีวิตผู้ใช้อาคาร

แบบประเมินบางส่วนไม่สามารถนำมาประเมินได้ เนื่องจากแบบประเมินครอบคลุมถึงการส่ง, ชุมชน, และระบบนิเวศน์ซึ่งเกินขอบเขตในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ข้อกำหนดบางส่วนอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประเมินอาคารในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อนชื้นที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศในเขตหนาว อย่างไรก็ตามการประเมินด้วยแบบประเมิน บ้านที่ออกแบบด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนสามารถผ่านมาตรฐานของBREได้

6.1.5 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการออกแบบบ้านพักอาศัยด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนนี้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ในการนำเอาแนวความคิดยั่งยืนมาใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรม และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรม มนุษย์ผู้ใช้อาคารและสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น บ้านพักอาศัยที่ได้ออกแบบขึ้นในการศึกษานี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งในการนำแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนมาใช้ในการออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีความยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคารมากขึ้นต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 การศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวคิดความยั่งยืนในบ้านพักอาศัย ซึ่งมีการกำหนดขอบเขตที่แคบ การศึกษาแนวความคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในขอบเขตที่กว้างขึ้น เช่น ในอาคารขนาดใหญ่ หรือ ชุมชนสามารถสร้างระบบที่ความยั่งยืนมากขึ้น

6.2.2 ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองสภาพอาคารเพื่อคำนวณการใช้พลังงาน และอุณหภูมิอากาศภายในห้องซึ่งผลจากการคำนวณอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ การวัดผลต่างๆจากสภาพจริงจะได้ผลที่แม่นยำและชัดเจนมากกว่า

6.2.3 ข้อมูลของวัสดุก่อสร้าง เช่น พลังงานสะสม, ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต หรือผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อมอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างประเทศ เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการรวบรวมข้อมูลดังกล่าว ผลที่ได้จากการคำนวณจึงใช้เพื่อเปรียบเทียบโดยประมาณเท่านั้น

6.2.4 มาตรฐานที่ใช้ประเมินความยั่งยืนจากองค์กรBRE เป็นแบบประเมินที่สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศของประเทศเขตหนาว ดังนั้นแบบประเมินบางส่วนจึงไม่เหมาะสมในการใช้ประเมินอาคารในประเทศไทย การสร้างแบบประเมินสำหรับอาคารความยั่งยืนในประเทศไทยจึงควรมีการศึกษาต่อไป

6.2.5 การออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนไม่เพียงคำนึงถึงแต่สถาปัตยกรรม แต่ยังต้องคำนึงถึง พื้นที่ดินโดยรอบ สิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพ : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด (มหาชน), 2539.

ธนิต จินดาวณิค, "สถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน," ใน สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี, (กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540), หน้า15-20.

มาลินี ศรีสุวรรณ, "การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย," วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาระศาสตร์ การประชุมวิชาการประจำปีสถาปัตยกรรมและศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่อง ครั้งที่ 4 (ปีการศึกษา 2543): 234-248.

วัฒนสิน สัตย์พิทักษ์ และคณะ. แนวทางการออกแบบประหยัดพลังงานสำหรับที่พักอาศัย โดยการระบายอากาศและสะสมความเย็นด้วนวิถีธรรมชาติ[CD-Rom]. สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.

สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร. แบบบ้านเพื่อบริการประชาชน[Online] Available from : http://www.bma.go.th/house9/laws3.html[November 25,2004]

อรรจน์ เศรษฐบุตร. สภาวะน่าสบาย. ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย, หน้า5-3. กรุงเทพฯ : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547.

ภาษาอังกฤษ

Alameda County Waste Management Authority & Source Reduction and Recycling Board. New Home Construction : Green Building Guidelines[Online] Available from : www.stopwaste.org[September 16,2004]

American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHREA Handbook CD [CD-ROM], 2001.

Brenda and Robert Vale, The Autonomous House, a model for suburban sustainability[Online]. Avialable from: http://genoa.ecovillage.org/genoceania/resources/autnmshse.html#1[November 5, 2004]

Building Resesarch Establishment. EcoHomes-2005-The environmental rating for homes[Online} Available from: www.ecohomes.org[November 5, 2004]

D. Charlie Curcija, Mahabir Bhandari and Lawrence L. Ambs. Building Energy Simulation Tools: An Overview (PowerPoint). Center for Energy Efficiency and Renewable Energy at University of Massachusetts, 2004.

David Anink, Cheil Boonstra and Jihn Mak. Handbook of Sustainable Building. London : James&Janes(Science Publishes) Limited, 1996.

David Pearce, Anil Markandya and Edward Barbier. Blueprint for a Green Economy. London: Earthscan Publications Ltd., 1989.

Department of Environmental Services, Inspection Services Division; Arlington County. Residential Green Building Program General Concept. Green Home Choice Comittee, 2003.

Donald Watson and Kenneth Labs. Climatic design : energy-efficient building principles and practices. New York : McGraw-Hill, 1983.

Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand. Electricity Consumption for the whole country[Online]. 2005. Available from : http://www.eppo.go.th/info/T40.html[2005,Febuary 8]

G.Z. Brown and Mark DeKay . Sun, wind & light : architectural design strategies. New York : John Wiley & Sons, 2001

George Baird and others. The energy embodied in building materials-updated New Zealand coefficients and their significance. present at The 1997 IPENZ Conference,1997.

H. E. Daly. Steady state economics: concepts, questions, and politics, Ecological Economics 6 (1992): pp.333-338.

International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), World Conservation Union, United Nation Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF). Caring for the Earth, pp. 10. Switzerland: IUCN/UNEP/WWF, 1991.

Jan Hygnstorm, Wayne Woldt and Sharon Skipton. Residential On-site Wastewater Treatment. Lincoln : NDEQ publications, 2002.

Jane Anderson, David Shiers and Mike Sinclair. The Green guide to Specification. London : The Building Research Establishment, 2002.

Joanna Glover. Which is Better? Steel, Concrete or Wood: A Comparison of Assessments On Three Building Materials In the Housing Sector[Online].Available from: http://www.boralgreen.shares.green.net.au/research3/chap1.htm[2004,September 17]

Jong-Jin Kim, Brenda Rigdon and Jonathan Graves. "Introductory Module," in Pollution Prevention in Architecture. National Pollution Prevention Center for higher education, 1998.

Jong-Jin Kim, Brenda Rigdon and Jonathan Graves. Qualities,Use and Examples of Sustainable Building Materials[Online] Available from : www.umich.edu/~nppcpub/[December 23,2004]

L. M. Eisgruber. Sustainable development, ethics, and the Endangered Species Act, Choices Third Quarter (1993) : pp.4-8.

Leadership in Energy & Environmental design. Rating system Version2.0[Online] Available from : http://www.usgbc.org/Docs/LEEDdocs/LEED-H%20Update_12_2_04_AP.pdf[November 15,2004]

Low Impact Development Center, Inc. Sizing of Rain Barrels and Cisterns[Online]. Available from http://www.lid-stormwater.net/[January 4, 2005]

Master Builders Association of King and Snohomish Counties, Washington. Built Green Features[Online]. Available from : http://www.builtgreen.net/features.html#2[2004,December 20]

Narenda K. Bansal, Gerd Hauser and Gernot Minke. Passive building design : A handbook of natural climatic control. Amsterdam : Elsevier Science B.V.,1994.

O'Riordan, T., and Jiger, J. (eds.). Politics of Climate Change: A European perspective, First Edition. (London: Routledge, 1996), p.147.

R. Goodland and G. Ledec. "Neoclassical economics and principles of sustainable development," Ecological Modeling 38. (1987): 36.

R. Repetto. World Enough and Time. New Haven, CT : Yale University Press, 1986.

Rocky Mountain Institute. Green development : Integrate Ecology and Real Estate. New York : John Wiley & Sons,1998.

Sam C M Hui. Sustainable Architecture[Online]. Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm[Febuary 15, 2004]

S.J. Hayter, P.A. Torcellini and others, " Desgning for Sustainability," present at the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE) Conference. Dublin, Ireland' September 20-22, 2000.

The Integrated Waste Management Board(IWMB), Green Building Basic[Online] Available from : www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/ [May 25, 2003]

The OECD Project, Organisation for Economic Co-operation and Development, "Sustainable Construction," Sustainable Architecture[Online] Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#1.[May 25, 2003]

The National Renewable Energy Laboratory(NREL). "Residential Solar Heating Collectors," in Energy Efficiency and Renewable Energy. March,1996.

Thomas A. Fisher. "Environmental Architecture," Sustainable Architecture[Online]. Available from: http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#2.2[June 5, 2004]

Tom Woolley and others. Green Building Handbook Volume1. London: Spon Press, 2001.

Walker Wells and Denis Lofman. Greening Affordable Housing[PowerPiont]. Available from: www.globalgreen.org[June 18,2004]

World Commission on Environment and Development. Our Common Future, pp. 4. New York : Oxford University Press, 1987.

World Resources Institute, Dimensions of sustainable development. "World Resources 1992-93," A Guide to the Global Environment, pp. 2, New York : Oxford University Press, 1992.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรม DOE2

```
INPUT   LOADS   ..
TITLE   LINE-1  *AMORNRAT*
        LINE-2  *PASSIVE HOUSE*
        LINE-3  *BANGKOK, THAILAND*   ..
        RUN-PERIOD          JAN 1 1999 THRU DEC 31 1999   ..
        ABORT               ERRORS     ..
        DIAGNOSTIC          WARNINGS      ..
        LOADS-REPORT        SUMMARY= (LS-A,LS-B,LS-E)
                            VERIFICATION= (LV-A) ..
        BUILDING-LOCATION     LATITUDE= 13.9   LONGITUDE= -100.6  ALTITUDE= 39  TIME-ZONE= -7
                              HOLIDAY= NO       GROSS-AREA= 1592.24     AZIMUTH= 0.0
                              DAYLIGHT-SAVINGS= NO
                              GROUND-T = (82.3,82.6,85.5,85.7,85.9,85.6,85.3,84.9,85.1,83.8,82.6,78.9)
                              SURF-TEMP-CALC = NO ..
$ CONSTRUCTION
BRICK-WALL1       =MATERIAL
                  THICKNESS = 0.328
                  CONDUCTIVITY = 0.467
                  DENSITY = 109.86  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
BRICK-WALL2       =MATERIAL
                  THICKNESS = 0.656
                  CONDUCTIVITY = 0.467
                  DENSITY = 109.8  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
CPAC       =MATERIAL
                  THICKNESS = 0.039
                  CONDUCTIVITY = 0.483
                  DENSITY = 103  SPECIFIC-HEAT= 0.20 ..
PRIMA      =MATERIAL
                  THICKNESS = 0.016
                  CONDUCTIVITY = 0.398
                  DENSITY = 116  SPECIFIC-HEAT= 0.20 ..
CONCRETE-FLOOR    =MATERIAL
                  THICKNESS = 0.328
                  CONDUCTIVITY = 0.834
                  DENSITY = 149.8  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
GYPSUM      =MATERIAL
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    THICKNESS = 0.04
                    CONDUCTIVITY = 0.0926
                    DENSITY = 50  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
GYPSUM-BOARD  =MATERIAL
                    THICKNESS = 0.03
                    CONDUCTIVITY = 0.11
                    DENSITY = 55  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
FIBERCEMENT   =MATERIAL
                    THICKNESS = 0.04
                    CONDUCTIVITY = 0.162
                    DENSITY = 81.1  SPECIFIC-HEAT= 0.2  ..
CELLULOSE1     =MATERIAL
                    THICKNESS = 0.164
                    CONDUCTIVITY = 0.043
                    DENSITY = 3.2  SPECIFIC-HEAT= 0.33  ..
CELLULOSE     =MATERIAL
                    THICKNESS = 0.328
                    CONDUCTIVITY = 0.043
                    DENSITY = 3.2  SPECIFIC-HEAT= 0.33  ..
AIR-WALL     =MATERIAL   RESISTANCE=3.438 ..
AIR-ROOF     =MATERIAL   RESISTANCE=5.6  ..
WA-1 = LAYERS     MATERIAL= (FIBERCEMENT,CELLULOSE,BRICK-WALL1)
                      INSIDE-FILM-RES = 0.68   ..
WA-2 = LAYERS     MATERIAL= (FIBERCEMENT,AL31,GYPSUM)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.68   ..
WA-3 = LAYERS     MATERIAL= (GYPSUM,AL31,GYPSUM)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.68   ..
WA-4 = LAYERS     MATERIAL= (BRICK-WALL1)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.68   ..
WA-5 = LAYERS     MATERIAL= (FIBERCEMENT,CELLULOSE1,GYPSUM)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.68   ..
FL-1 = LAYERS     MATERIAL= (CONCRETE-FLOOR)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.92   ..
FL-2 = LAYERS     MATERIAL= (CONCRETE-FLOOR)
                   INSIDE-FILM-RES = 0.92   ..
WALL-1          =CONSTRUCTION     LAYERS=WA-1  ABSORPTANCE=0.2              ..
WALL-2          =CONSTRUCTION     LAYERS=WA-2  ABSORPTANCE=0.2              ..
WALL-3          =CONSTRUCTION     LAYERS=WA-3  ABSORPTANCE=0.2              ..
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
WALL-4          =CONSTRUCTION     LAYERS=WA-4  ABSORPTANCE=0.2              ..
WALL-5          =CONSTRUCTION     LAYERS=WA-5  ABSORPTANCE=0.2              ..
ROOF-1          =CONSTRUCTION     U-VALUE=0.071 ..
FLOOR             =CONSTRUCTION   LAYERS=FL-1  ABSORPTANCE=0.65              ..
FLOOR-2          =CONSTRUCTION     U-VALUE=0.85              ..
FLOOR-3=CONSTRUCTION   LAYERS=WA-5  ABSORPTANCE=0.65              ..
CEIL-1          =CONSTRUCTION     U-VALUE=1.7              ..
W-1             =GLASS-TYPE       PANES=1  SHADING-COEF= 0.54
                  GLASS-CONDUCTANCE=1.47  ..
W-2             =GLASS-TYPE       PANES=1  SHADING-COEF= 0.54
                  GLASS-CONDUCTANCE=1.47 ..

$ OCCUPANCY SCHEDULE
    OC-1            =DAY-SCHEDULE  (1,6)(0)(7,22)(1)(23,24)(0).. $LIVING$
    OC-2            =DAY-SCHEDULE    (1,6)(1)(7,22)(0) (23,24)(1)..  $BEDROOM$
    OC-WEEK         =WEEK-SCHEDULE   (WD) OC-1 (WEH) OC-1   ..
    OC2-WEEK         =WEEK-SCHEDULE   (WD) OC-2 (WEH) OC-2   ..
    OCCUPY-1        =SCHEDULE        THRU DEC 31 OC-WEEK   ..
    OCCUPY-2        =SCHEDULE        THRU DEC 31 OC2-WEEK  ..
$ LIGHTING SCHEDULE
        LT-1            =DAY-SCHEDULE    (1,5)(0.05)(6,7)(0.5) (8,22)(0.6)(23,24)(0.1) ..
        LT-2            =DAY-SCHEDULE    (1,8)(0.05)(9,22)(0.0)(23,24)(1.0) ..
        LT-WEEK         =WEEK-SCHEDULE   (WD) LT-1 (WEH) LT-1   ..
        LT-WEEK2        =WEEK-SCHEDULE   (WD) LT-2 (WEH) LT-2   ..
        LIGHTS-1        =SCHEDULE        THRU DEC 31 LT-WEEK  ..
        LIGHTS-2        =SCHEDULE        THRU DEC 31 LT-WEEK2  ..
$ EQUIPMENT SCHEDULE
    EQ-1            =DAY-SCHEDULE    (1,5)(0.05)(6,7)(0.5)(8,22)(0.8)(23,24)(0.05) ..
    EQ-2            =DAY-SCHEDULE    (1,8)(0.1)(9,12)(0.0)(13,22)(0.0)(23,24)(0.7) ..
    EQ-WEEK         =WEEK-SCHEDULE   (WD) EQ-1 (WEH) EQ-1   ..
    EQ2-WEEK        =WEEK-SCHEDULE   (WD) EQ-2 (WEH) EQ-2   ..
    EQUIP-1         =SCHEDULE        THRU DEC 31 EQ-WEEK   ..
    EQUIP-2         =SCHEDULE        THRU DEC 31 EQ2-WEEK   ..
$ INFILTRATION SCHEDULE
        ALLVENT-T       =SCHEDULE       THRU DEC 31 (ALL) (1,24)(1) ..
        NOVENT-T        =SCHEDULE       THRU DEC 31 (ALL) (1,24)(0) ..
        DAYVENT-T       =SCHEDULE       THRU DEC 31 (ALL) (1,6)(0)(7,18)(1) (19,24) (0) ..
        NIGHTVENT-T     =SCHEDULE       THRU DEC 31 (ALL) (1,9)(1)(10,18)(0) (19,24) (1) ..
```

```
$ SET DEFAULT VALUES
        SET-DEFAULT FOR SPACE FLOOR-WEIGHT=0    ..
$ GENERAL SPACE DEFINITION
     HOUSE              =SPACE-CONDITIONS
     TEMPERATURE        =(76)
     PEOPLE-SCHEDULE    =OCCUPY-2
     PEOPLE-HEAT-GAIN   =400
     LIGHTING-SCHEDULE  =LIGHTS-2
     LIGHTING-TYPE      =REC-FLUOR-NV
     LIGHT-TO-SPACE     =1.0
     LIGHTING-W/SQFT    =0.87
     EQUIP-SCHEDULE     =EQUIP-2
     EQUIPMENT-W/SQFT   =1.3
     INF-METHOD         =AIR-CHANGE
     INF-SCHEDULE       =ALLVENT-T
     AIR-CHANGES/HR     =0.5 ..
$ 1ST FLOOR
LIVING  =SPACE          ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                        VOLUME=7392.47  AREA=468.06  FURN-WEIGHT=50
                        NUMBER-OF-PEOPLE=4
                        PEOPLE-SCHEDULE =OCCUPY-1  PEOPLE-HEAT-GAIN=400
                        LIGHTING-SCHEDULE=LIGHTS-1 LIGHTING-TYPE=SUS-FLUOR
                        LIGHT-TO-SPACE =1.0  LIGHTING-W/SQFT=0.87
                        EQUIPMENT-W/SQFT=1.3
                        INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE =NIGHTVENT-T
                        INF-CFM/SQFT  = 1.5 ..
F11-L=EXTERIOR-WALL     AZIMUTH=0 HEIGHT=10 WIDTH=13.12
                        X=26.24 Y=30 Z=0
                        SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-1  ..
     WF1-L=WINDOW       WIDTH=8 HEIGHT=5
                        X=0 Y=1.65  SETBACK=0.0
                        GLASS-TYPE=W-1 ..
F1-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=8 WIDTH=13.12
                        X=26.24 Y=30 Z=10
                        SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-5  ..
     WF2-L=WINDOW       WIDTH=7 HEIGHT=4
                        X=6 Y=3  SETBACK=0.0
                        GLASS-TYPE=W-1 ..
```

```
        SHF2-L=BUILDING-SHADE HEIGHT=3.6  WIDTH=13.12
                              TILT=0  AZIMUTH=180
                              X=13.12 Y=30 Z=8.5 ..
F2-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=10 WIDTH=4
                              X=30.24 Y=30 Z=0
                              CONSTRUCTION=WALL-1 SHADING-SURFACE=YES ..
F3-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=7 WIDTH=4
                              X=30.24 Y=30 Z=10
                              CONSTRUCTION=WALL-5 SHADING-SURFACE=YES   ..
R1-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=15
                              X=30.24 Y=15 Z=0
                              CONSTRUCTION=WALL-1
                              SHADING-SURFACE=YES ..
        WR1-L=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=5
                              X=2 Y=1.65  SETBACK=0.5
                              GLASS-TYPE=W-1 ..
        SHR1-L=BUILDING-SHADE HEIGHT=1.64  WIDTH=6
                              TILT=0  AZIMUTH=90
                              X=33.5 Y=17 Z=8.5 ..
R2-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=7 WIDTH=15
                              X=30.24 Y=15 Z=10
                              CONSTRUCTION=WALL-5 SHADING-SURFACE=YES ..
        WR2-L=WINDOW  WIDTH=6 HEIGHT=3
                              X=2 Y=3
                              SETBACK=0.5  GLASS-TYPE=W-1 ..
        SHR2-L=BUILDING-SHADE HEIGHT=3  WIDTH=6
                              TILT=90  AZIMUTH=90
                              X=30.7 Y=18 Z=13  TRANSMITTANCE=0.8 ..
B1-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=4
                              X=26.24 Y=15 Z=10
                              CONSTRUCTION=WALL-5   SHADING-SURFACE=YES ..
B2-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=4
                              X=26.24 Y=15 Z=0
                              CONSTRUCTION=WALL-1  SHADING-SURFACE=YES ..
R3-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=15
                              X=26.24 Y=0 Z=0
                              CONSTRUCTION=WALL-1  SHADING-SURFACE=YES ..
        WR3-L=WINDOW  WIDTH=8 HEIGHT=7
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                        X=1 Y=0
                        SETBACK=0.5  GLASS-TYPE=W-1 ..
        SHR3-L=BUILDING-SHADE HEIGHT=10  WIDTH=8
                        TILT=0  AZIMUTH=270
                        X=26.24 Y=9 Z=8.5 ..
R4-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=4
                        X=26.24 Y=11 Z=10
                        CONSTRUCTION=WALL-5 SHADING-SURFACE=YES ..
        WR4-L=WINDOW  WIDTH=3 HEIGHT=4
                        X=.5 Y=3
                        SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-1 ..
B3-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=9.5
                        X=16.72 Y=0 Z=0
                        CONSTRUCTION=WALL-1  SHADING-SURFACE=YES ..
        WB3-L=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                        X=4 Y=3
                        SETBACK=0.5  GLASS-TYPE=W-1 ..
L1-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=5
                        X=16.72 Y=0 Z=0
                        CONSTRUCTION=WALL-4 SHADING-SURFACE=YES  ..
        WL1-L=WINDOW  WIDTH=4 HEIGHT=5
                        X=0 Y=1.65
                        SETBACK=0.0 GLASS-TYPE=W-2  ..
B4-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=6.56
                        X=10 Y=5 Z=0
                        CONSTRUCTION=WALL-4 SHADING-SURFACE=YES ..
        WB4-L=WINDOW  WIDTH=3 HEIGHT=5
                        X=0 Y=1.65
                        SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2  ..
L2-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=270 HEIGHT=10 WIDTH=8.44
                        X=13.12 Y=30 Z=0
                        CONSTRUCTION=WALL-4  SHADING-SURFACE=YES ..
L3-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=10 WIDTH=6.56
                        X=13.12 Y=15 Z=0
                        CONSTRUCTION=WALL-4  SHADING-SURFACE=YES ..
L4-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=6.56
                        X=13.12 Y=15 Z=0
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                        CONSTRUCTION=WALL-4 ..
L5-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=270 HEIGHT=10 WIDTH=4
                        X=6.56 Y=15 Z=0
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC
                        CONSTRUCTION=WALL-4 ..
L6-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=6
                        X=10 Y=5 Z=0
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO KITCHEN
                        CONSTRUCTION=WALL-4 ..
B5-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=8.5 WIDTH=9.5
                        X=26.24   Y=11 Z=10
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR3
                        CONSTRUCTION=WALL-3 ..
B6-L=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=3.6
                        X=13.12 Y=5 Z=10
                        CONSTRUCTION=WALL-5  SHADING-SURFACE=YES ..
        WB6-L=WINDOW    WIDTH=3 HEIGHT=4
                        X=0 Y=3
                        SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2  ..
B7-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=8.5 WIDTH=6.56
                        X=13.12   Y=11 Z=10
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR2
                        CONSTRUCTION=WALL-3 ..
L7-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=270 HEIGHT=8.5 WIDTH=4
                        X=6.56   Y=15 Z=10
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC2
                        CONSTRUCTION=WALL-4 ..
B8-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=8.5 WIDTH=6.56
                        X=13.12  Y=15 Z=10
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR1
                        CONSTRUCTION=WALL-3 ..
L8-L=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=15
                        X=13.12   Y=15 Z=10
                        INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR1
                        CONSTRUCTION=WALL-3 ..
FLOOR1-L=UNDERGROUND-FLOOR      AZIMUTH=90 TILT=0 AREA=90.2
                                X=26.24 Y=0 Z=8.5
                                CONSTRUCTION=FLOOR  ..
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
CEILING1-L=INTERIOR-WALL        AZIMUTH=270  AREA=306.614
                                TILT=0  X=13.12 Y=30 Z=18.5
                                INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO ATTIC
                                CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
CEILING2-L=INTERIOR-WALL        AZIMUTH=90  AREA=209.78
                                TILT=0  X=26.24 Y=0 Z=8.5
                                INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR3
                                CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
KITCHEN   =SPACE          ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                          VOLUME=968.2  AREA=96.82
                           INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = NIGHTVENT-T
                          AIR-CHANGES/HR = 5 ..
K1=EXTERIOR-WALL          AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=10
                          X=0 Y=0 Z=0
                          CONSTRUCTION=WALL-4  SHADING-SURFACE=YES ..
     W-K1=WINDOW  WIDTH=4 HEIGHT=4
                          X=3 Y=3
                          SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2  ..
K2=EXTERIOR-WALL          AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=10
                          X=0 Y=0 Z=0
                          CONSTRUCTION=WALL-4  SHADING-SURFACE=YES ..
     W-K2=WINDOW  WIDTH=4 HEIGHT=4
                          X=3 Y=3
                          SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2  ..
K3=EXTERIOR-WALL          AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=5
                          X=10 Y=0 Z=0
                          CONSTRUCTION=WALL-4   SHADING-SURFACE=YES ..
K4=INTERIOR-WALL          AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=10
                          X=0  Y=11 Z=0
                          INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO BR1
                          CONSTRUCTION=WALL-2 ..
FLOOR1-K=UNDERGROUND-WALL  AZIMUTH=180  TILT=0
                          AREA=40  X=0 Y=0 Z=0
                          CONSTRUCTION=FLOOR  ..
CEILING1-K=INTERIOR-WALL  AZIMUTH=180  AREA=100
                          TILT=0  X=0 Y=0 Z=8.5
                          INT-WALL-TYPE=STANDARD
                          NEXT-TO BR2
```

```
                                    CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
WC      =SPACE                  ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                                VOLUME=258  AREA=25.8
                                INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = DAYVENT-T
                                AIR-CHANGES/HR = 10.0 ..
WC-1=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=270 HEIGHT=10 WIDTH=4
                                X=0 Y=15 Z=0
                                CONSTRUCTION=WALL-4  SHADING-SURFACE=YES ..
WC-2=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=6.56
                                X=0 Y=15 Z=0
                                CONSTRUCTION=WALL-4 SHADING-SURFACE=YES ..
FLOOR1-WC=UNDERGROUND-FLOOR          AZIMUTH=180  AREA=21
                                     TILT=0 X=0 Y=10 Z=0
                                     CONSTRUCTION=FLOOR  ..
CEILING1-WC=INTERIOR-WALL       AZIMUTH=180  AREA=26.24
                                     TILT=0  X=0 Y=10 Z=8.5
                                     INT-WALL-TYPE=STANDARD
                                     NEXT-TO WC2
                                     CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
$ 2ND FLOOR
BR1   =SPACE          SPACE-CONDITIONS= HOUSE
                  AREA=204.4 VOLUME=1676.16
                   HEIGHT=8.2  WIDTH=13.12 DEPTH=13.12
                   NUMBER-OF-PEOPLE=2  ..
F1-BR1=EXTERIOR-WALL   AZIMUTH=0 HEIGHT=7.5 WIDTH=13.12
                                X=13.12 Y=33.6 Z=10
                                CONSTRUCTION=WALL-2
                                INSIDE-SURF-TEMP = YES  SHADING-SURFACE=YES ..
        WF1-BR1=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                                X=1 Y=3
                                SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-1  ..
R1-BR1=EXTERIOR-WALL   AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=3.6
                                X=13.12 Y=30 Z=10
                                CONSTRUCTION=WALL-2
                                INSIDE-SURF-TEMP = YES  SHADING-SURFACE=YES ..
L1-BR1=INTERIOR-WALL   AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=5
                                X=6.56  Y=15 Z=10
                                INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC2
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                              CONSTRUCTION=WALL-4 ..
B1-BR1=INTERIOR-WALL   AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=6.56
                              X=0  Y=20 Z=10
                              INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC2
                              CONSTRUCTION=WALL-4 ..
L2-BR1=EXTERIOR-WALL   AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=13.12
                              X=0 Y=20 Z=10
                              CONSTRUCTION=WALL-2
                              INSIDE-SURF-TEMP = YES
                              SHADING-SURFACE=YES ..
         WL2-BR1=WINDOW  WIDTH=5         HEIGHT=4
                              X=3.6 Y=3
                              SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-1 ..
         SHL21-BR1=BUILDING-SHADE HEIGHT=8.5  WIDTH=3
                              TILT=90  AZIMUTH=180
                              X=-3 Y=20 Z=10  ..
FLOOR1-BR1=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=270  TILT=0
                               HEIGHT=13.12 WIDTH=18.6
                               X=0 Y=33.6 Z=10
                               CONSTRUCTION=FLOOR-3
                               INSIDE-SURF-TEMP = YES   SHADING-SURFACE=YES  ..
CEILING1-BR1=INTERIOR-WALL     AZIMUTH=270  AREA=210
                               TILT=0  X=0 Y=33.6 Z=18.5
                               INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO ATTIC
                               CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
BR2   =SPACE     ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                 VOLUME=1129  AREA=137.76
                 NUMBER-OF-PEOPLE=1
                 PEOPLE-SCHEDULE =OCCUPY-2  PEOPLE-HEAT-GAIN=400
                              LIGHTING-SCHEDULE=LIGHTS-2  LIGHTING-TYPE=SUS-FLUOR
                              LIGHT-TO-SPACE=1.0  LIGHTING-W/SQFT=0.2
                              EQUIP-SCHEDULE=EQUIP-2  EQUIPMENT-W/SQFT=1.0
                              INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = NIGHTVENT-T
                              AIR-CHANGES/HR = 452.88 ..
F1-BR2=INTERIOR-WALL   AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=6.56
                              X=0 Y=11 Z=10
                              INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO WC2
```

```
                        CONSTRUCTION=WALL-4 ..
L1-BR2=EXTERIOR-WALL    AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=11
                        X=0 Y=0 Z=10
                        CONSTRUCTION=WALL-2 SHADING-SURFACE=YES ..
        WL1-BR2=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                        X=0 Y=3  SETBACK=0.0
                        GLASS-TYPE=W-1 ..
        SHL1-BR2=BUILDING-SHADE HEIGHT=8.5  WIDTH=3
                        TILT=90  AZIMUTH=0
                        X=0 Y=0 Z=10  ..
B1-BR2=EXTERIOR-WALL    AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=13.12
                        X=0 Y=0 Z=10
                        CONSTRUCTION=WALL-2  SHADING-SURFACE=YES ..
        WB1-BR2=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                        X=7.5 Y=3
                        SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2 ..
R1-BR2=EXTERIOR-WALL    AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=11
                        X=13.12 Y=0 Z=10
                        CONSTRUCTION=WALL-2
                        SHADING-SURFACE=YES ..
        WR1-BR2=WINDOW  WIDTH=4 HEIGHT=4
                        X=0 Y=3
                        SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2 ..
FLOOR1-BR2=INTERIOR-WALL        AZIMUTH=180 TILT=0 AREA=197
                                X=0 Y=0 Z=10
                                INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO KITCHEN
                                CONSTRUCTION=FLOOR-2  ..
CEILING1-BR2=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=180  AREA=197
                                TILT=0  X=0 Y=0 Z=18.5
                                INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO ATTIC
                                CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
        SH-BR2=BUILDING-SHADE HEIGHT=4  WIDTH=13.12
                        TILT=0  AZIMUTH=180  X=0 Y=-4 Z=10  ..
BR3   =SPACE            ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                        VOLUME=988.182  AREA=120.75
                        NUMBER-OF-PEOPLE=1
                        PEOPLE-SCHEDULE =OCCUPY-2  PEOPLE-HEAT-GAIN=400
                        LIGHTING-SCHEDULE=LIGHTS-2  LIGHTING-TYPE=SUS-FLUOR
```

```
                    LIGHT-TO-SPACE=1.0  LIGHTING-W/SQFT=0.5
                    EQUIP-SCHEDULE=EQUIP-2  EQUIPMENT-W/SQFT=1.0
                    INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = NIGHTVENT-T
                    AIR-CHANGES/HR = 517.6 ..
F1-BR3=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=2
                    X=26.24 Y=11 Z=10
                    CONSTRUCTION=WALL-2 SHADING-SURFACE=YES  ..
R1-BR3=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=11
                    X=28.24 Y=0 Z=10
                    CONSTRUCTION=WALL-2 SHADING-SURFACE=YES ..
      WR1-BR3=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                    X=5.5 Y=3
                    SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2 ..
      SHR1-BR3=BUILDING-SHADE       HEIGHT=1 WIDTH=5.5
                    TILT=0  AZIMUTH=270  X=28.24 Y=11 Z=18.50  ..
B1-BR3=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=12.5
                    X=16.72 Y=0 Z=10
                    CONSTRUCTION=WALL-2  SHADING-SURFACE=YES ..
      WB1-BR3=WINDOW  WIDTH=5 HEIGHT=4
                    X=5 Y=3
                    SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2 ..
L1-BR3=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=11
                    X=16.72 Y=0 Z=10
                    CONSTRUCTION=WALL-2  SHADING-SURFACE=YES ..
      WL1-BR3=WINDOW  WIDTH=4 HEIGHT=4
                    X=0 Y=3
                    SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-2 ..
B7-BR3=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=180 HEIGHT=8.5 WIDTH=2
                    X=26.24 Y=11 Z=10
                    CONSTRUCTION=WALL-2   SHADING-SURFACE=YES ..
FLOOR1-BR3=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=180 TILT=0 AREA=120.75
                              INT-WALL-TYPE=STANDARD NEXT-TO LIVING
                              X=20.12 Y=0 Z=10
                              CONSTRUCTION=FLOOR-2  ..
CEILING1-BR3=INTERIOR-WALL    AZIMUTH=180  AREA=120.75
                              TILT=0  X=20.12 Y=0 Z=18.5
                              INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO ATTIC
                              CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
```

```
          SH-BR3=BUILDING-SHADE HEIGHT=4  WIDTH=13.12
                              TILT=0  AZIMUTH=180  X=13.12 Y=-4 Z=10  ..
WC2   =SPACE       ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                    VOLUME=501.84  AREA=59
                    INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = NIGHTVENT-T
                   AIR-CHANGES/HR = 10.0 ..
L1-WC2=EXTERIOR-WALL  AZIMUTH=90 HEIGHT=8.5 WIDTH=9
                              X=0 Y=11 Z=10
                              CONSTRUCTION=WALL-4 SHADING-SURFACE=YES ..
          WL1-WC2=WINDOW  WIDTH=6 HEIGHT=1.5
                              X=0 Y=5
                              SETBACK=0.0  GLASS-TYPE=W-1 ..
FLOOR1-WC2=INTERIOR-WALL        AZIMUTH=180 TILT=0 AREA=59
                                  X=0 Y=11 Z=10
                                  INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO KITCHEN
                                  CONSTRUCTION=FLOOR  ..
CEILING1-WC2=INTERIOR-WALL      AZIMUTH=180  AREA=59
                                  TILT=0  X=0 Y=11 Z=18.5
                                  INT-WALL-TYPE=STANDARD  NEXT-TO ATTIC
                                  CONSTRUCTION=CEIL-1  ..
ATTIC=SPACE      ZONE-TYPE=UNCONDITIONED
                    VOLUME=4647 AREA=774.6
                   INF-METHOD = AIR-CHANGE  INF-SCHEDULE = NIGHTVENT-T
                    AIR-CHANGES/HR = 10.0   FLOOR-WEIGHT=60 ..
RF1=EXTERIOR-WALL        AZIMUTH=0 HEIGHT=10 WIDTH=17.75
                              TILT=30 X=22.24 Y=30 Z=18.04
                              CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
SRF1-1=BUILDING-SHADE HEIGHT=6.56  WIDTH=21.32
                              TILT=30  AZIMUTH=0
                              X=21.32 Y=35.56 Z=15.4   ..
SRF1-2=BUILDING-SHADE HEIGHT=5 WIDTH=10.5
                              TILT=30  AZIMUTH=0
                              X=31.5 Y=34.5 Z=16.4   ..
RF2=EXTERIOR-WALL        AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=23
                              TILT=30 X=26.24 Y=2 Z=18.04
                              CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
SRF-2=BUILDING-SHADE   HEIGHT=6.56 WIDTH=40
                              TILT=30  AZIMUTH=90
```

```
                        X=31.24 Y=-5 Z=16.4   ..
RF3=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=180 HEIGHT=10 WIDTH=17.75
                        TILT=30 X=4 Y=0 Z=18.04
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
SRF-3=BUILDING-SHADE    HEIGHT=5 WIDTH=36.08
                        TILT=30  AZIMUTH=180
                        X=-4 Y=-4 Z=16.4 ..
RF4=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=270 HEIGHT=10 WIDTH=23
                        TILT=30 X=0 Y=25 Z=18.04
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
SRF-4=BUILDING-SHADE    HEIGHT=5  WIDTH=40
                        TILT=30  AZIMUTH=270
                        X=-4 Y=35 Z=16.4   ..
RF5=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=0 HEIGHT=4.28 WIDTH=10
                         X=18 Y=21.32 Z=23
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
RF6=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=90 HEIGHT=3.28 WIDTH=13.12
                         X=18 Y=8.2 Z=23
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
RF7=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=180 HEIGHT=4.28 WIDTH=10
                         X=8.2 Y=8.2 Z=23
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
RF8=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=270 HEIGHT=3.28 WIDTH=13.12
                         X=8.2 Y=21.32 Z=23
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 ..
RF9=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=270 HEIGHT=10 WIDTH=16.4
                         TILT=40 X=5.5 Y=23 Z=27
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 SHADING-SURFACE=YES ..
RF10=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=10 WIDTH=16.4
                         TILT=40 X=20.76 Y=6.6 Z=27
                        CONSTRUCTION=ROOF-1 SHADING-SURFACE=YES ..
AC=SPACE       SPACE-CONDITIONS= HOUSE
                        AREA=1 VOLUME=1 HEIGHT=1 WIDTH=1 DEPTH=1
                        NUMBER-OF-PEOPLE=0  ..
BOX1=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=1 WIDTH=1
                        X=-5 Y=0 Z=0
                        SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-1  ..
BOX2=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=1 WIDTH=1
```

```
                              X=-5 Y=0 Z=0
                              SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-1  ..
BOX3=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=0 HEIGHT=1 WIDTH=1
                              X=-5 Y=1 Z=0
                              SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-1  ..
BOX4=EXTERIOR-WALL      AZIMUTH=90 HEIGHT=1 WIDTH=1
                              X=-6 Y=0 Z=0
                              SHADING-SURFACE=YES  CONSTRUCTION=WALL-1  ..
FLOOR-BOX=UNDERGROUND-FLOOR AZIMUTH=180 TILT=0 AREA=4
                              HEIGHT=1 WIDTH=1
                              X=-6 Y=0 Z=0  CONSTRUCTION=FLOOR  ..
CEILING-BOX=EXTERIOR-WALL       AZIMUTH=180 TILT=0
                              HEIGHT=1 WIDTH=1
                              X=-6 Y=0 Z=1
                              SHADING-SURFACE=YESCONSTRUCTION=FLOOR  ..
$SHADE SURROUNDING
SH1=BUILDING-SHADE      HEIGHT=13.12  WIDTH=25
                              TILT=90  AZIMUTH=180
                              X=15 Y=-10 Z=5  TRANSMITTANCE=0.5  ..
SH2=BUILDING-SHADE      HEIGHT=13.12  WIDTH=10
                              TILT=90  AZIMUTH=90
                              X=-6.56 Y=-15 Z=7  TRANSMITTANCE=0.7   ..
$ LOADS HOURLY REPORT
    HR-SCH-1    =SCHEDULE  THRU DEC 31 (ALL) (1,24) (1) ..
    LRB-1       =REPORT-BLOCK       VARIABLE-TYPE= GLOBAL
              VARIABLE-LIST=(3,4,17,19)  ..
    LRB-2       =REPORT-BLOCK       VARIABLE-TYPE= LIVING
              VARIABLE-LIST=(4,9,10,11,12,13)  ..
$     LDS-REP-1   =HOURLY-REPORT      REPORT-SCHEDULE=HR-SCH-1
$               REPORT-BLOCK=(LRB-2)  .. $
END     ..
COMPUTE  LOADS  ..
INPUT SYSTEMS ..
  SYSTEMS-REPORT              SUMMARY=(SS-A) ..
$ SCHEDULES
  HEAT-1       =SCHEDULE      THRU DEC 31 (ALL) (1,24) (45) ..
  COOL-1       =SCHEDULE      THRU DEC 31 (ALL) (1,6)(76) (7,22)(150)(23,24)(76) ..
  COOL-2       =SCHEDULE      THRU DEC 31 (ALL) (1,6)(76) (7,22)(150)(23,24)(76) ..
```

```
  NOVENT-1=SCHEDULE          THRU DEC 31 (ALL) (1,24)(0) ..
  DAYVENT-1=SCHEDULE         THRU DEC 31 (ALL) (1,6)(0)(7,18)(1) (19,24) (0) ..
  NIGHTVENT-2=SCHEDULE       THRU DEC 31 (ALL) (1,7)(1)(8,19)(0) (20,24) (1) ..
WINDOWS-OPENABLE=SCHEDULE  THRU DEC 31 (ALL)(1,7)(1)(8,19)(0) (20,24)(1) ..
VENT-TEMP-SCH=SCHEDULE     THRU DEC 31   (ALL)(1,7)(72)(8,19)(100) (20,24)(72) ..
$ ZONE DATA
LIVING     =ZONE    ZONE-TYPE = UNCONDITIONED  ..
AC    =ZONE    DESIGN-HEAT-T=50
               DESIGN-COOL-T=76
               ZONE-TYPE=CONDITIONED
               THERMOSTAT-TYPE=TWO-POSITION
               HEAT-TEMP-SCH=HEAT-1
               COOL-TEMP-SCH=COOL-2    ..
KITCHEN =ZONE   LIKE LIVING   ..
WC        =ZONE     LIKE LIVING   ..
BR1       =ZONE      LIKE AC   ..
BR2       =ZONE         LIKE LIVING   ..
BR3       =ZONE         LIKE LIVING   ..
WC2       =ZONE         LIKE LIVING   ..
ATTIC     =ZONE         LIKE LIVING   ..
$ AIR CONDITIONER
  SYS-1       =SYSTEM       SYSTEM-TYPE=RESYS
                     ZONE-NAMES=(BR1,AC,KITCHEN,LIVING,WC,BR2,BR3,WC2,ATTIC)
                     MAX-SUPPLY-T=110  MIN-SUPPLY-T=50
                     NATURAL-VENT-AC=100
                    NATURAL-VENT-SCH=DAYVENT-1 ..
 PLANT-1   =PLANT-ASSIGNMENT    SYSTEM-NAMES=(SYS-1)    ..
$ SYSTEM HOURLY REPORT
    HR-SCH-1    =SCHEDULE  THRU DEC 31 (ALL) (1,24) (1) ..
       SRB-1       =REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE= LIVING
          VARIABLE-LIST=(6,91,92)  ..
    SYS-REP-1   =HOURLY-REPORT      REPORT-SCHEDULE=HR-SCH-2
             REPORT-BLOCK=(SRB-1)  ..
END ..
COMPUTE SYSTEMS ..
STOP ..
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

น.ส.อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฎ์สกุล

โทรศัพท์ 06-8392881

E-mail ningamrt@yahoo.com

เกิดเมื่อวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ.2525

พ.ศ.2546 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

พ.ศ.2548 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาออกแบบสถาปัตยกรรม(เน้นเทคโนโลยี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2547 ได้รับทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์จากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย