งานออกแบบอาคารตามแนวทาง LEED 2009
กรณีศึกษาอาคารสำนักงานขนาดเล็ก จังหวัดปทุมธานี

นางสาวพจจิตร เลิศชาญวุฒิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BUILDING DESIGNED TO LEED STANDARDS (2009)
A CASE STUDY OF A LOW-RISE OFFICE BUILDING IN PATUMTHANI

Ms. Poche Lertchanvuth

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	งานออกแบบอาคารตามแนวทาง LEED 2009 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานขนาดเล็ก จังหวัดปทุมธานี
โดย	นางสาวพจจิตร เลิศชาญวุฒิ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พจจิตร เลิศชาญวุฒิ : งานออกแบบอาคารตามแนวทาง LEED 2009 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานขนาดเล็ก จังหวัดปทุมธานี. (BUILDING DESIGNED TO LEED STANDARDS (2009) A CASE STUDY OF A LOW-RISE OFFICE BUILDING IN PATUMTHANI) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน, 145 หน้า.

ปัจจุบันกระแสการลดโลกร้อนและการประหยัดพลังงาน ทำให้ผู้ประกอบการและนักลงทุนในประเทศไทยแสวงหาการรับรองอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบและงบประมาณที่เพิ่มขึ้นในการลงทุนก่อสร้างอาคารเขียว โดยนำรูปแบบโครงการก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้นที่ได้ออกแบบตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร มาปรับรูปแบบตามเกณฑ์อาคารเขียว LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) และเปรียบเทียบราคาที่เปลี่ยนแปลงไป และคาดว่าจะได้อาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยไม่เน้นลงทุนกับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่มีราคาสูง

ผลการศึกษาและวิเคราะห์โครงการเบื้องต้น กรณีที่ออกแบบตามแนวทาง LEED - NC 2009 ประเมินผลตามระดับ Certified เป็นระดับต่ำสุด พบว่ามีผลแตกต่างเป็นราคาเพิ่มร้อยละ 2.40 จากการเปลี่ยนแปลงระบบปรับอากาศเพื่อการทำงานตามข้อกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำในการใช้พลังงานของอาคารเขียว โดยไม่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงในหมวดงานอื่นๆ และไม่กระทบต่องบประมาณก่อสร้างโครงการโดยรวม เมื่อประเมินผลตามระดับ Silver พบว่ามีราคาต้นทุนก่อสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.20 โดยราคาเพิ่มมาจากการเปลี่ยนวัสดุภายในอาคารเพื่อคุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร และร้อยละ 3 จากค่าบริการที่ปรึกษาโครงการ LEED ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง ฉะนั้นหากสถาปนิกและวิศวกร มีความเข้าใจหลักเกณฑ์ LEED หรือเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในระบบอื่นๆ ก็จะส่งผลให้สามารถควบคุมต้นทุนการลงทุนได้ และยังเป็นการสนับสนุนให้มีการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2553.....

5174290325 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : LEED / SUSTAINABLE DESIGN / ASSESSMENT RATING SYSTEM

POCHE LERTCHANVUTH : BUILDING DESIGNED TO LEED STANDARDS (2009). A CASE STUDY OF A LOW-RISE OFFICE BUILDING IN PATUMTHANI. ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR PHANCHALATH SURIYOTHIN, 145pp.

The current trend towards energy conservation in an increasingly warming environment has had a significant effect on worldwide energy consumption. Investors and entrepreneurs in Thailand are seeking certification in sustainable building construction methods to fulfill their Corporate Social Responsibility. This study was intended to determine the expenditures associated with techniques used in sustainable building construction. It investigated two story office building designed according to Bangkok Building Regulations compared with LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) standards.

The results of preliminary studies and a project show that to achieve the Certified level would require an increased expenditures of 2.40% in order to establish the minimum level of energy efficiency in a new building. When evaluating at the Silver level, there is a 4.20% additional investment cost due to the installation of a monitoring system and the use of low-emission materials to enhance indoor environmental quality. An extra expenditure of 3% for professional service fees for the LEED AP (Accredited Professional) consultant must be added to costs at the Silver level. This extra expenditure is considered high for construction of small and medium size projects. The fees were not only based on the level of certification but also depended on design and construction processes. Therefore if architects, engineers, and designers have a good understanding of LEED guidelines or another green building assessment system, there will be greater ability.

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

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

Academic Year : 2010 .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และข้อแนะนำในการเรียน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยกำลังใจจาก

รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
คุณธีระศักดิ์ ต่ายเนาดง	วิศวกรงานระบบปรับอากาศ
Mr. Baldomero P-Din	LEED AP
คุณสุรพล เดชพล	สถาปนิกและเพื่อนร่วมชั้นเรียน
คุณนฤมล เลิศชาญวุฒิ	พี่สาว
และด.ญ.ณิชาภัทร เลิศชาญวุฒิ	ลูกสาว ที่บ่อยครั้งถามคุณแม่ว่า “เขียนหนังสือเสร็จหรือยัง?”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 5

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 5

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่ใช้ทั่วไป..... 7

2.2 การประเมินอาคารเขียวในระบบ LEED 2009..... 11

1) คุณสมบัติเบื้องต้นของโครงการ..... 11

2) การแบ่งประเภทอาคารและการประเมินระดับ..... 11

3) รายละเอียดวิธีการประเมินอาคารเขียวในระบบ LEED..... 13

2.3 ตัวอย่างอาคารที่ผ่านการประเมิน LEED ในประเทศไทย..... 19

2.4 ค่าใช้จ่ายในการรับรองอาคารเขียว LEED 24

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 25

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย..... 25

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 27

บทที่ 4 รายละเอียดโครงการและการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา..... 29

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคาร..... 30

1) ที่ตั้งโครงการและสภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร..... 30

2) สภาพแวดล้อมและตัวอาคาร..... 32

3) พื้นที่อาคารและจำนวนผู้ใช้อาคาร..... 36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4) งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร..... 36
5) ราคาค่าก่อสร้างโครงการ..... 37
4.2 การวิเคราะห์อาคารตามเกณฑ์ LEED..... 40
หมวดที่ 1 ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ..... 40
หมวดที่ 2 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ..... 52
หมวดที่ 3 การใช้พลังงานและบรรยากาศ..... 53
หมวดที่ 4 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง..... 63
หมวดที่ 5 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร..... 66
หมวดที่ 6 นวัตกรรมในการออกแบบ..... 79
หมวดที่ 7 การให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม..... 80
4.3 เปรียบเทียบรูปแบบรายการและประเมินผลอาคารกรณีศึกษา..... 80
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 88
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 88
5.2 ข้อแสนอแนะ..... 90
รายการอ้างอิง..... 92
ภาคผนวก..... 95
ภาคผนวก ก. ข้อกำหนดที่ใช้ในเกณฑ์การประเมินอาคาร 2009 LEED……..… 96
ภาคผนวก ข. ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารกรณีศึกษา..... 108
ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม Visual DOE..... 141
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	แสดงการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว.....	9
ตารางที่ 2.2	แสดงทางเลือกในการคำนวณการใช้พลังงานขั้นต่ำ.....	15
ตารางที่ 2.3	แสดงขนาดพื้นที่เก็บวัสดุรีไซเคิล.....	16
ตารางที่ 2.4	แสดงหลักการคิดพื้นที่และน้ำหนักประเภทวัสดุ.....	17
ตารางที่ 2.5	แสดงอาคารในประเทศไทยที่ได้ลงทะเบียนและ ได้รับการรับรองจากLEED.....	19
ตารางที่ 2.6	แสดงผลการประเมินอาคาร InterfaceFLOR ระดับ Certified.....	23
ตารางที่ 2.7	แสดงค่าธรรมเนียมการขอรับรองอาคาร LEED.....	24
ตารางที่ 4.1	แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กรุงเทพมหานคร.....	31
ตารางที่ 4.2	แสดงพื้นที่อาคาร	36
ตารางที่ 4.3	แสดงราคางานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง.....	38
ตารางที่ 4.4	แสดงราคางานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ.....	38
ตารางที่ 4.5	แสดงราคาระบบไฟฟ้าและสื่อสาร.....	39
ตารางที่ 4.6	แสดงราคาระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง.....	39
ตารางที่ 4.7	แสดงการคำนวณหาค่า เฉลี่ยจำนวนผู้ใช้อาคาร 8 ชม.....	40
ตารางที่ 4.8	แสดงพื้นที่ก่อสร้างอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ.....	40
ตารางที่ 4.9	แสดงการติดต่อกับพื้นที่ชุมชนหนาแน่น.....	41
ตารางที่ 4.10	แสดงระบบขนส่งสาธารณะ.....	42
ตารางที่ 4.11	แสดงจำนวนที่จอดรถจักรยานและห้องอาบน้ำ.....	43
ตารางที่ 4.12	แสดงจำนวนที่จอดรถ Eco Car.....	43
ตารางที่ 4.13	แสดงจำนวนที่จอดรถ Carpool.....	44
ตารางที่ 4.14	แสดงการคำนวณหาพื้นที่สีเขียว.....	44
ตารางที่ 4.15	แสดงพื้นที่ตามสภาพเดิมหรือพื้นที่สีเขียว.....	45
ตารางที่ 4.16	แสดงพื้นที่เปิดโล่ง.....	46
ตารางที่ 4.17	แสดงการจัดการการระบายน้ำฝนในโครงการ.....	47
ตารางที่ 4.18	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดตะกอน Total Suspended Solids (TSS)...	48
ตารางที่ 4.19	แสดงการจัดการคุณภาพน้ำฝนในโครงการ.....	49
ตารางที่ 4.20	แสดงการลดสภาวะปรากฏการณ์ความร้อนโดยไม่ใช้หลังคา.....	49

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (SRI) ของวัสดุปูพื้น..... 50
ตารางที่ 4.22 แสดงการลดสภาวะปรากฏการณ์ความร้อนโดยใช้หลังคา..... 50
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ SRI หลังคาโลหะ..... 51
ตารางที่ 4.24 แสดงการลดการรบกวนจากแสงสว่าง..... 52
ตารางที่ 4.25 แสดงการใช้น้ำประปาในส่วนภูมิสถาปัตย์และบริเวณ..... 52
ตารางที่ 4.26 แสดงนวัตกรรมลดการใช้น้ำประปาในอาคาร..... 53
ตารางที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบพื้นฐานระบบปรับอากาศ..... 55
ตารางที่ 4.28 แสดงข้อกำหนดค่า U ของเปลือกอาคาร..... 56
ตารางที่ 4.29 แสดงรายการเพื่อใช้คำนวณในโปรแกรมจำลองสภาพอาคาร..... 57
ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคาร..... 58
ตารางที่ 4.31 แสดงค่าผลกระทบต่อบรรยากาศ.....
ตารางที่ 4.32 แสดงการเปลี่ยนสารทำความเย็น..... 61
ตารางที่ 4.33 แสดงงานตรวจสอบและปรับแต่งงานระบบ (M&V)..... 62
ตารางที่ 4.34 แสดงรายการคำนวณราคาอลูมิเนียมแท่งใช้แล้ว..... 64
ตารางที่ 4.35 แสดงรายการวัสดุที่นำมาใช้ใหม่..... 65
ตารางที่ 4.36 แสดงการใช้วัสดุที่ผลิตจากพืชเติบโตเร็ว..... 66
ตารางที่ 4.37 แสดง Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone..... 67
ตารางที่ 4.38 แสดงรายการคำนวณ Breathing Zone Outdoor Airflow (Vbz)
สำหรับการระบายอากาศด้วยเครื่องกล..... 68
ตารางที่ 4.39 แสดงคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในอาคารส่วนระบายอากาศ..... 70
ตารางที่ 4.40 แสดงพื้นที่ๆ มีงานติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราลม และระดับ CO_2 71
ตารางที่ 4.41 แสดงราคาเปลี่ยนแปลงประเภทกาวและยาแนวประสาน..... 73
ตารางที่ 4.42 แสดงราคาเปลี่ยนแปลงวัสดุประเภทสีและงานเคลือบผิว..... 73
ตารางที่ 4.43 แสดงการเปลี่ยนแปลงวัสดุพรมและกระเบื้องยาง..... 74
ตารางที่ 4.44 แสดงการควบคุมจุดเกิดมลพิษ..... 75
ตารางที่ 4.45 แสดงกาควบคุมแสงสว่างโดยผู้ใช้อาคาร..... 75
ตารางที่ 4.46 แสดงการควบคุมอุณหภูมิโดยผู้ใช้อาคาร..... 76
ตารางที่ 4.47 แสดงรายการคำนวณค่า (VLT) (WFR) เพื่อยืนยันการได้รับ Daylight..... 78
ตารางที่ 4.48 แสดงแสงธรรมชาติ..... 78
ตารางที่ 4.49 แสดงราคาเพิ่มหมวดงาน IDP..... 80

ตารางที่ 4.50 แสดงรายการที่ได้ดำเนินการตามเกณฑ์ LEED และราคาเปลี่ยนแปลง..... 81
ตารางที่ 4.51 แสดงเปรียบเทียบรายการงานเพิ่มและความยากง่ายในเกณฑ์ LEED..... 85
ตารางที่ 5.1 แสดงผลประเมินระดับ Certified และ Silver..... 88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1	แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย พ.ศ. 2523 – 2551.....	1
รูปที่ 1.2	แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานและพยากรณ์การใช้พลังงานโลก…….	2
รูปที่ 2.1	แผนภูมิแสดงสัดส่วนหมวดงานในการประเมินอาคาร LEED……..	13
รูปที่ 3.1	แผนภูมิแสดงวิธีดำเนินการวิจัย……	25
รูปที่ 3.2	แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรม Visual DOE……	28
รูปที่ 4.1	ภาพถ่ายแสดงที่ตั้งโครงการ……	29
รูปที่ 4.2	แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์กรุงเทพมหานคร……	31
รูปที่ 4.3	แสดงผังบริเวณโครงการ……..	32
รูปที่ 4.4	แสดงผังอาคารชั้น 1…….	33
รูปที่ 4.5	แสดงผังอาคารชั้น 2…….	34
รูปที่ 4.6	แสดงรูปตัดอาคาร East – West……...	34
รูปที่ 4.7	แสดงรูปตัดอาคาร West – East……...	34
รูปที่ 4.8	ภาพแสดง Model ภายนอกอาคาร W……	35
รูปที่ 4.9	ภาพแสดง Model ภายในอาคาร W……	35
รูปที่ 4.10	แผนภูมิแสดงระบบปรับอากาศและระบายอากาศระบบ Split Type……..	36
รูปที่ 4.11	ภาพแสดงพื้นที่ก่อสร้างอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ……	41
รูปที่ 4.12	ภาพแสดงระยะทางจากทางเข้าอาคารถึงป้ายรถประจำทาง……...	42
รูปที่ 4.13	แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร Proposed Design……	58
รูปที่ 4.14	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่าง Baseline และ Proposed Design……	58
รูปที่ 4.15	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบกรณีติดตั้งกันสาด อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าและร่มเงาต้นไม้อาคาร Proposed Design……..	59
รูปที่ 4.16	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบกรณีติดตั้งกันสาด อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าและร่มเงาต้นไม้อาคาร Baseline…….	59
รูปที่ 4.17	แสดงการมองเห็นภายนอกอาคาร (ผังอาคารชั้น 2)…….	79

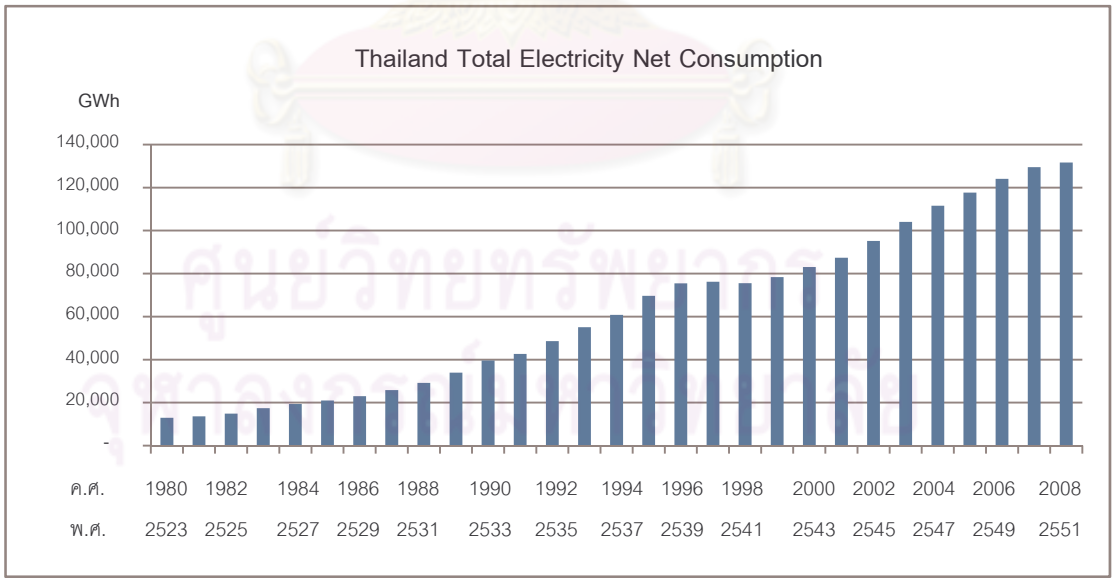
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบอาคารที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้ผู้อาศัยและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภคโดยเฉพาะด้านพลังงาน เนื่องจากการลดการใช้พลังงานในอาคารและใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติอย่างเหมาะสมจะสามารถลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์หรือจากเครื่องปรับอากาศและระบายอากาศ แต่การออกแบบเพื่อให้รับแสงธรรมชาติ (Daylight) เข้าสู่อาคารให้มากจะเป็นการนำรังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) และถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) เข้าสู่อาคารเช่นกัน ซึ่งจะเพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load)

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 – 2551 (ค.ศ. 1980 – 2008) รวบรวมข้อมูลโดย (U.S. Energy Information Administration (EIA) [1] [14] พบว่ามีปริมาณการใช้งานสูงขึ้นทุกปี

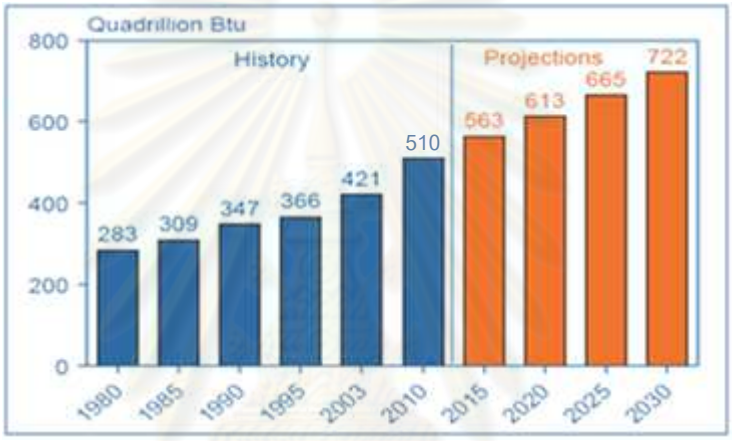


รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย พ.ศ. 2523 – 2551 (ค.ศ.1980–2008)

ที่มา: U.S. Energy Information Administration (EIA) Thailand Total Electricity Net Consumption Available From: http://www.eia.doe.gov

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน รายงานปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2552 อยู่ที่ระดับ 134,793 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มจากปีพ.ศ. 2551 ร้อยละ 0.3 และพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าจนถึงปี พ.ศ. 2564 ว่ามีแนวโน้มการใช้พลังงานสูงขึ้นตามการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจไทย[3] [4] สอดคล้องกับข้อมูลความต้องการใช้พลังงานของโลก ที่จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2 ต่อปี ซึ่งได้บันทึกเปรียบเทียบไว้ตั้งแต่ ค.ศ. 1980 – 2010 และพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานถึง ค.ศ. 2030 [14]

World Marketed Energy Consumption, 1980 – 2030



รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานและพยากรณ์การใช้พลังงานโลก

ที่มา: World Marketed Energy Consumption. Available From: http://www.eia.doe.gov/iea

วิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาใหญ่ที่ทุกประเทศกำลังเผชิญ เนื่องจากการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย จนเป็นเหตุให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ นอกจากจะทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming) แล้ว ยังเป็นปัญหาต่อเศรษฐกิจและสุขอนามัยของโลกด้วย จึงจำเป็นต้องหาทางลดการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันภายใน 10 ถึง 15 ปี และเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [12] [14] จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดความจำเป็นในการอนุรักษ์พลังงานและการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้อาคาร และเป็นการประหยัดพลังงานในภาพรวม ทั้งยังลดผลกระทบจากตัวอาคารต่อผู้ใช้อาคารและสิ่งแวดล้อมด้วย

ในต่างประเทศที่มีการพัฒนาหลักเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของอาคารและมีมาตรฐานการรับรองอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้รวมตัวกันก่อตั้งสภาอาคารเขียวโลก World Green Building Council (WGBC) โดยแต่ละประเทศมีหลักเกณฑ์และระบบการประเมินที่แตกต่างกัน ทั้งนี้หลักการใหญ่ของสภาอาคารเขียวโลกนั้นคือ “The World GBC supports national Green Building Councils whose common mission is to create a sustainable built environment through market transformation” [13] หมายถึงการสร้างความต้องการอาคารเขียวขึ้นโดยไม่ใช้การบังคับหรือออกกฎหมายมาเป็นเกณฑ์บังคับ แต่เป็นการสร้างความต้องการผ่านปัจจัยทางการตลาด ตามที่คุณทวีจิตร จันทรสาขา นายกสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ปี พ.ศ. 2553-2555 กล่าวเกี่ยวกับเรื่องนี้ไว้ว่า “เนื่องจากบางองค์กรได้ใช้แนวทางเพื่อสิ่งแวดล้อมและการลดภาวะโลกร้อนเป็นเครื่องมือทางการตลาด สร้างภาพพจน์ให้แก่องค์กร อย่างไรก็ดีการที่ผู้ประกอบการในภาคธุรกิจต่างๆ ได้หันมาแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมตามกระแสรักษ์โลกที่เกิดขึ้น .....” [21]

นักลงทุนและผู้ประกอบธุรกิจที่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมัน โลหะ รถยนต์ ได้ให้ความสำคัญต่อผลกระทบที่เกิดจากผลผลิตที่ได้ รวมทั้งปัญหาทางด้านพลังงานและภาวะโลกร้อน การมีอาคารที่ใส่ใจต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการเริ่มต้นรักษาสิ่งแวดล้อมที่ผู้ประกอบการเห็นว่าได้ทั้งประโยชน์ทางด้านการประหยัดพลังงานและด้านการตลาด อีกทั้งสามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กรได้

วิศวกรและสถาปนิกในประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบอาคารเชิงอนุรักษ์พลังงาน และได้ก่อตั้งสถาบันอาคารเขียวไทยเมื่อต้นปี พ.ศ. 2552 โดยความร่วมมือจาก วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยและสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะอนุกรรมการสถาบันอาคารเขียวไทย ได้จัดทำคู่มือ “เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่” (มกราคม 2553) หรือ TREES - NC Version 1.0 (Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability For New Construction and Major Renovation) [5] เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินรับรองอาคารเขียวสำหรับประเทศไทย ซึ่งหัวข้อสำคัญตามแนวทางนี้ได้ศึกษาจากเกณฑ์ประเมินอาคาร LEED - NC (Leadership in Energy and Environmental Design for New Construction and Major Renovation) โดยสภาอาคารเขียวประเทศสหรัฐอเมริกา U.S. Green Building Council (USGBC)

ผู้ลงทุนก่อสร้างโครงการทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ มีแนวโน้มจะก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ประกอบกับสถาบันอาคารเขียวไทย กำหนดเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวคล้ายคลึงกับ LEED เนื่องจากการประเมินในระบบ LEED ได้ถูกพัฒนาด้านการตลาดให้มีหลักเกณฑ์ที่เข้าใจได้ง่าย มีการส่งเสริมด้านภาษีในบางประเทศ ทำให้ LEED เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายทั้งโลก แต่เนื่องจากหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวดังกล่าวมาจากต่างประเทศ การที่นำระบบมาใช้กับโครงการก่อสร้างในประเทศไทย จึงจำเป็นจะต้องว่าจ้างผู้ชำนาญการเฉพาะด้านจากต่างประเทศหรือบริษัทต่างชาติในประเทศไทยรวมทั้งผู้ชำนาญการชาวไทยซึ่งมีไม่มาก ในการให้คำปรึกษาโครงการด้านการออกแบบ และควบคุมงานก่อสร้างให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ อีกทั้งการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคารยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นเหตุให้โครงการก่อสร้างอาคารเขียวมีต้นทุนสูง

ผู้ประกอบการที่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับน้ำมันและรถยนต์ ต่างประสงค์ที่จะสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร โดยแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมในการตอบแทนสังคม (Corporate Social Responsibility) ผ่านการจัดทำโครงการและก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นโอกาสลดต้นทุนการดำเนินงานของบริษัทผ่านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการรองรับกฎหมายเกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคาร ทั้งนี้จะต้องมีรูปแบบรายการและงบประมาณเพิ่มขึ้น เพื่อก่อสร้างอาคารที่ได้ออกแบบไว้ตามกฎหมายควบคุมอาคารให้เป็นอาคารเขียว

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าการออกแบบตามแนวทาง LEED นั้น จะทำให้งบประมาณการก่อสร้างรวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เพิ่มขึ้นจะมีมูลค่าเป็นร้อยละเท่าไร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ออกแบบและก่อสร้างตามกฎหมายควบคุมอาคาร โดยในเบื้องต้นผู้วิจัยศึกษาหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED – NC 2009 ทั้งในด้านแนวทางการออกแบบเกณฑ์การประเมินคะแนน (Rating System) กับอาคารกรณีศึกษา ซึ่งผู้ลงทุนโครงการเป็นผู้ประกอบธุรกิจหล่ออลูมิเนียม เป็นธุรกิจที่สร้างมลพิษโดยตรงต่อโลกและสังคม แต่เมื่อพิจารณาอีกมุมหนึ่ง กระบวนการนี้เป็นการลดปริมาณขยะและสร้างงานให้กับสังคม ซึ่งเกณฑ์การประเมินอาคาร LEED ได้ให้ความสำคัญกับการนำวัสดุเก่ากลับมาใช้ใหม่หรือนำมาผลิตใหม่ เพื่อลดการใช้วัตถุดิบใหม่ในกระบวนการผลิต อาคารกรณีศึกษาจึงเหมาะสมกับการนำมาเป็นตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบงบประมาณก่อสร้างดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) ศึกษาและวิเคราะห์สัดส่วนราคาโครงการที่เพิ่มขึ้นกรณีที่ใช้แนวทางการออกแบบและก่อสร้างตามเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว LEED – NC 2009
2) เพื่อเสนอรายการและรูปแบบโครงการที่เหมาะสมกับสถานที่ก่อสร้าง
3) ทดลองทำการประเมินผลคะแนนในระดับต่ำสุด Certified และระดับ Silver เพื่อให้ทราบถึงข้อดีและข้อด้อยกับแนวการประเมินโครงการนี้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารที่ได้ออกแบบตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติควบคุมอาคารและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับอาคารสำนักงาน อาคารมีความสูง 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอยในอาคารประมาณ 2,240 ตารางเมตรและเป็นโครงการจริงที่พร้อมจะก่อสร้างบนพื้นที่โครงการขนาดกว้าง 35 เมตรและยาว 160 เมตร โดยมีรายการโครงสร้าง ค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานตามรายละเอียดราคาค่าก่อสร้างโครงการหรือ Bill of Quantity (BOQ) ที่ได้นำเสนอเจ้าของโครงการแล้ว

1) ศึกษาจากรูปแบบและราคาก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับรูปแบบตามแนวทาง LEED โดยปรับรูปแบบอาคารกรณีศึกษาให้ได้เกณฑ์ LEED – NC 2009 โดยใช้คู่มือ LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition [11]
2) ศึกษาเพื่อประเมินอาคารในระดับ Certified และ Silver
3) ศึกษาราคาที่เปลี่ยนแปลงไปตามเกณฑ์ LEED – NC 2009 ในหมวดงานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณ การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานและบรรยากาศ วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร และนวัตกรรมในการออกแบบ

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1) ศึกษาจากตัวอย่างอาคารที่ได้รับการรับรองจาก LEED แล้ว และมีลักษณะโครงการคล้ายคลึงกับอาคารกรณีศึกษา

2) ศึกษาคู่มือการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียว LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition และจัดทำรายการ (Checklist)
3) วิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาที่ได้ออกแบบตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (Baseline Building) และปรับแบบใหม่ตามแนวทาง LEED (Proposed Design) เปรียบเทียบสัดส่วนค่าใช้จ่ายแตกต่าง
4) วิเคราะห์การใช้พลังงานใน Baseline Building เทียบกับอาคารที่ออกแบบตามแนวทาง LEED โดยหาค่าการใช้พลังงานของอาคารจากการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1
5) ประเมินคะแนนระดับ Certified และระดับ Silver พร้อมวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบทำให้ราคาต้นทุนการก่อสร้างโครงการเปลี่ยนไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจหลักเกณฑ์ในการออกแบบตามแนวทาง LEED และสามารถหาสัดส่วนราคา หรือมูลค่าของโครงการที่เพิ่มขึ้น
2) สามารถนำเสนอรูปแบบและรายการโครงการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และติดตามตรวจสอบงานตามหลักเกณฑ์ LEED
3) คาดว่าจะได้อาคารที่มีประสิทธิภาพเพียงพอโดยไม่เน้นการลงทุนกับเครื่องอำนวยความสะดวก หรืออุปกรณ์ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่มีราคาสูงและมีปัญหาในการบำรุงรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่ใช้ทั่วไป

สภาอาคารเขียวโลกสนับสนุนให้ประเทศสมาชิกมีหลักเกณฑ์ประเมินและรับรองอาคารเขียวของแต่ละประเทศ ซึ่งแต่ละหลักเกณฑ์มีจุดมุ่งหมายที่คล้ายกันคือการใช้ทรัพยากรของตัวอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบของตัวอาคารต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้อาคาร[13]

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) ได้รับการพัฒนาโดย Building Research Establishment (BRE) [15] ประเทศอังกฤษ เป็นเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวที่ใช้ในประเทศอังกฤษและทั่วโลก ขณะที่ BER (Building Energy Rating System) ของสหภาพยุโรป (European Union) โดย Energy Performance of Building Directive (EPBD) และ Association for Environment Conscious Building (AECB) ปี ค.ศ. 2009 ได้เสนอให้อาคารที่จะสร้างใน EU ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตรขึ้นไป จะต้องทำการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร [6] ประเทศสมาชิก EU แต่ละประเทศจึงพัฒนาเกณฑ์การประเมินอาคารขึ้น เช่น DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen-German Sustainable Building Certificate) พัฒนาโดยสถาบันอาคารเขียวประเทศเยอรมนี German Sustainable Building Council (GeSBC) [20] และ MINERGIE (Mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch – Higher quality of life, lower energy consumption) ได้รับการพัฒนาจาก Swiss Confederation and the Swiss Cantons [17] ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เพื่อใช้รับรองอาคาร ผลิตภัณฑ์และงานบริการที่ส่งเสริมการประหยัดพลังงาน

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [16] พัฒนาหลักเกณฑ์โดยสถาบันอาคารเขียวประเทศสหรัฐอเมริกา (USGBC) เป็นเกณฑ์ที่หลายประเทศใช้เป็นต้นแบบประเมินอาคารเขียว Green Star (Building Challenge Assessment Method) พัฒนาโดย Green Building Council of Australia (GBCA) [19] ประเทศออสเตรเลีย แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ระดับ และกำหนดให้อาคารราชการในประเทศทุกอาคาร จะต้องได้รับการประเมิน Green Star เกณฑ์นี้มีใช้ในประเทศนิวซีแลนด์เช่นกัน

ในทวีปเอเชียที่ประเทศอินเดีย Energy and Resource Institute of India ได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวขึ้นเรียกว่า Green Rating for Integrated Habitat Assessment (GRIHA) โดยเน้นเทคนิคการก่อสร้างตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของอินเดีย และถือว่า

อาคารที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นอาคารเขียวเช่นกัน Confederation of Indian Industry (CII) ได้จัดตั้งสถาบันอาคารเขียวอินเดีย (IGBC) ขึ้น ภายใต้การควบคุมดูแลและรับรองโดย USGBC. [6]

ปี ค.ศ. 2001 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) [18] พัฒนาโดย Housing Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งต่อมาก่อตั้งเป็นสถาบันอาคารเขียว Japan Sustainable Building Consortium (JSBC) มีเกณฑ์การประเมิน 4 หมวดงาน และเน้นขั้นตอนตรวจสอบอาคารที่ได้เสนอขอประเมิน CASBEE ซึ่งแตกต่างจาก LEED ที่ประเมินจากขั้นตอนพัฒนางานออกแบบจนถึงการก่อสร้างอาคาร

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ. 2005 Ministry of Construction (MoC) และรัฐบาลจีน กำหนดให้อาคารขนาดใหญ่ต้องใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และบังคับให้เป็นหัวข้อสำคัญในการระงับการต่อใบประกอบวิชาชีพผู้เกี่ยวข้องในวงการก่อสร้าง โดยประเทศจีนมีเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว 2 ระบบ คือ GB/T 50378 - 2006 (Evaluation Standard For Green Building) ซึ่งคล้ายกับ LEED และ GOBAS (Green Olympic Building Assessment System) ที่มีต้นแบบมาจาก CASBEE ของญี่ปุ่น [6]

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานและสถาบันวิจัยพลังงาน คณะสถาปัตยกรรมทศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [30] ได้จัดทำหลักเกณฑ์แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับประเทศไทย (TEEAM) โดยแบ่งประเภทอาคารเป็น 4 กลุ่มคือ บ้านพักอาศัย สำนักงาน โรงพยาบาลและอาคารพาณิชย์ เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ ดี 40-45 คะแนน ดีมาก 55-69 คะแนน และดีเด่น 70 คะแนนขึ้นไป การประเมินอาคารจะประเมินในหมวด สถานที่ตั้งอาคาร ผังบริเวณและงานภูมิสถาปัตยกรรม เปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบธรรมชาติและพลังงานทดแทน ระบบสุขาภิบาล วัสดุและการก่อสร้าง เทคนิคการออกแบบและกลยุทธ์ประหยัดพลังงาน

ปี พ.ศ. 2553 สถาบันอาคารเขียวไทย (TGBI) โดยความร่วมมือของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ จัดทำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย มกราคม 2553 TREES – NC Version 1.0 (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation) [5] ซึ่งมีหลักเกณฑ์การประเมินและการรับรองระดับคล้ายคลึงกับ LEED

ตัวอย่างหลักเกณฑ์ที่มีใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป เอเชีย และประเทศไทย ซึ่งใช้เกณฑ์การประเมินที่แบ่งเป็นขั้นตามคะแนนที่ได้รับจากแต่ละหมวดงานแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว

Rating Systems & Initiation	Categories	Criteria's Overview	Certifications
BREEAM [15] (BRE) UK – 1990	Courts, Eco Homes, Education, Industrial, Healthcare, Multi-Residential, Offices, Prisons, Retail	Management, Health & Well-being, Energy, Water, Material, Site Ecology, Pollution Transport, Land consumption	Pass Good Very good Excellent Outstanding
LEED [16] (USGBC) USA – 1998	New Construction, Existing Buildings, Commercial Interiors, Core and Shell, Homes, School, Retail, Neighborhood Development	Sustainable Sites Water Efficiency Energy & Atmosphere Material & Resources Indoor Air Quality Innovation & Design	Certified Silver Gold Platinum
Minergie [17] (Swiss Conferderation and the Swiss Cantons) Switzerland - 1998	New Construction Existing Building Product Service	(1). Minergie - Dense building envelope - Efficient heating system (2). Minergie-P additional criteria to (1): - Efficiency of household appliances (3). Minergie-Eco additional criteria to(1): - Daylight conditions - Low emissions , - Pollutants (4). Minergie-P-Eco Minergie-P & Minergie-Eco	Minergie Minergie-P Minergie-Eco Minergie-P-Eco

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ต่อ)

Rating Systems & Initiation	Categories	Criteria's Overview	Certifications
CASBEE [18] (JSBC) Japan – 2001	Pre – design New Construction Existing Building Renovating	Building Environment Efficiency factor BEE=Q/L Q = Ecological Quality of Buildings L = Ecological Effects from Buildings Q1 – Indoor Environment Q2 – Quality of Service Q3 – Outdoor Environment L1 - Energy L2 – Resources & Material L3 – Off site environment (1) Energy Efficiency (2) Resource Efficiency (3) Building Environment (4) Building Indoor Environment	Class C Class B- Class B+ Class A Class S (excellent)
Green Star [19] (GBCA) Australia – 2003	New Construction: Healthcare, Office, New & Renovation: Education, Office, Industrial, Retail, Interiors Commercial Office: Design, As Built	Management, Indoor Comfort Energy, Transport, Water, Material, Land Consumption & Ecology, Emissions, Innovations	4 Stars 5 Stars 6 Stars
DGNB [20] (GeSBC) Germany – 2007	New Construction Office, Industrial Retail, Educational, Hotel, Residential Existing Office City Districts	Ecological Quality Economic Quality Socio cultural Quality Technical Quality Process Quality Site Quality	Bronze Silver Gold
TREES – NC [5] (สถาบันอาคารเขียวไทย TGBI) Thailand – 2010	New Construction & Major Renovation	Building Management Site and Landscape Water Conservation Energy & Atmosphere Materials & Resources Indoor Environmental Quality Environmental Protection Green Innovation	Certified Silver Gold Platinum

2.2 การประเมินอาคารเขียวในระบบ LEED 2009

1) คุณสมบัติเบื้องต้นของโครงการ

โครงการที่จะใช้ LEED ในการประเมินอาคารเขียวนั้น จะต้องมีคุณสมบัติเบื้องต้นตามข้อกำหนดดังนี้

ก) อาคารจะต้องได้รับการออกแบบให้ถูกต้องตามกฎหมายอาคารและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องตามท้องถิ่นนั้นๆ
ข) สถานที่ก่อสร้างต้องเป็นพื้นที่จริง เมื่อก่อสร้างอาคารแล้วไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปสร้างที่อื่นได้ คือจะต้องมีการก่อสร้างฐานรากอาคาร
ค) มีขอบเขตที่ดินหรือบริเวณโครงการชัดเจน เพื่อใช้ในการคำนวณพื้นที่
ง) มีพื้นที่อาคารอย่างน้อย 93 ตารางเมตร หรือ 1,000 ตารางฟุต
จ) มีผู้ใช้งานในอาคารเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน Full Time Equivalent Occupancy (FTE)
ฉ) บันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 5 ปี
ช) พื้นที่อาคารโดยรวมจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของพื้นที่ก่อสร้างโครงการ

2) การแบ่งประเภทอาคารและการประเมินระดับ

LEED 2009 แบ่งประเภทการประเมินออกเป็น 9 ประเภทคือ

New Construction and Major Renovation (NC) Rating System ใช้กับอาคารก่อสร้างใหม่และอาคารเดิมทุกประเภทที่ทำการปรับปรุงอาคารร่วมกับงานระบบปรับอากาศและเปลือกอาคาร ยกเว้นอาคารที่พักอาศัยที่มีชั้นอยู่อาศัยน้อยกว่า 4 ชั้น

Operation & Maintenance (OM) Rating System เป็นเกณฑ์ประเมินการบริหารจัดการอาคารเช่น อาคารพาณิชย์ อาคารสถาบัน และอาคารสูงที่ใช้เป็นที่พักอาศัยทุกขนาดที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จและใช้งานอาคารมากกว่า 1 ปี

Commercial Interiors (CI) Rating System ใช้สำหรับงานตกแต่งร้านค้าหรืองานปรับปรุงสถานที่ เช่น อาคารสำนักงาน ร้านอาหาร สถานพยาบาล โรงแรม และสถานการศึกษาทุกขนาด ทั้งก่อสร้างใหม่และปรับปรุง

Core & Shell (CS) Rating System ใช้สำหรับอาคารที่ผู้ออกแบบไม่ได้ร่วมออกแบบและควบคุมดูแลโครงการทั้งหมด โครงการ CS ทั่วไปจะดำเนินการโดยผู้พัฒนาโครงการ

(Developer) โดยตัวอาคารและงานระบบอาคารจะถูกก่อสร้างเพื่อรองรับกิจกรรมหลายประเภท หรือให้เช่า เจ้าของโครงการจะดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับส่วนกลาง ส่วนผู้เช่ารับผิดชอบดำเนินการในพื้นที่ที่เช่าเท่านั้น CS ใช้ในการส่งเสริมการตลาดของอาคารประเภทสำนักงาน ห้างสรรพสินค้าและคลังสินค้า

School Rating System ใช้ประเมินอาคารสถานการศึกษาทั้งที่ก่อสร้างใหม่หรืออาคารเดิมที่ได้ทำการปรับปรุง ทั้งนี้จะต้องเป็นสถานการศึกษาระดับชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมปลาย (K-G12) เท่านั้น

Retail Rating System ใช้กับอาคารร้านค้าทุกประเภท เช่น ร้านอาหาร ธนาคาร ร้านสะดวกซื้อ โดยแบ่งงานเป็น 2 ทางเลือก คือ ดำเนินการกับตัวอาคารซึ่งเหมือนกับ NC และเฉพาะภายในอาคาร CI

Healthcare Rating System ใช้ประเมินสถานพยาบาลที่จดทะเบียนเป็นสถานประกอบการพยาบาลที่ถูกต้องตามกฎหมาย สถาบันการศึกษาเกี่ยวกับการพยาบาล อาคารโรงพยาบาลทุกขนาด ทั้งก่อสร้างใหม่และปรับปรุง

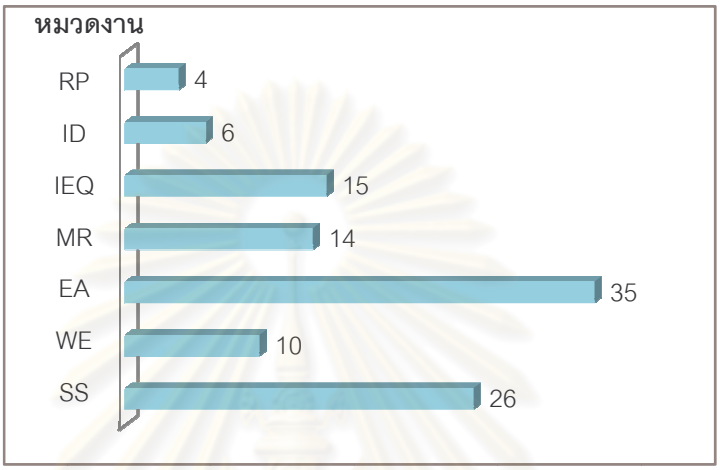
Home Rating System ใช้กับอาคารที่พักอาศัยในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น โดยแบ่งเป็น Group Home เช่น หอพัก และ Single Family Home บ้านเดี่ยว และอาคารที่พักอาศัยที่มีห้องพักน้อยกว่า 9 ห้อง

Neighborhood Development (ND) Rating System ใช้ประเมินพื้นที่โครงการในประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้กับโครงการที่เกี่ยวกับชุมชนและสิ่งแวดล้อม ทั้งชุมชนใหม่และที่เกิดขึ้นมาแล้วทุกขนาด

LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวใช้สำหรับโครงการ New Construction and Major Renovation (NC) Core and Shell (CS) และ School เท่านั้น อาคารทั้ง 3 ประเภทมีหมวดงานดังนี้

หมวดที่ 1. ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ Sustainable Site (SS)	26 คะแนน
หมวดที่ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ Water Efficiency (WE)	10 คะแนน
หมวดที่ 3. การใช้พลังงานและบรรยากาศ Energy & Atmosphere (EA)	35 คะแนน
หมวดที่ 4. วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง Materials & Resources (MR)	14 คะแนน

หมวดที่ 5. คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร
Indoor Environmental Quality (IEQ) 15 คะแนน
หมวดที่ 6. นวัตกรรมในการออกแบบ Innovation in Design (ID) 6 คะแนน
หมวดที่ 7. การให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม Regional Priority (RP) 4 คะแนน



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนหมวดงานในการประเมินอาคาร LEED
ที่มา: U.S. Green Building Council. Available from http://www.usgbc.org

การประเมินแบ่งเป็น 4 ระดับ ตามผลรวมคะแนนที่ได้รับในแต่ละหมวดงาน

Certified	40-49	คะแนน
Silver	50-59	คะแนน
Gold	60-79	คะแนน
Platinum	80	คะแนนขึ้นไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) รายละเอียดวิธีการประเมินอาคารเขียวในระบบ LEED

การศึกษางานออกแบบอาคารตามแนวทาง LEED 2009 เพื่อใช้กับอาคารกรณีศึกษาสำนักงาน 2 ชั้น จะศึกษาในรายละเอียดของ LEED – NC เท่านั้น เนื่องจากเป็นอาคารก่อสร้างใหม่ หมวดงานแต่ละหัวข้อจะมีข้อบังคับที่จะต้องดำเนินงานก่อน (Prerequisite) แล้วจึงดำเนินการในส่วนของหัวข้อคะแนน (Credit) สรุปรายละเอียดพอเป็นสังเขปได้ดังนี้

หมวดที่ 1. ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรวม (SS)

ข้อบังคับ 1 บริหารจัดการและวางแผนป้องกันกิจกรรมที่จะก่อให้เกิดมลพิษระหว่างการก่อสร้างเช่น ป้องกันมิให้ดินไหล ไม่ขวางทางระบายน้ำตามธรรมชาติ โดยจะต้องเป็นไปตามกฎหมายของท้องถิ่นนั้นๆ

เริ่มจากการเลือกสถานที่ก่อสร้างโครงการ ควรเลือกสถานที่ที่ไม่กระทบต่อระบบนิเวศน์เดิม หรือเลือกที่จะพัฒนาปรับปรุงสถานที่เสื่อมโทรม เช่น พื้นที่ๆ เคยเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม กรณีเป็นโครงการในเมือง ควรหาทางเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนที่มีอยู่เดิม รวมทั้งสนับสนุนให้ใช้รถประหยัดพลังงาน (Eco Car) จักรยานและใช้รถร่วม (Carpool) เพื่อลดการใช้รถส่วนตัว เป็นการลดมลพิษจากรถยนต์ เพิ่มสัดส่วนพื้นที่โล่งในโครงการมากกว่าที่กฎหมายกำหนดอีกร้อยละ 25 เป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในโครงการ ลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Heat Island Effect) โดยการใช้วัสดุพื้นผิวที่ระบายน้ำได้สะดวก หรือจัดสวนบนหลังคาอาคาร (Green Roof) และใช้วัสดุหลังคาที่มีค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูง (Solar Reflectance Index - SRI) รวมทั้งสนับสนุนให้ปลูกพรรณไม้ที่ใช้น้ำน้อย เพื่อประหยัดน้ำ และลดอุณหภูมิผิวอาคาร ลดการใช้แสงสว่างบริเวณภายนอกอาคารเพื่อลดการสะท้อนแสงในเวลากลางคืน

หมวดที่ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (WE)

ข้อบังคับ 1 ประหยัดการใช้น้ำได้ร้อยละ 20 โดยคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำตามปกติของอาคารกรณีศึกษา (Baseline Building)

ลดกิจกรรมการใช้น้ำประปาในอาคารและนอกอาคาร ส่งเสริมให้ใช้แหล่งน้ำจากน้ำฝนและลดการบำบัดน้ำเสียที่ไม่จำเป็น ในรูปของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ในการชำระ ซักล้างในห้องน้ำหรือรดน้ำต้นไม้และบริเวณสวน เลือกใช้อุปกรณ์และสุขภัณฑ์ที่ประหยัดน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในโครงการ หมวดงาน WE แบ่งออกเป็น 3 หมวดย่อยคือ ลดการใช้น้ำประปาในส่วนของภูมิสถาปัตยกรรม (Landscape) ได้ร้อยละ 50 นวัตกรรมเทคนิคการบำบัดน้ำเสีย และลดการใช้น้ำประปาในอาคารได้ร้อยละ 30, 35 หรือ 40

หมวดที่ 3. การใช้พลังงานและบรรยากาศ (EA)

ข้อบังคับ 1 จัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบและจัดการเกี่ยวกับข้อกำหนดของเจ้าของและโครงการ (Basis of Design - BOD) รับรองผลการทดสอบและเสนอวิธีปรับแต่งการ

ทำงานงานระบบอาคารโดย Commissioning Authority (CxA) ซึ่งจะต้องไม่ใช่ผู้ออกแบบหรือผู้รับจ้างก่อสร้างโครงการ

ข้อบังคับ 2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามข้อกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับอาคารประเภทสำนักงานมี 3 ทางเลือกขึ้นอยู่กับพื้นที่อาคาร

ทางเลือก 1. Whole Building Energy Simulation แสดงผลการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพดีกว่า 10% ของ Baseline Building หรืออาคารที่ได้ค่าประเมินพื้นฐานขั้นต้น ซึ่งออกแบบตามข้อกำหนด ASHRAE Standard 90.1 – 2007 (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

ทางเลือก 2. ASHRAE Advanced Energy Design Guide for Small Office Building 2009 ใช้กับอาคารสำนักงานที่มีพื้นที่ปรับอากาศไม่เกิน 1,858 ตารางเมตร หรือ 20,000 ตารางฟุต อาคารคลังสินค้าที่มีพื้นที่ปรับอากาศไม่เกิน 4,645 ตารางเมตร หรือ 50,000 ตารางฟุต แนวทางนี้จะต้องพิจารณาโซน (Zone) ที่ตั้งตัวอาคารว่าอยู่ในโซนใด โดยอาคารในประเทศไทยถือว่าอยู่ในโซน 1 ตามมาตรฐาน ASHRAE

ทางเลือก 3. ใช้ข้อกำหนด ASHRAE Advanced Building Core Performance Guide สำหรับอาคารที่มีพื้นที่ปรับอากาศไม่เกิน 100,000 ตารางฟุต หรือ 9,290 ตารางเมตร

ตารางที่ 2.2 แสดงทางเลือกในการคำนวณการใช้พลังงานขั้นต่ำ

EA Credit 1 Optimize Energy Performance			
ทางเลือก	**ประเภทและพื้นที่อาคาร**	**วิธีดำเนินการ**	**คะแนน**
1. Whole Building Energy Simulation	อาคารทุกประเภทและไม่จำกัดพื้นที่	ASHRAE 90.1 – 2007 จำลองสถานการณ์	1-19
2. ASHRAE Advanced Energy Design Guides	สำนักงานไม่เกิน 1,858 ตรม. ร้านค้าไม่เกิน 1,858 ตรม. คลังสินค้าไม่เกิน 4,645 ตรม.	ASHRAE Advanced Energy Design Guides (คำนวณ)	1
3. Core Performance Guide	อาคารทุกประเภทยกเว้น สถานพยาบาล คลังสินค้าและห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พื้นที่ไม่เกิน 9,290 ตรม.	Advanced Building Core Performance (คำนวณ)	1-3

ข้อบังคับ 3 ไม่ใช้สารทำความเย็น (Chlorofluorocarbons - CFC) ในระบบปรับอากาศ อาคารก่อสร้างใหม่หรือลดการใช้สารนี้ในอาคารที่ทำการปรับปรุงใหม่

โดยส่งเสริมให้ปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารให้มีประสิทธิภาพดีกว่ามาตรฐาน ASHRAE 90.1 – 2007 ตั้งแต่ร้อยละ 12 ถึง 48 ในหัวข้อเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร (Simulation) Baseline Building และ Proposed Building ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่งเสริมให้ใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy) ที่สามารถจัดหาได้ในพื้นที่เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนจากดิน (Geothermal) พลังงานน้ำ และก๊าซชีวะมวล เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งจะกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในอนาคต อีกทั้งยังให้ความสำคัญในด้านการตรวจสอบและรับรองผลการประหยัดงาน และติดตามประเมินผลการทำงานของอุปกรณ์ หลังจากส่งมอบพื้นที่แล้ว (Measurement & Verification - M&V)

หมวดที่ 4. วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR)

ข้อบังคับ 1 จัดพื้นที่สำหรับเก็บวัสดุเพื่อการนำมาใช้ใหม่ (Reuse) หรือนำกลับมาผลิตใหม่ (Recycle)

ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดพื้นที่เก็บวัสดุรีไซเคิล

พื้นที่อาคาร		**พื้นที่เก็บวัสดุรีไซเคิล**	
ft^2	m^2	ft^2	m^2
0-5,000	0-465	82	8
5,001-15,000	466-1,400	125	12
15,001-50,000	1,401-4,650	175	16
50,001-100,000	4,651-9,300	225	20
100,001-200,000	9,301-18,600	275	25
มากกว่า 200,000	มากกว่า 18,600	500	46

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 341

ส่งเสริมให้ใช้วัสดุที่ใช้แล้ว วัสดุที่มีการรีไซเคิล และย่อยสลายได้ง่าย เพื่อลดวัตถุดิบและขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิตใหม่ สนับสนุนการใช้วัตถุดิบที่สามารถผลิตหรือเติบโต

ได้เร็วในระยะเวลา 10 ปี (Rapidly Renewable Materials) หรือวัสดุที่มีกระบวนการรับผิดชอบทางสังคมชัดเจน รวมทั้งวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานเช่น Green Product ลดการทิ้งขยะโดยมีแผนการจัดการขยะ (Construction Waste Management Plan) เพื่อมิให้ขยะส่วนใหญ่ต้องนำไปใช้ถมที่ ซึ่งเป็นวิธีกำจัดขยะที่ง่ายที่สุด และยังเน้นความสำคัญในการใช้วัสดุพื้นถิ่น ไม่ว่าจะเป็นวัสดุประกอบอาคารหรือเฟอร์นิเจอร์ที่หาได้ในระยะรัศมี 800 กิโลเมตร หรือ 500 ไมล์ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและค่าขนส่งวัสดุโดยรวม

การคำนวณเนื้องานการใช้วัสดุในหมวดนี้ ให้ตรวจตามบัญชีวัสดุก่อสร้าง Construction Specification Division 3-10 (CSI) [31] ภาคผนวก ก โดยคำนวณจากพื้นที่ น้ำหนัก ปริมาณหรือมูลค่ารวมของวัสดุที่นำมาทดแทน ทั้งนี้ไม่รวมวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับงานระบบในอาคาร

ตารางที่ 2.4 แสดงหลักการคิดพื้นที่และน้ำหนักประเภทวัสดุ

<table>
<tr><th>Material</th><th>MRc1
Building
Reuse</th><th>MRc2
Waste
Management</th><th>MRc3
Materials
Reuse</th><th>MRc4
Recycled
Content</th><th>MRc5
Regional
Materials</th><th>MRc6
Rapidly
Renewable</th><th>MRc7
Certified
Wood</th></tr>
<tr><td>CSI Divisions
3-10
(ดูภาคผนวก ก)</td><td>คำนวณ
จาก
พื้นที่</td><td rowspan="5">คำนวณจากน้ำหนัก
สามารถใช้ปริมาตรในกรณีที่ไม่สามารถคำนวณเป็นน้ำหนักได้</td><td>คำนวณ
จากราคา
ที่นำมา
ทดแทน</td><td colspan="3">คำนวณจากราคาวัสดุที่ตรงตามหัวข้องาน CSI Division 3-10</td><td>คำนวณ
จาก
ราคาไม้
เทียบกับ
ราคาไม้
ที่ใช้
ทั้งหมด</td></tr>
<tr><td>Mechanical</td><td rowspan="3"></td><td colspan="4" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Electrical</td></tr>
<tr><td>Plumbing</td></tr>
<tr><td>Furniture &
Furnishings
CSI Division12</td><td colspan="4">สามารถรวมอยู่ใน CSI Division 3-10
กรณีที่มีใช้ใน MRc3-MRc7</td></tr>
</table>

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 337

หมวดที่ 5. คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IEQ)

ข้อบังคับ 1 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศขั้นต่ำ ASHRAE 62.1 – 2007 Section 4 ถึง 7 คำนวณจากปริมาณอากาศของผู้ใช้งาน และพื้นที่อาคารตามเกณฑ์ Breathing Zone Outdoor Air (ภาคผนวก ก - 3) กรณีเป็นพื้นที่ระบบปรับอากาศ จะต้องมีช่องอากาศคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 4 ของพื้นที่ใช้งาน กรณีไม่มีระบบปรับอากาศ ช่องเปิดจะต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 8 เมตรหรือ 25 ฟุต

ข้อบังคับ 2 งดสูบบุหรี่ในโครงการหรือจัดพื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูทางเข้าอาคารไม่น้อยกว่า 8 เมตรหรือ 25 ฟุต หรือจัดให้มีห้องสูบบุหรี่

ASHRAE 62.1 - 2007 เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบปริมาณอากาศที่ถ่ายเทในอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายและสุขภาพที่ดีของผู้ใช้อาคาร การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ๆ มีคนอยู่หนาแน่นมากกว่า 25 คนต่อ 93 ตารางเมตรหรือ 1,000 ตารางฟุต รวมถึงการจัดการอาคารด้วยระบบ Building Automation เพื่อควบคุมสภาวะน่าสบายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและลดการใช้พลังงานไฟฟ้า หมวดงาน IEQ ยังคำนึงถึงคุณภาพอากาศระหว่างการก่อสร้างที่อาจมีผลกระทบต่อเนื่องมาถึงผู้ใช้อาคาร โดยสนับสนุนให้ติดตั้งแผ่นกรองฝุ่นในระบบปรับอากาศระหว่างก่อสร้าง เพื่อลดกลิ่นและฝุ่นละอองตกค้างในระบบและก่อนส่งมอบอาคารให้ทำการถ่ายเทอากาศในอาคาร พร้อมติดตั้งแผ่นกรองอากาศที่ระบบปรับอากาศตามเกณฑ์ ASHRAE 52.2 – 1999 สนับสนุนให้ใช้วัสดุที่ไม่มีสารพิษเป็นส่วนผสม เพื่อลดการก่อมลพิษภายในอาคาร ควรหลีกเลี่ยงการใช้ Volatile Organic Compound (VOC) ซึ่งเป็นสารระเหยที่ประกอบอยู่ในวัสดุก่อสร้างทั้งผนังและฝ้าเพดาน วัสดุเคลือบเงา และวัสดุยาแนวต่างๆ โดยเกณฑ์การใช้วัสดุนี้จะต้องไม่เกินมาตรฐาน South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule # 1168 (ภาคผนวก ก - 5) ควบคุมระบบแสงสว่างประดิษฐ์ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE/IESNA 90.1 – 2007 โดยผู้ใช้อาคารสามารถควบคุมระดับแสงสว่างและอุณหภูมิรวมทั้งตั้งค่าอุปกรณ์เองได้ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายของแต่ละพื้นที่ สนับสนุนการใช้แสงสว่างตามธรรมชาติ (Daylight) และการมองเห็นภายนอก (View) จากภายในอาคาร

หมวดที่ 6. นวัตกรรมในการออกแบบ (ID)

ส่งเสริมการคิดค้นเทคนิคใหม่ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในเกณฑ์ LEED และพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละหมวดงานให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่กำหนด รวมทั้งมี LEED AP (Accredited Professional) เป็นที่ปรึกษาในโครงการที่จะทำการประเมิน

หมวดที่ 7. การให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม (RP)

พัฒนาประสิทธิภาพการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในหมวดงานการใช้น้ำ (WE 1, 2, 3) และการใช้พลังงานและบรรยากาศ (EA 1, 3, 5)

2.3 ตัวอย่างอาคารที่ผ่านการประเมิน LEED ในประเทศไทย

ตารางที่ 2.5 แสดงอาคารในประเทศไทยที่ได้ลงทะเบียนและได้รับการรับรองจาก LEED

Registered Project Directory

Project Name	City	State	Country	LEED System	Owner Organization	Detail
			th			
Animal Laboratory Research Center CMU	Chiang Mai	08	TH	LEED-NC v2009	Chiang Mai University	
Bank of Ayudhya HQ	Bangkok		TH	LEED EB O&M		Detail
CitiPlan	Bangkok	17	TH	LEED-CI v2009	Citigroup	
HSBC Green Library	Ladkrabang	17	TH	LEED-NC v2009	HSBC in Thailand	
K-Bank (Kasikorn) Ratburana HQ	Bangkok		TH	LEED EB O&M		Detail
Kasikorn Bank	Bangkok		TH	LEED NC 2.2	Kasikorn Thai	Detail
NGM Office	Bangkok		TH	LEED NC 2.2	Ngern Ma Business Co., Ltd.	Detail
New Head Office RITTA Co. Ltd.	Bangkok		TH	LEED NC 2.2	RITTA Company Limited	Detail
Park Venture Ecoplex	Bangkok	17	TH	LEED-CS v2009	Univenture Plc.	
ROYAL GARDEN - Residencial Bureau	Hua Hin, Changwat		TH	LEED-NC v2009		
SCG Building 5 (SCT)	Bangsue	17	TH	LEED-EB:OM v2009	The Siam Cement PLC	
SCG Head Office Building 1 and 2	Bangsue	17	TH	LEED-EB:OM v2009	The Siam Cement PLC	
Sathorn Square	Bangkok	17	TH	LEED-CS v2009	Goldenland Property Development PLC.	
Siam Fiberglass - Plant Office	Nongkhae	17	TH	LEED-EB:OM v2009	Siam Fiberglass Co., Ltd.	
Soneva Kiri Eco-suite	Trat		TH	LEED NC 2.2	Six Senses	Detail
Star Petroleum Refining Company	Rayong		TH	LEED NC 2.2		Detail
Thai Health Promotion Office	Bangkok		TH	LEED NC 2.2		Detail
UNEP Carbon Neutral Demonstration	Pathumthani		TH	LEED CI 2.0		Detail
USAID RDMA Level 31	Bangkok	17	TH	LEED-CI v2009	USAID	
USAID RDMA Training Facilities - Bangkok	Bangkok	17	TH	LEED-CI v2009	U.S. Agency for International Developmen	

Go to page: < 1 > | Displaying page 1 of 1, projects 1 to 20 of 20.

Certified Project Directory

Project Name	City	State	Country	LEED System	Case Study	Owner Organization	Cert Level
			TH				
ENERGY COMPLEX	Bangkok		TH	LEED CS 2.0	Detail	Energy Complex Company Limited	Platinum
ISB Cultural Centre	Nonthaburi Bangkok		TH	LEED for Schools 2.0	Detail	International School Bangkok	Gold
InterfaceFLOR Mfg. Facility. Ext.	PANTHONG	10	TH	LEED NC 2.2	Detail	Organization: InterfaceFLOR (Thailand) C	Certified
K-Bank (Kasikorn) Phaholyotin HQ	Bangkok		TH	LEED CI 2.0	Detail	K-Bank	Gold
Manufacturing Facility (Thailand)	Bangpakong		TH	LEED NC 2.2	Detail	Colgate-Palmolive Company	Silver
USAID RDMA Office, Bangkok	Bangkok		TH	LEED CI 2.0	Detail	USAID	Silver

Go to page: < 1 > | Displaying page 1 of 1, projects 1 to 6 of 6.

ที่มา: http//www.gbci.org/main-nav/building-certification/registered-project-list.aspx (5 มกราคม 2554)

จากปี ค.ศ. 2007 ถึง 2010 ประเทศไทยมีอาคารที่ได้ผ่านการประเมิน LEED จำนวน 6 โครงการ ได้แก่อาคาร Energy Complex อาคาร Cultural Center โรงเรียนนานาชาติ ISB อาคารธนาคารกสิกรไทยสาขาแจ้งวัฒนะ อาคารโรงงาน Colgate-Palmolive อาคารโรงงาน InterfaceFLOR และสำนักงาน USAID RDMA

สำนักงาน U.S. Agency for International Development (USAID) Regional Development Mission for Asia (RDMA) หรือ USAID RDMA [27] เป็นโครงการแรกในประเทศไทยที่ได้รับการรับรอง LEED Commercial Interior (CI) V2.0 สำนักงานตั้งอยู่ในอาคาร Athenee ถนน วิทยุ ประกอบด้วยสำนักงาน 3 ชั้น พื้นที่รวม 4,557 ตารางเมตร โครงการได้ปรับปรุงห้องน้ำใหม่ทั้งหมด โดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำและติดตั้งสุขภัณฑ์แบบไม่ใช้น้ำ (Waterless Urinal) เพื่อลดการใช้น้ำในองค์กร ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างและระบบปรับอากาศ เพื่อควบคุมระดับการใช้พลังงานในสำนักงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด วัสดุตกแต่งเกือบทั้งหมดเป็นวัสดุที่สามารถจัดหาได้ในประเทศไทย พรมและครุภัณฑ์มีส่วนผสมที่ผลิตจากวัสดุรีไซเคิล เพื่อลดปริมาณ Carbon Footprint ของโครงการ ปัจจุบันการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปรีไซเคิลกลายเป็นนโยบายหลักขององค์กร USAID RDMA

โรงงาน Colgate-Palmolive[28] นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ชลบุรี ได้รับการรับรอง LEED – NC V2.2 ระดับ Silver ในปีค.ศ. 2009 เป็นโรงงานที่ก่อสร้างใหม่เพื่อผลิตสบู่ และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่มีสารพิษต่ำ Colgate-Palmolive มีนโยบายในการใช้พลังงานแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยได้ทำการปรับปรุงโรงงานและสำนักงานในประเทศเวียดนามและโปแลนด์ เพื่อรับการประเมินอาคาร LEED ในปีต่อมา

อาคารศูนย์วัฒนธรรม โรงเรียนนานาชาติ ISB (International School Bangkok) [29] เป็นอาคารที่ได้รับการรับรอง LEED – School V2.0 ระดับ Gold อาคารแรกในประเทศไทย ผู้บริหารโรงเรียนมีนโยบายที่จะให้โรงเรียนเป็นโรงเรียนสีเขียว (Green School) โดยได้เริ่มจากอาคาร Cultural Center ซึ่งเป็นอาคาร 5 ชั้น พื้นที่ 6,700 ตารางเมตร และได้รับการสนับสนุนในการพัฒนาโครงการจากบริษัท Chevron ประเทศไทย บริษัทค้าน้ำมันที่มีนโยบายส่งเสริมโครงการโรงเรียนและชุมชน ทั้งนี้ตัวอาคารได้ก่อสร้างแล้วเสร็จและงานระบบอาคารถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นไปตามเกณฑ์ LEED – School โดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างและระบบปรับอากาศ เพื่อควบคุมปริมาณแสงและอากาศให้สอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้งานในแต่ละโซน ซึ่งภาระการใช้ระบบปรับอากาศ แตกต่างจากสำนักงาน และไม่ใช้สารทำความเย็น HCFC ในระบบปรับอากาศ ส่วนทางเดินและบันไดใช้การระบายลมตามธรรมชาติ ติดตั้งกระจก Low-e คุณภาพสูง และใช้วัสดุมุง

หลังคาที่มีค่าสะท้อนแสงสูง เพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร กักเก็บน้ำฝนเพื่อใช้งานด้านภูมิสถาปัตย์รอบๆอาคาร ใช้วัสดุและผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิลและจัดหาได้ภายในประเทศ ระบบอาคารทั้งหมดถูกควบคุมโดย Building Automation System (BAS) เพื่อควบคุมการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ตัวอย่างอาคารที่ผ่านการประเมิน LEED ที่กล่าวข้างต้นส่วนใหญ่มุ่งพัฒนากับตัวอาคาร ในหมวดวัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในอาคาร และการใช้พลังงานและบรรยากาศ โดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานระบบที่มีประสิทธิภาพและราคาสูง ทั้งนี้หมวดงานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ ถ้าได้ถูกนำมาพิจารณาตั้งแต่เริ่มโครงการจะสามารถลดงบประมาณก่อสร้างได้เนื่องจากเป็นงานที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินมาก ตัวอย่างเช่น อาคารโรงงาน InterfaceFLOR ที่ได้รับการประเมิน LEED เป็นอาคารแรกในประเทศไทย ซึ่งเป็นบริษัทร่วมทุนจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย โดยผู้ประกอบการมีแนวคิดและการตอบแทนสังคม (CSR) ด้วยการมุ่งลดปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากองค์กรของบริษัทภายในปี ค.ศ. 2020 “ Mission zero is our promise to eliminate any negative impact our company may have on the environment by 2020.” [25] บริษัทจึงคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะเป็นการวัดความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการประเมินอาคารเขียวจาก LEED ซึ่งบริษัทได้รับการรับรอง LEED – CI (Commercial Interiors) ระดับ Platinum และ Gold ที่เมือง Atlanta ประเทศสหรัฐอเมริกา และเมือง Shanghai ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนตามลำดับ

โรงงาน InterfaceFLOR ประเทศไทยได้รับการประเมิน LEED – NC version 2.2 ระดับ Certified เมื่อปี ค.ศ. 2007 เป็นส่วนขยายที่สร้างใหม่ สำนักงานและโรงงานผลิตพรม มีพื้นที่อาคาร 12,250 ตารางเมตร ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี ออกแบบและก่อสร้างโดยบริษัท Thai Nakano จำกัด ร่วมกับบริษัท Johnson Control Thailand ที่ปรึกษางาน LEED และติดตั้งอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ อาคารมีองค์ประกอบที่ผ่านเกณฑ์ LEED–NC ดังนี้

1) Sustainable Site

ก) พื้นที่โครงการกว่าร้อยละ 50 ยังคงสภาพเดิม บางส่วนถูกปรับเพื่อการระบายน้ำและใช้เป็นที่ปลูกพรรณไม้ที่ไม่ต้องการดูแลและไม่ต้องการน้ำตลอดปี

ข) ร้อยละ 98 ของขยะจากการก่อสร้าง ถูกนำมาใช้ถมที่

ค) ลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองโดยเพิ่มร่มเงาต้นไม้ และใช้วัสดุหลังคาที่ลดความร้อน

ง) จัดรถรับส่งพนักงานและติดตั้งที่จอดรถจักรยาน เพื่อสนับสนุนให้พนักงานเดินทางร่วมกัน และลดการใช้รถส่วนตัว

2) Water Efficiency
   ก) พื้นที่ก่อสร้างถูกแบ่งเป็นสัดส่วน ปลูกต้นไม้และพืชคลุมดินที่ต้องการน้ำน้อย
   ข) สามารถลดการใช้น้ำประปาในโครงการได้ร้อยละ 30 จากการใช้น้ำตามปรกติ โดยการติดตั้งอุปกรณ์และสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ และไม่ใช้น้ำประปารดน้ำต้นไม้
3) Energy & Atmosphere [26]
   ก) ลดความร้อนในอาคารที่ผ่านหลังคาได้ร้อยละ 25 โดยใช้หลังคาที่มีค่าสะท้อนสูง (High Solar Reflectance)
   ข) ลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 15 จากการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศรวมทั้งใช้วัสดุอาคารตามแนวทาง LEED
4) Material & Resources
   ก) ร้อยละ 20 ของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเป็นวัสดุที่ผลิตจากวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่
   ข) ร้อยละ 60 ของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง เป็นวัสดุที่สามารถจัดหาได้ในรัศมี 800 กิโลเมตรจากพื้นที่การก่อสร้างโครงการ
5) Indoor Environmental Quality
   ก) ทำการปิดช่องและอุปกรณ์ปรับอากาศ หลังจากที่ติดตั้งแล้วเสร็จในช่วงก่อสร้างอาคาร เพื่อป้องกันมิให้สารพิษและฝุ่นเกาะตามผิวอุปกรณ์
   ข) จัดพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ โดยห่างจากทางเข้าออกอาคาร 10 เมตร
   ค) ใช้สีและติดตั้งพรมที่ได้รับรองว่าเป็นวัสดุที่มีสาร VOC ต่ำ
6) Innovation in Design
   ก) บริหารจัดการดูแลอาคารตามเกณฑ์ Green Seal 37 ซึ่งสอดคล้องกับการดูแลอาคารเขียว

นโยบายจากผู้ประกอบการที่ต้องการลดผลกระทบภาวะโลกร้อน โดยเพิ่มพื้นที่สีเขียวในโครงการ ลดการใช้น้ำอย่างฟุ่มเฟือย ประหยัดพลังงาน ใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีการบริหารจัดการอาคารที่ดี ทำให้อาคาร InterfaceFLOR ได้รับการประเมินจาก LEED – NC v. 2.2 ระดับ Certified 27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 69 เป็นตัวอย่างอาคารที่ดำเนินตามเกณฑ์ LEED – NC ทุกหมวดงานและไม่เน้นการพัฒนาหมวดพลังงานและบรรยากาศ เนื่องจากมีการลงทุนสูงซึ่งตรงตามจุดประสงค์ของผู้ประกอบการที่ประสงค์จะพัฒนาที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบในเป็นตัวอย่างอาคาร LEED และตัวอย่างโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมที่ส่วนใหญ่มักมีสัดส่วนพื้นที่โล่งน้อยกว่าที่กฎหมายกำหนด

ในกรณีอาคาร InterfaceFLOR ที่ปรึกษางาน LEED หรือ LEED AP มีความสำคัญต่อการพัฒนาโครงการให้เป็นไปตามข้อกำหนดของเจ้าของ (BOD) และตามเกณฑ์ LEED เนื่องจากการพัฒนาโครงการก่อสร้างอาคารเขียว LEED ยังเป็นสิ่งใหม่สำหรับประเทศไทย เกณฑ์ LEED มีข้อบังคับและข้อกำหนดซึ่งอาจต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจให้ถูกต้อง โครงการนี้จึงได้จัดจ้างที่ปรึกษาบริษัทต่างชาติในประเทศไทยเป็น LEED AP และเจ้าหน้าที่ Commissioning Authority (CxA) เพื่อให้ได้ตามข้อบังคับ 1 ในหมวดงานพลังงานและบรรยากาศ (EA) และ 1 คะแนนจากหมวดงานนวัตกรรมในการออกแบบ (ID) จึงส่งผลให้ราคาต้นทุนโครงการการก่อสร้างสูงขึ้นเนื่องจากราคาค่าที่ปรึกษางาน LEED [26]

ตารางที่ 2.6 แสดงผลการประเมินอาคาร InterfaceFLOR ระดับ Certified

LEED for New Construction v2.2

InterfaceFLOR Mfg. Facility
Project # 10003846
Certification Level: Certified
June 13, 2007

27 Points Achieved — **Possible Points: 69**

Certified 26 to 32 points; Silver 33 to 38 points; Gold 39 to 51 points; Platinum 52 or more points

7 Sustainable Sites — Possible Points: 14

Y		
Y	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention
1	Credit 1	Site Selection 1
1	Credit 2	Development Density & Community Connectivity 1
	Credit 3	Brownfield Redevelopment 1
1	Credit 4.1	Alternative Transportation, Public Transportation Access 1
1	Credit 4.2	Alternative Transportation, Bicycle Storage & Changing Rooms 1
	Credit 4.3	Alternative Transportation, Low-Emitting & Fuel-Efficient Vehicles 1
	Credit 4.4	Alternative Transportation, Parking Capacity 1
1	Credit 5.1	Site Development, Protect or Restore Habitat 1
	Credit 5.2	Site Development, Maximize Open Space 1
	Credit 6.1	Stormwater Design, Quantity Control 1
	Credit 6.2	Stormwater Design, Quality Control 1
1	Credit 7.1	Heat Island Effect, Non-Roof 1
1	Credit 7.2	Heat Island Effect, Roof 1
	Credit 8	Light Pollution Reduction 1

4 Water Efficiency — Possible Points: 5

Y		
1	Credit 1.1	Water Efficient Landscaping, Reduce by 50% 1
1	Credit 1.2	Water Efficient Landscaping, No Potable Use or No Irrigation 1
	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies 1
1	Credit 3.1	Water Use Reduction, 20% Reduction 1
1	Credit 3.2	Water Use Reduction, 30% Reduction 1

17 Energy & Atmosphere — Possible Points: 17

Y		
Y	Prereq 1	Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems
Y	Prereq 2	Minimum Energy Performance
Y	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management
	Credit 1.1	Optimize Energy Performance, 10.5% New / 3.5% Existing 1
	Credit 1.2	Optimize Energy Performance, 14% New / 7% Existing 1
	Credit 1.3	Optimize Energy Performance, 17.5% New / 10.5% Existing 1
	Credit 1.4	Optimize Energy Performance, 21% New / 14% Existing 1
	Credit 1.5	Optimize Energy Performance, 24.5% New / 17.5% Existing 1
	Credit 1.6	Optimize Energy Performance, 28% New / 21% Existing 1
	Credit 1.7	Optimize Energy Performance, 31.5% New / 24.5% Existing 1
	Credit 1.8	Optimize Energy Performance, 35% New / 28% Existing 1
	Credit 1.9	Optimize Energy Performance, 38.5% New / 31.5% Existing 1
	Credit 1.10	Optimize Energy Performance, 42% New / 35% Existing 1
	Credit 2.1	Renewable Energy, 2.5% 1
	Credit 2.2	Renewable Energy, 7.5% 1
	Credit 2.3	Renewable Energy, 12.5% 1
	Credit 3	Enhanced Commissioning 1
	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management 1
	Credit 5	Measurement & Verification 1
	Credit 6	Green Power 1

8 Materials & Resources — Possible Points: 13

Y		
Y	Prereq 1	Storage & Collection of Recyclables
	Credit 1.1	Building Reuse, Maintain 75% of Existing Walls, Floors, & Roof 1
	Credit 1.2	Building Reuse, Maintain 95% of Existing Walls, Floors, & Roof 1
	Credit 1.3	Building Reuse, Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements 1
1	Credit 2.1	Construction Waste Management, Divert 50% from Disposal 1
1	Credit 2.2	Construction Waste Management, Divert 75% from Disposal 1
	Credit 3.1	Materials Reuse, 5% 1
	Credit 3.2	Materials Reuse, 10% 1
1	Credit 4.1	Recycled Content, 10% 1
1	Credit 4.2	Recycled Content, 20% 1
1	Credit 5.1	Regional Materials, 10% 1
1	Credit 5.2	Regional Materials, 20% 1
	Credit 6	Rapidly Renewable Materials 1
	Credit 7	Certified Wood 1

15 Indoor Environmental Quality — Possible Points: 15

Y		
Y	Prereq 1	Minimum IAQ Performance
Y	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control
	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring 1
	Credit 2	Increase Ventilation 1
1	Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan, During Construction 1
1	Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan, Before Occupancy 1
	Credit 4.1	Low-Emitting Materials, Adhesives & Sealants 1
	Credit 4.2	Low-Emitting Materials, Paints & Coatings 1
1	Credit 4.3	Low-Emitting Materials, Carpet Systems 1
	Credit 4.4	Low-Emitting Materials, Composite Wood & Agrifiber Products 1
	Credit 5	Indoor Chemical & Pollutant Source Control 1
	Credit 6.1	Controllability of Systems, Lighting 1
	Credit 6.2	Controllability of Systems, Thermal Comfort 1
1	Credit 7.1	Thermal Comfort, Design 1
1	Credit 7.2	Thermal Comfort, Verification 1
	Credit 8.1	Daylight & Views, Daylight 75% of Spaces 1
	Credit 8.2	Daylight & Views, Views for 90% of Spaces 1

5 Innovation & Design Process — Possible Points: 5

Y		
1	Credit 1.1	Innovation in Design: Green Housekeeping 1
1	Credit 1.2	Innovation in Design: Green Building Education 1
1	Credit 1.3	Innovation in Design: Exemplary Performance MRc2 1
1	Credit 1.4	Innovation in Design: Exemplary Performance MRc5 1
1	Credit 2	LEED® Accredited Professional 1

รวม 27 คะแนน จาก 69 คะแนน

ที่มา: http//www.usgbc.org/showfile.aspx?DocumentID=4203 (5 มกราคม 2554)

2.4 ค่าใช้จ่ายในการรับรองอาคารเขียว LEED

Green Building Certification Institute (GBCI) เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่รับรองการประเมินเกณฑ์ LEED โดย LEED Version 2009 มีค่าลงทะเบียน US$1,200 หรือ 40,000 บาท ส่วนค่าธรรมเนียมที่รับรองอาคาร (Certification) ขึ้นอยู่กับระดับที่ขอประเมิน พื้นที่อาคาร และประเภทของอาคารที่เป็นอาคารก่อสร้างใหม่หรืออาคารที่ทำการปรับปรุง ตารางที่ 2.7 แสดงค่าธรรมเนียมสำหรับอาคารเดี่ยวก่อสร้างใหม่ หรือ LEED – NC 2009 โดยแบ่งค่าธรรมเนียมเป็น 2 ระบบคือ Design Review and Construction Review สำหรับโครงการที่ทำการเสนอรายละเอียดหมวดงานเพื่อขอการรับรองจาก GBCI ก่อนโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จหรือก่อนผู้ใช้อาคารย้ายเข้าใช้งาน ส่วน Combined Design and Construction Review ใช้สำหรับโครงการที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ แล้วจึงดำเนินการขอการรับรองจาก GBCI ซึ่งจะต้องดำเนินการภายใน 2 ปี หลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าธรรมเนียมการขอรับรองอาคาร LEED

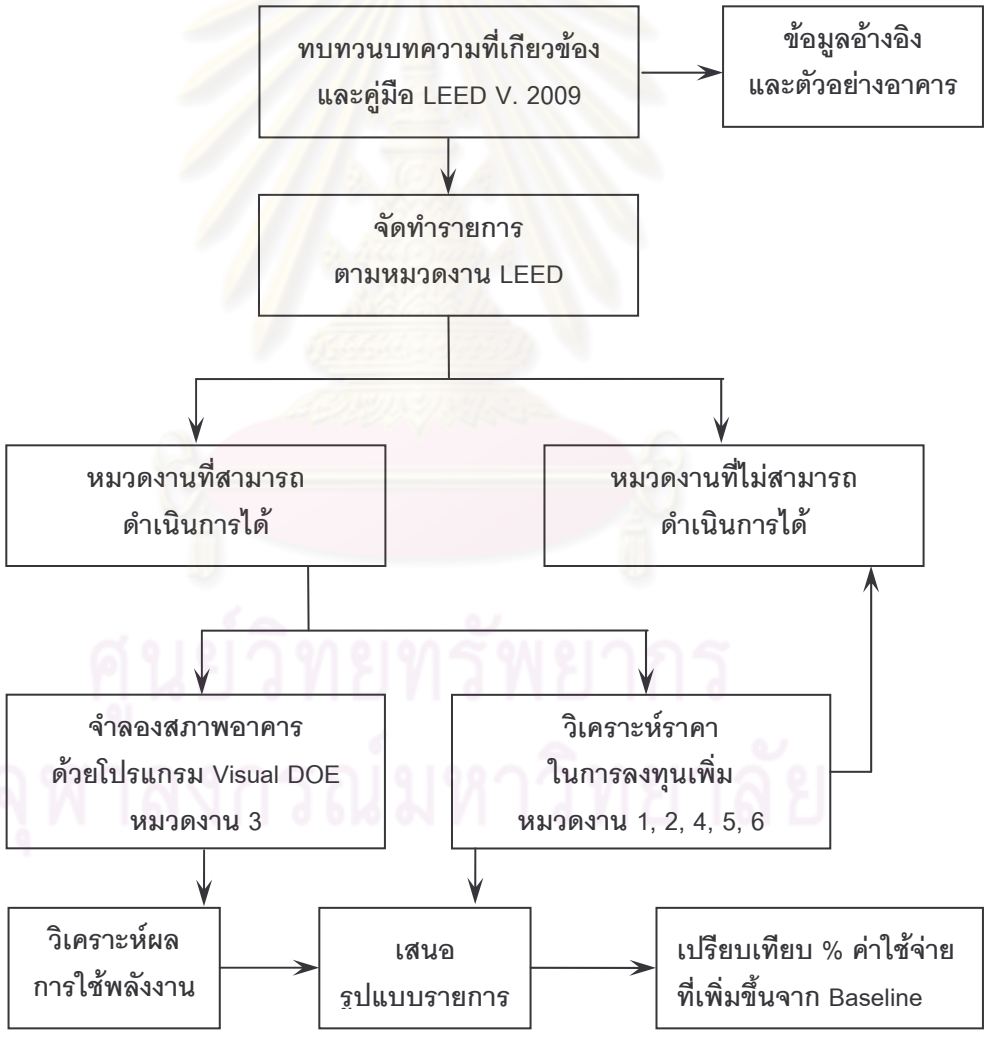
	Less than 50,000 Square Feet*	**50,000-500,000 Square Feet***	**More Than 500,000 Square Feet***	**Appeals (if applicable)**
LEED 2009; New Construction, Commercial Interiors, Schools, Core & Shell full certification	Fixed Rate	Based on Square Footage*	Fixed Rate	Per credit
Design Review				
USGBC Members	$2,000	$0.04/sf	$20,000	$500
Non-Members	$2,250	$0.045/sf	$22,500	$500
Expedited Fee**	$5,000 regardless of square footage			$500
Construction Review				
USGBC Members	$500	$0.010/sf	$5,000	$500
Non-Members	$750	$0.015/sf	$7,500	$500
Expedited Fee**	$5,000 regardless of square footage			$500
Combined Design & Construction Review				
USGBC Members	$2,250	$0.045/sf	$22,500	$500
Non-Members	$2,750	$0.055/sf	$27,500	$500
Expedited Fee**	$10,000 regardless of square footage			$500

ที่มา: http//www.leedonline.com (15 มกราคม 2554)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาจากอาคารที่ได้ออกแบบพื้นที่ใช้สอยไว้แล้ว ซึ่งจะเป็นอาคารกรณีศึกษา (Baseline Building) เปรียบเทียบกับอาคารเดียวกันที่ออกแบบตามแนวทาง LEED - NC 2009 (Proposed Design) เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนราคาแตกต่างในการก่อสร้างอาคารเขียว และอาคารทั่วไป โดยจะดำเนินการศึกษาตามแผนภูมิการดำเนินการวิจัยดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงวิธีดำเนินการวิจัย

1) ทบทวนบทความที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษาพื้นฐานเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่มีใช้ทั่วไปในต่างประเทศและในประเทศไทย รวมทั้งตัวอย่างอาคารที่ได้รับการรับรองจาก LEED แล้ว โดยเลือกศึกษาอาคารที่มีความคลึงกับอาคารกรณีศึกษา เช่น ขนาดพื้นที่โครงการ ที่ตั้งตัวอาคาร แนวคิดของผู้ประกอบการเกี่ยวกับชุมชนและสิ่งแวดล้อม

2) ประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้นตามเกณฑ์ LEED

สรุปเนื้อหาจากคู่มือ LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition โดยเบื้องต้นทำการประเมินความเป็นไปได้ของเกณฑ์กับรูปแบบอาคารกรณีศึกษา

ก) สามารถดำเนินการได้โดยไม่กระทบงบประมาณ

ข) อาจดำเนินการได้แต่จะต้องพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติม

ค) ไม่สามารถดำเนินการได้

3) วิเคราะห์รายละเอียดและราคาหมวดงานที่เข้าเกณฑ์ LEED

ทำการวิเคราะห์รูปแบบรายการที่เปลี่ยนแปลงไปตามเกณฑ์ LEED และสัดส่วนราคาที่เพิ่มขึ้นจากงบประมาณเดิมในหมวดงานทั้ง 7 หมวด 1.ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ 2.การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ 3.การใช้พลังงานและบรรยากาศ 4.วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง 5.คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร 6.นวัตกรรมในการออกแบบ 7.การให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม

จำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา (Baseline Building) และอาคารตามแนวทาง LEED - NC ด้วยโปรแกรม Visual DOE เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าพลังงาน ตามหมวดงานพลังงานและบรรยากาศ

4) สรุปผลการวิเคราะห์

สรุปผลการวิเคราะห์และราคาที่เพิ่มขึ้นจากราคาต้นทุนการก่อสร้างตามรายละเอียดราคาค่าก่อสร้าง (BOQ) อาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับรูปแบบรายการระดับ Certified และระดับ Silver เสนอค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่สามารถดำเนินการลดได้ เพื่อไม่ให้ต้นทุนการก่อสร้างเพิ่มเกินความจำเป็น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

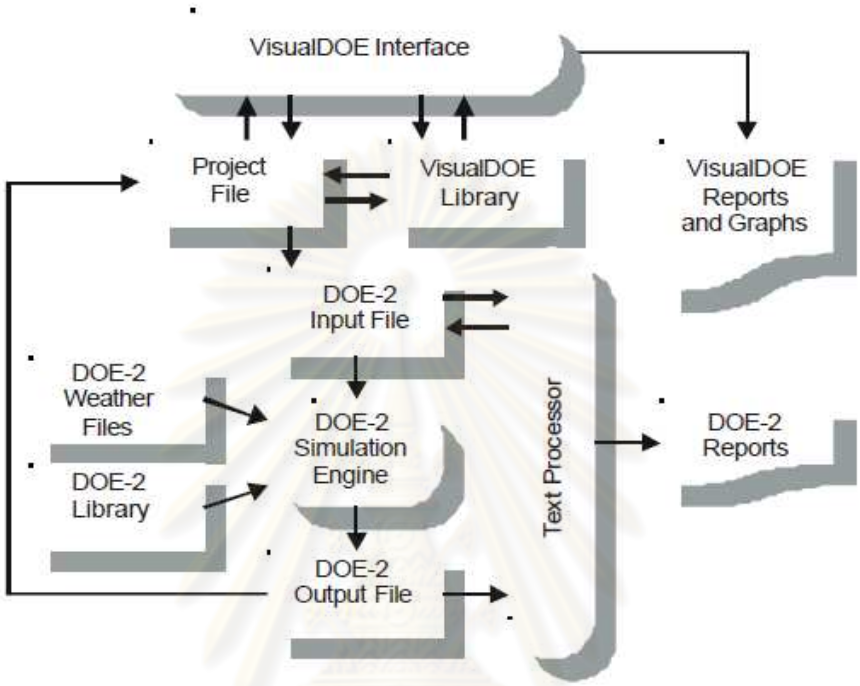
โปรแกรม Visual DOE version 4.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณการจำลองใช้พลังงานของอาคาร (Simulation) ได้รับการพัฒนาโดย Architectural Energy Corporation (AEC) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นหนึ่งในหลายโปรแกรมที่ USGBC ยอมรับให้ใช้เป็นเครื่องมือคำนวณการใช้พลังงานของอาคารในหมวดงาน Energy & Atmosphere เช่นเดียวกับโปรแกรม BLAST และ EnergyPlus ผู้ใช้งานโปรแกรมนี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (HVAC) เป็นอย่างดี เพื่อวิเคราะห์ผลเชิงลึก และสามารถทำการปรับแต่งข้อมูล (Data) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสนอต่อ USGBC

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยผู้เป็นเจ้าของใบอนุญาต (License) โปรแกรม Visual DOE 4.1 ได้นำโปรแกรมมาใช้เพื่อการเรียนการสอนในภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมเพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานของอาคารในเบื้องต้นเท่านั้น การป้อนข้อมูล (Input) ในโปรแกรมจะดำเนินการใน 6 Folders ดังนี้

1) Project Folder ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและที่ตั้งตัวอาคาร
2) Block Folder ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างตัวอาคารและวัสดุที่ใช้ประกอบอาคาร
3) Room Folder ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทการใช้สอยอาคาร จำนวนผู้ใช้งาน ระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานของแต่ละห้องหรือโซน
4) Facades Folder ข้อมูลเกี่ยวกับรูปด้านอาคาร คุณสมบัติของผนังและหน้าต่าง รวมถึงระบบการให้ร่มเงา
5) System Folder ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ ซึ่งมีระบบสำเร็จรูป 3 ระบบ ให้เลือกใช้ และ 1 ระบบสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศพิเศษ
6) Zones Folder ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของระบบปรับอากาศที่ได้เลือกใช้

การป้อนข้อมูล (Input) ในแต่ละ Folder จำเป็นจะต้องให้ข้อมูลที่ระบุไว้ กรณีกำหนดข้อมูลใหม่จะต้องตรวจสอบช่องอื่นๆ ที่ต่อเนื่องว่าจะต้องให้ข้อมูลด้วยหรือไม่ โปรแกรมจะไม่เตือนทันทีว่าขาดข้อมูล ฉะนั้นให้สังเกตจากช่องเดิม เพื่อมิให้เสียเวลาแก้ไขข้อมูลหลายครั้ง หลังจากที่นำข้อมูลดังกล่าวไปใช้แล้วใน Folder อื่นๆ การวาดรูปร่างอาคารใน Block Folder ควรวาดแบบหยาบๆโดยรวม Block เล็กๆ ให้เป็น Block เดียว เนื่องจากทุก Block ที่วาดจะต้องกำหนดชื่อ วัสดุ ผนังและหน้าต่าง ซึ่งจะใช้เวลาในการป้อนข้อมูลส่วนนี้ค่อนข้างมาก และเมื่อมีการแก้ไขก็จะทำให้ยากต่อการแก้ข้อมูล เมื่อทำการ “Run” ข้อมูลแล้วเกิดข้อผิดพลาด โปรแกรมจะแจ้งให้ทราบโดยปรากฏ “Error” ใน DOE 2 เมื่อพิจารณาจุดบกพร่องแล้วจะเป็นส่วนที่ข้อมูล

ขาดหายไปจึงไม่สามารถ “Run” Output ได้ ในกรณีผู้วิจัยได้ลองแก้ไขข้อมูล (Data) แล้วหลายครั้งแต่ไม่สำเร็จ จึงทำการเขียนตัวอาคารใหม่และป้อนข้อมูลใหม่ทั้งหมดหลายครั้ง จึงจะได้ผลลัพธ์ (Output) ออกมา



รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรม Visual DOE

ที่มา: Architectural Energy Corporation Visual DOE 4.0 User Manual หน้า 27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

รายละเอียดโครงการและการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

โครงการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาแบ่งพื้นที่ก่อสร้างเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ 3.5 ไร่ ขนาดที่ดินกว้าง 35 เมตร ยาว 160 เมตร ใช้เป็นพื้นที่ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น (อาคารกรณีศึกษา) และพื้นที่ 65 ไร่ ขนาดที่ดินกว้าง 75 เมตร ยาว 1,500 เมตร ปัจจุบันเป็นที่ตั้งโรงงาน A โรงหล่อและขึ้นรูปอลูมิเนียม ซึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อต้นปี พ.ศ. 2553 และโรงงานพร้อมสำนักงานเดิมอีก 1 หลัง ผู้ประกอบการจะทำการรื้อถอนอาคารเดิมออก หลังจากที่ก่อสร้างโรงงาน B และสำนักงานใหม่(อาคารกรณีศึกษา)เสร็จ อาคารในโครงการนี้ได้รับออกแบบและก่อสร้างแบบ Turnkey โดยผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างจำเป็นจะต้องควบคุมงบประมาณก่อสร้าง ให้เหมาะสมกับโครงการที่เสนอไป (ดูรายละเอียดราคาค่าก่อสร้างตามภาคผนวก ข-7) อาคารกรณีศึกษาเป็นโครงการจริงที่ยังไม่ได้ก่อสร้าง เป็นอาคารที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบและจะเป็นผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และได้รับอนุญาตจากเจ้าของโครงการให้ใช้รูปแบบรายการ เพื่อทำการศึกษาในครั้งนี้

ในการออกแบบอาคารกรณีศึกษาผู้ออกแบบได้คำนึงถึงสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เพื่อมิให้อาคารต้องใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองไปกับระบบปรับอากาศที่ไม่จำเป็น โดยออกแบบให้พื้นที่ด้านตะวันตก ขั้นล่างเป็นโถงต้อนรับไม่มีระบบปรับอากาศ ส่วนชั้นบนเป็นห้องสันทนาการซึ่งมีการใช้งานเป็นครั้งคราว อีกทั้งยังติดตั้งระแนงกันแดดไว้ภายนอกอาคาร เพื่อป้องกันแสงแดดเข้าสู่ตัวอาคาร

รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายแสดงที่ตั้งโครงการ

เนื่องจากกระบวนการหล่ออลูมิเนียมก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งด้านเสียงจากการทำงานของเครื่องจักร ความร้อนที่เกิดจากการหล่อเย็นและการเป่าลมร้อน รวมทั้งกลิ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ซึ่งอาจรั่วซึมจากห้องควบคุมก๊าซและเตาเผา ผู้ประกอบการจึงได้สร้างโรงงานใหม่ (โรงงาน A) ติดตั้งเครื่องจักรรุ่นใหม่ตามเทคโนโลยีปัจจุบัน พร้อมอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เพื่อลดผลกระทบจากเสียง ความร้อนและกลิ่นตามที่กล่าวข้างต้น รวมทั้งคงสภาพพื้นที่สีเขียวที่มีต้นไม้ใหญ่ไว้ตามสภาพเดิม พื้นที่โล่งเพื่อเตรียมการก่อสร้างโรงงาน B นั้น เดิมเป็นพื้นที่สำหรับเรือนเพาะชำและอนุบาลต้นไม้ ซึ่งเป็นธุรกิจเดิมของผู้ประกอบการ

เจ้าของโครงการเลือกที่จะซื้อที่ดินใหม่ เพื่อก่อสร้างตัวอาคารสำนักงานใหม่หรืออาคารกรณีศึกษา ซึ่งเดิมเป็นพื้นที่ทิ้งขยะทั่วไป และใช้เป็นบ่อพักน้ำร้อนจากกระบวนการหล่ออลูมิเนียม ในเบื้องต้นเพื่อก่อสร้างอาคารสำนักงานรูปแบบทั่วไป แต่ด้วยกระแสลดโลกร้อนและการประหยัดพลังงานในปัจจุบัน รวมทั้งกฎหมายควบคุมการใช้พลังงานในอาคารที่เริ่มบังคับใช้อย่างจริงจัง ทำให้ผู้ประกอบการไม่เพียงต้องการจะควบคุมกิจกรรมและผลกระทบให้อยู่แต่ในอาคาร แต่มีความประสงค์จะให้อาคารและธุรกิจที่ดำเนินการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีกับองค์กรและชุมชน โดยแสวงหามาตรฐานต่างๆ มาเป็นเกณฑ์รับรองธุรกิจที่ดำเนินการให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากการปรับปรุงรูปแบบรายการอาคารกรณีศึกษาตามแนวทาง LEED – NC และวิเคราะห์สัดส่วนราคาที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งเสริมให้โครงการก่อสร้างสำนักงาน 2 ชั้น อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารเขียวที่ไม่มุ่งเน้นลงทุนไปกับวัสดุอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสูงหรือยากต่อการบำรุงรักษาในอนาคต ผู้ประกอบการประสงค์จะให้ผู้ใช้งานในอาคารและชุมชนมีความรู้สึกที่ดีต่ออาคารและองค์กร โดยเฉพาะธุรกิจที่เกี่ยวกับเศษวัสดุที่สามารถนำมาผลิตใหม่หรือมาใช้ใหม่

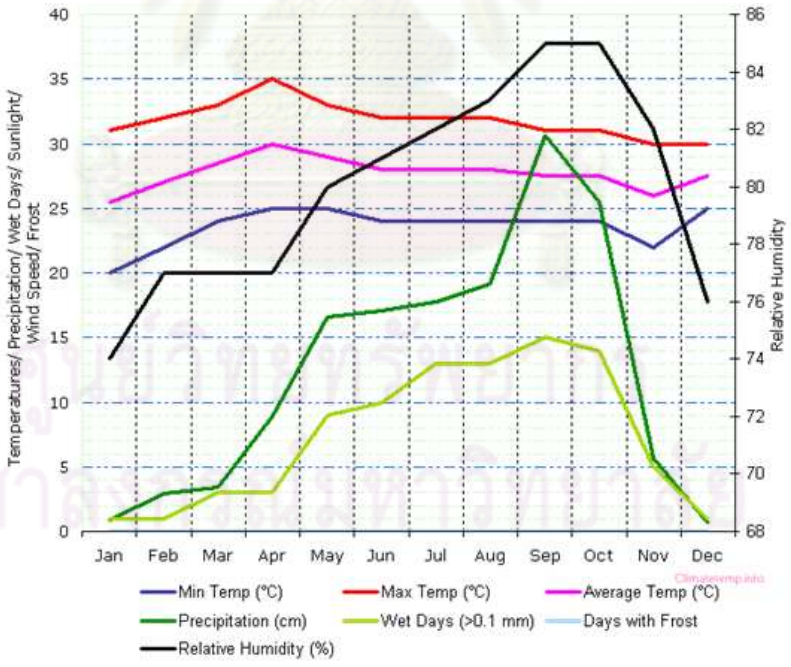
4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคาร

1) ที่ตั้งโครงการและสภาพภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร [2] [23]
   - โครงการตั้งอยู่ที่ Latitude 14°N และ Longitude 100°E จังหวัดปทุมธานี
   - อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27.7°C เฉลี่ยสูงสุด 35°C ในเดือนเมษายน และเฉลี่ยต่ำสุด 20°C ในเดือนมกราคม
   - ความชื้นสัมพันธ์ต่อปีเฉลี่ยร้อยละ 79.9 ต่อเดือน เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 74 ในเดือนมกราคม ถึงร้อยละ 85 ในช่วงเดือนกันยายนและตุลาคม
   - ระดับน้ำฝนเฉลี่ย 1,492 มิลลิเมตรต่อปี และ 124 มิลลิเมตรต่อเดือน

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กรุงเทพมหานคร

	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Temp (°C)	Precipitation/ Rainfall (mm)	Wet Days (>0.1 mm)	Relative Humidity (%)	Wind Direction	Wind Speed km/h
January	20	31	25.5	9	1	74	E	9
February	22	32	27	29	1	77	S	11
March	24	33	29	34	3	77	S	11
April	25	35	30	89	3	77	S	11
May	25	33	29	166	9	80	S	11
June	24	32	28	171	10	81	SW	13
July	24	32	28	178	13	82	SW	13
August	24	32	28	191	13	83	W	11
September	24	31	28	306	15	85	W	11
October	24	31	28	255	14	85	NE	9
November	22	30	26	57	5	82	NE	9
December	25	30	27.5	7	1	76	N	9

ที่มา: http://www.climate.info/thailand/bangkok.html (5 มกราคม 2554)

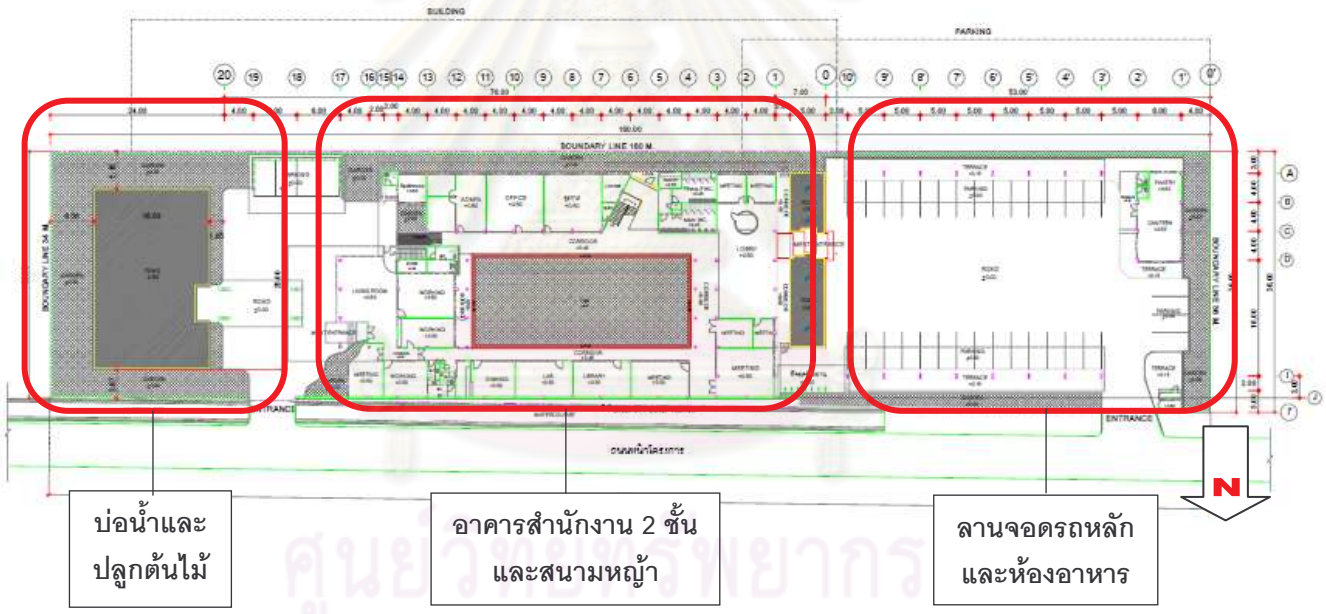


รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์กรุงเทพมหานคร

ที่มา: http://www.climate.info/thailand/bangkok.html (5 มกราคม 2554)

2) สภาพแวดล้อมและตัวอาคาร

พื้นที่โครงการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทิศตะวันออกเป็นพื้นที่โล่ง ใช้เป็นพื้นที่สำหรับงานภูมิสถาปัตย์และบ่อน้ำเพื่อกักเก็บน้ำฝนสำหรับใช้รดน้ำต้นไม้ทั่วไป ส่วนที่ 2 สำนักงาน 2 ชั้นและ 1 ชั้น พื้นที่ใช้สอยของตัวอาคารถูกจัดวางพร้อมทางเดินรอบสนามหญ้าและเปิดช่องลมระหว่างอาคาร โดยมีแกนยาวทางด้านตะวันออกตะวันตก ผนังทิศเหนือปิดทึบเนื่องจากเป็นส่วนที่ต่อเนื่องและมองเห็นกิจกรรมของโรงงาน วัสดุประกอบอาคารทั่วไปเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน หลังคาแผ่นโลหะ ส่วนที่ 3 เป็นพื้นที่โล่งจัดทำเป็นลานจอดรถ มีหลังคาคลุมบางส่วน พร้อมทางเดินไปยังห้องอาหาร พื้นลานเป็นอิฐบล็อกมีรู ซึมน้ำได้ดี งานบริเวณและภูมิสถาปัตย์ทางทิศตะวันตกปลูกต้นไม้สูง



รูปที่ 4.3 แสดงผังบริเวณโครงการ

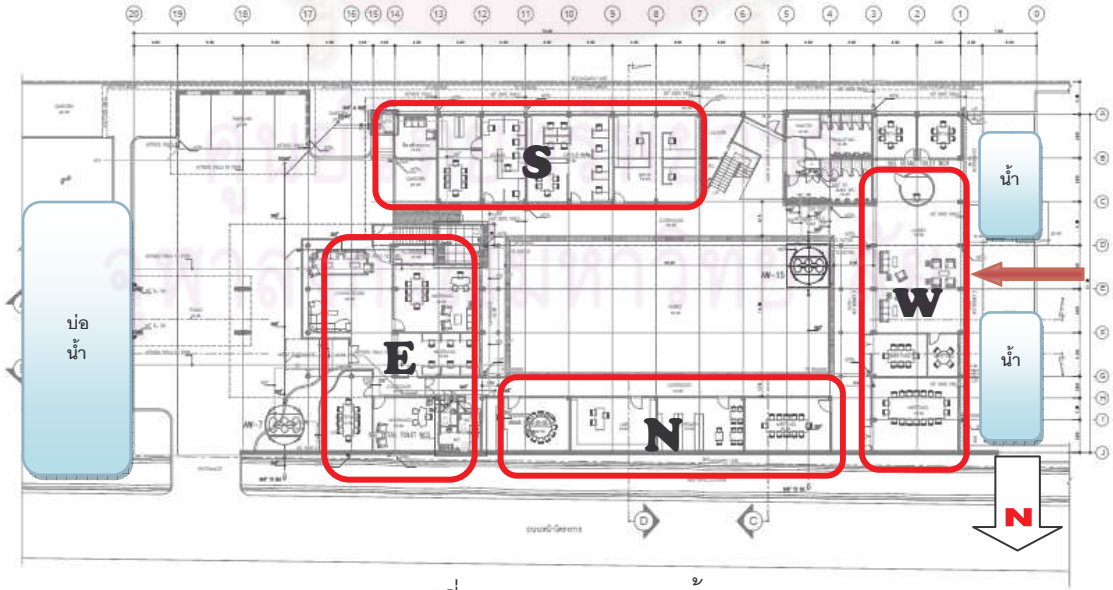
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิศเหนือ ติดคูระบายน้ำเป็นทรัพย์สินส่วนบุคคล และถนนใช้ร่วมในโครงการ อาคาร N เป็นอาคารชั้นเดียวใช้เป็นส่วนกั้นพื้นที่ระหว่างอาคารใหม่และบริเวณของอาคารเดิม ส่วนนี้ใช้เป็นห้องสมุด ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และห้องฝึกอบรม ซึ่งเป็นพื้นที่ๆ ใช้รับรองบุคคลภายนอก

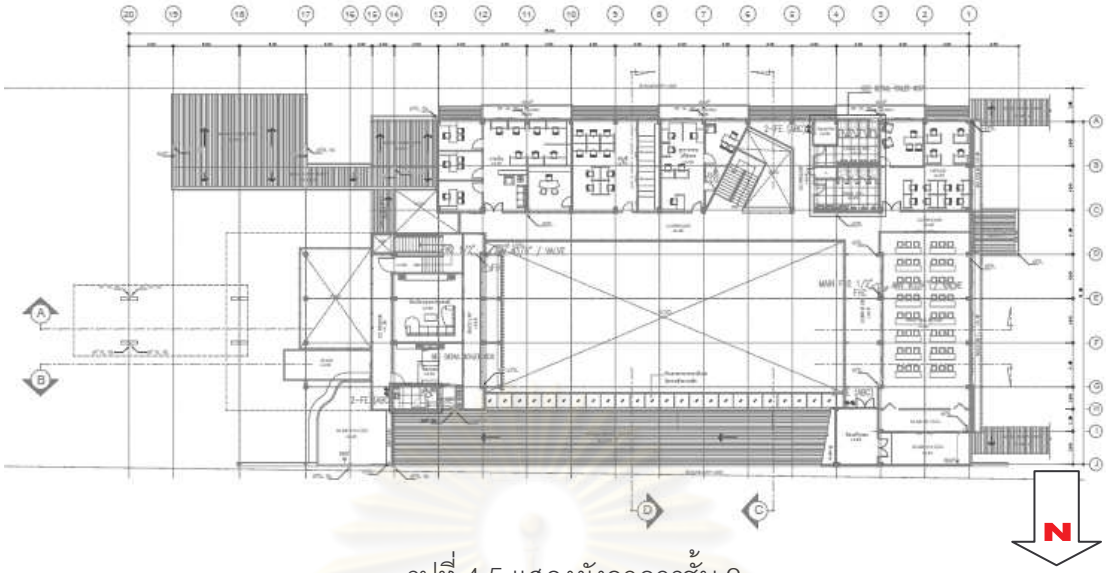
ทิศใต้ ติดซอยสาธารณะ อาคาร S ใช้เป็นสำนักงานทั้งชั้นบนและล่าง ตัวห้องมีความลึก 8 เมตร ทางเดินจัดวางอยู่รอบในอาคารติดกับ Court สนามหญ้า ผนังรอบนอกอาคารทางทิศใต้ติดตั้งกันสาด

ทิศตะวันออก ติดที่ดินส่วนบุคคล จัดเป็นพื้นที่สีเขียวและบ่อน้ำ อาคาร E ใช้เป็นสำนักงานฝ่ายบริหาร ชั้นล่าง ประกอบด้วยโถงรับรองและที่ทำงานฝ่ายบริหาร ชั้นบนพื้นที่ทำงานสำรอง แสงแดดช่วงเช้าจะส่องเข้าถึงโถงรับรอง ซึ่งตั้งอยู่ส่วนหน้าของอาคาร หลังคาทั้งหมดลาดเอียงไปทางทิศตะวันออก และน้ำฝนจากหลังคาถูกลำเลียงไปยังบ่อน้ำ

ทิศตะวันตก ติดที่ดินส่วนบุคคลและลานจอดรถของโครงการ อาคาร W ชั้นล่างเปิดโล่งเป็นโถงรับรองของอาคารไม่มีระบบปรับอากาศ ส่วนชั้นบนเป็นห้องสันทนาการ การใช้สอยด้านทิศตะวันตก ไม่มีสำนักงานเนื่องจากแดดตอนช่วงบ่ายเข้าตัวอาคารจึงจำเป็นต้องมีระแนงบังแดดภายนอกอาคาร



รูปที่ 4.4 แสดงผังอาคารชั้น 1



รูปที่ 4.5 แสดงผังอาคารชั้น 2

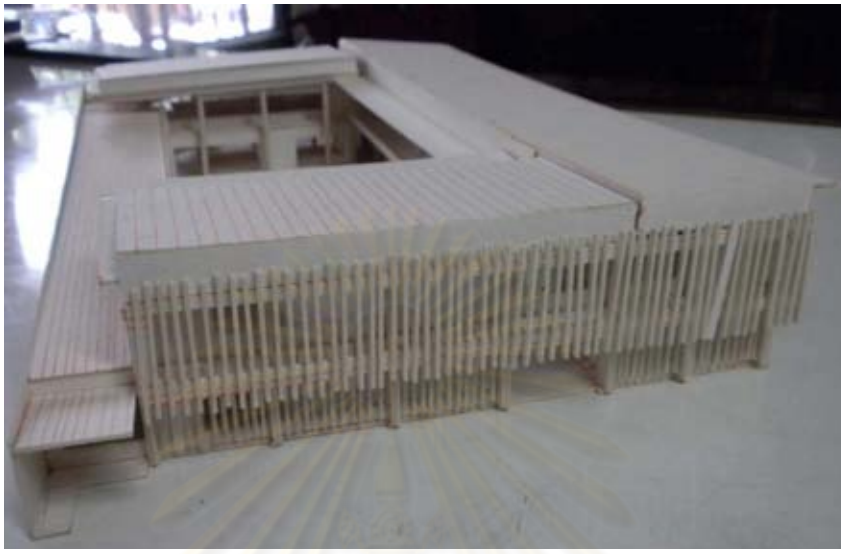
(อาคาร E) (อาคาร W)

รูปที่ 4.6 แสดงรูปตัดอาคาร East – West

(อาคาร W) (อาคาร E)

รูปที่ 4.7 แสดงรูปตัดอาคาร West – East

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ภาพแสดง Model ภายนอกอาคาร W

รูปที่ 4.9 ภาพแสดง Model ภายในอาคาร W

3) พื้นที่อาคารและจำนวนผู้ใช้อาคาร

ผู้ใช้งานประจำในอาคารสำนักงาน 60 คน /วัน

ผู้ใช้งานไม่ประจำในอาคารสำนักงาน 40 คน /วัน

ทำงานวันจันทร์ถึงวันเสาร์ ตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น.

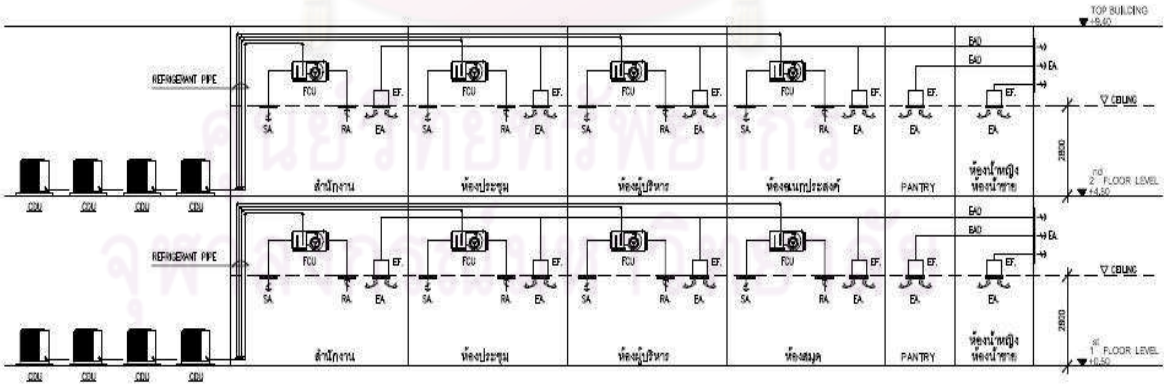
เฉลี่ยจำนวนผู้ใช้อาคาร 8 ชั่วโมง 85 คน/วัน

ตารางที่ 4.2 แสดงพื้นที่อาคาร (ดูรายละเอียดภาคผนวก ข-2)

พื้นที่โครงการ 5,600 m^2	**ชั้น 1 (m^2)**	**ชั้น 2 (m^2)**	**อื่น ๆ (m^2)**
มีระบบปรับอากาศ	654.06	440.56	68.87
ไม่มีระบบปรับอากาศ	654.00	488.00	13.82
พื้นที่นอกอาคาร	405.50	-	3,664.83
รวมพื้นที่อาคาร	1,308.06	928.56	82.69
รวมพื้นที่อาคารชั้น 1 & ชั้น 2	2,236.62 m^2	คิดเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 49%	

4) งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร

ระบบปรับอากาศใช้ระบบ Air Cooled Split Type และสารทำความเย็น CFC – R22 รวมภาระการทำความเย็น (Estimated Total Cooling Load) ประมาณ 80 ตัน (ดูรายละเอียด CDU/FCU ภาคผนวก ข - 3)



MVAC SYSTEM SPLIT TYPE SCHEMATIC DIAGRAM

1. AHU: AIR HANDLING UNIT 2. FCU: FAN COIL UNIT 3. CDU: CONDENSING UNIT 4. EF: EXHAUST FAN

5. SAD: SUPPLY AIR DUCT 6. RAD: RETURN AIR DUCT 7. EAD: EXHAUST AIR DUCT

รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงระบบปรับอากาศและระบายอากาศระบบ Air Cooled Split Type

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร พื้นที่สำนักงานและพื้นที่ส่วนกลางใช้หลอดไฟขนาด High Efficient Fluorescent (T5) เสริมโคมไฟเพื่อการตกแต่งด้วย Compact Fluorescent บริเวณโถงบันไดและที่จอดรถใช้โคม Batten Type Fluorescent บริเวณสำนักงานและโถงได้ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมแสงสว่างได้อย่างอิสระ และตั้งเวลาล่วงหน้าได้ ในอนาคตสามารถขยายเพิ่มเพื่อใช้ควบคุมจากระบบอื่นๆ เช่นระบบ LAN ภายนอกอาคารใช้โคมไฟที่มีมุมการกระจายเป็นมุมต่ำ เพื่อลดแสงรบกวนไปนอกพื้นที่และท้องฟ้าในเวลากลางคืน (ดูรายละเอียดภาคผนวก ข-6)

ระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างเป็นลักษณะทุ่งโล่ง ตั้งอยู่ห่างจากแนวน้ำประปาประมาณ 115 เมตร ทางโครงการจึงจำเป็นจะต้องมีระบบปั๊มและน้ำสำรองสำหรับใช้ในตัวอาคารและงานดับเพลิง รวมทั้งใช้น้ำจากบ่อน้ำที่จัดสร้างขึ้นขนาด 1,160 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเก็บน้ำฝนจากหลังคาอาคาร เพื่อใช้ในงานบริเวณและภูมิสถาปัตย์

5) ราคาค่าก่อสร้างโครงการ

การออกแบบและก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาเป็นแบบ Turnkey เมื่อก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใช้สถานที่ได้ทันทีโดยครุภัณฑ์จะใช้ของเดิมจากสำนักงานที่ปัจจุบันใช้งานอยู่ จัดซื้อเฉพาะที่ใช้กับห้องสัมมนา งานบริเวณและภูมิสถาปัตย์ ทั้งหมดจะใช้ต้นไม้เดิมที่มีอยู่ล้อมมาปลูกในที่ใหม่

งานทั่วไป	6,234,388.00	บาท
งานโครงสร้าง	13,476,930.00	บาท
งานสถาปัตยกรรม	14,676,065.00	บาท
งานระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง	9,448,000.00	บาท
งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	4,527,950.00	บาท
งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	4,242,419.00	บาท
รวม	52,605,752.00	บาท
ค่าดำเนินการและกำไรร้อยละ 15	7,890,862.80	บาท
รวมเป็นเงิน	**60,496,614.80**	**บาท**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงราคางานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง

Description	(Baht)			
	General Work	Structural	Architectural	Total
Zone 1 อาคาร N ห้องสมุด, ห้องประชุม	337,000	1,486,135	2,405,490	4,228,625
Zone 2 อาคาร W ห้องสัมมนา, Lobby	457,000	2,659,895	2,076,800	5,193,695
Zone 3 อาคาร S สำนักงาน 2 ชั้น	932,000	4,044,695	4,219,565	9,196,260
Zone 4 อาคาร E สำนักงานผู้บริหาร	683,000	2,997,665	3,466,560	7,147,225
Zone 5 ที่จอดรถผู้บริหาร, ห้องพักคนขับรถ	47,000	365,590	429,760	842,350
Zone 6 ห้องอาหาร	67,500	424,640	474,705	966,845
Zone 7 ถนนและหลังคา โรงจอดรถ	1,830,000	1,498,310	1,603,185	4,931,495
Zone 8 งานบริเวณ และอื่นๆ	1,880,888	-	-	1,880,880
รวม	**6,234,388**	**13,476,930**	**14,676,065**	**34,387,383**

ตารางที่ 4.4 แสดงราคางานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

Item	Description	Amount (Baht)		Total Amount (Baht)
		Material	Labor	
1	Main Equipment	1,985,000	238,200	2,223,200
2	Piping Work	993,250	192,750	1,186,000
3	Drain Work	232,000	82,500	314,500
4	Duct Work	113,000	12,750	125,750
5	Electrical System	213,000	30,000	243,000
6	Misc.	407,000	28,500	435,500
	Subtotal (1) – (6)			4,527,950

ตารางที่ 4.5 แสดงราคาระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

Item	Description	Amount (Baht)		Total Amount (Baht)
		Material	Labor	
1	MDB	2,150,000	245,000	2,395,000
2	Load Center Panel	270,000	39,000	309,000
3	Lighting System	2,745,370	830,810	3,576,180
4	Switch & Outlets	112,050	26,760	138,810
5	Fire Alarm System	1,459,320	135,945	1,595,265
6	Telephone System	678,025	124,790	802,815
7	MATV System	74,080	17,730	91,810
8	Lightning Protection System	194,400	25,500	219,900
9	Access Control System	91,405	2,950	94,355
10	CCTV System	52,965	1,900	54,865
11	การป้องกันไฟ และควันลาม (Fire Barrier)	150,000	20,000	170,000
	Subtotal (1) – (11)			**9,448,000**

ตารางที่ 4.6 แสดงราคาระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง

Item	Description	Amount (Baht)		Total Amount (Baht)
		Material	Labor	
1	Equipment	1,446,000	193,000	1,639,000
2	Water Supply System	167,150	79,688	246,838
3	Soil, Waste, Vent And Kitchen Waste System	469,607	226,428	696,035
4	Rain Leader System	525,722	239,574	765,296
5	Sanitary Fixtures Installation	-	29,400	29,400
6	Fire Protection System	692,509	173,341	865,850
	Subtotal (1) – (6)			**4,242,419**

4.2 การวิเคราะห์อาคารตามเกณฑ์ LEED

ทำการวิเคราะห์รูปแบบรายการอาคารกรณีศึกษา Baseline Building ตามเกณฑ์ LEED ทั้ง 7 หมวดงานและข้อย่อย (Credit) คำนวณหาสัดส่วนราคาที่เปลี่ยนแปลง ในกรณีที่รูปแบบรายการมีความจำเป็นต้องปรับปรุง (Proposed Design) ให้ผ่านเกณฑ์ LEED

ตารางที่ 4.7 แสดงการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ใช้อาคาร 8 ชม.Full-Time Equivalent (FTE)

Occupants	Persons		Person-Hrs/Day		Person-Hrs/Day		Hour/Day/FTE		FTEs (person)
Full-time	60	x	8	=	480	÷	8	=	60
Part-time	40	x	5	=	200	÷	8	=	25
Total FTE									85

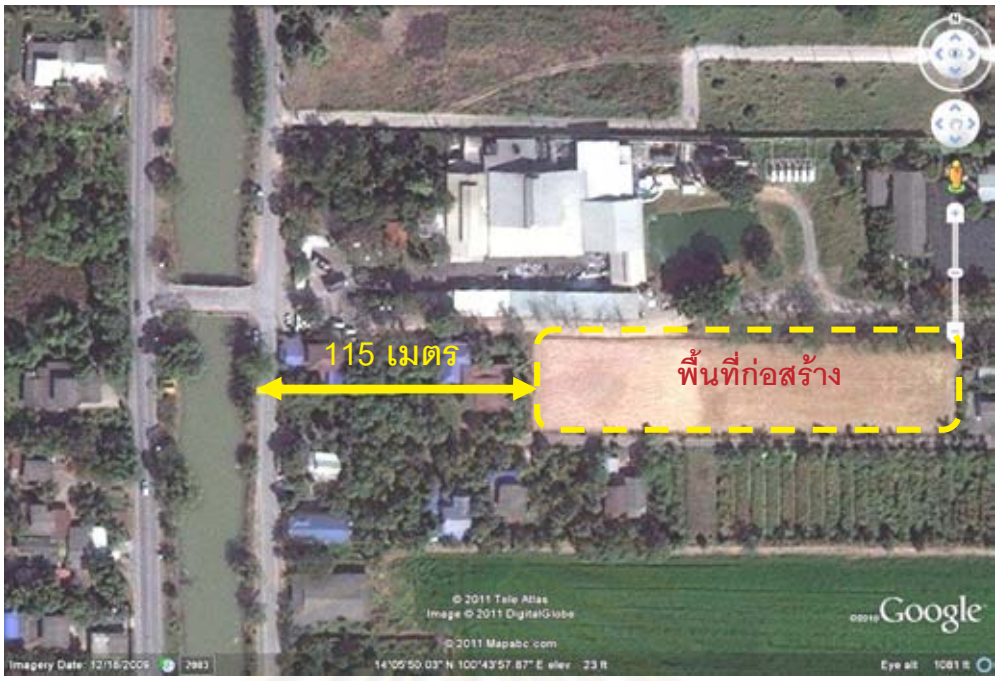
หมวดที่ 1 Sustainable Site (SS) 26 คะแนน

SS ข้อบังคับ 1 Construction Activity Pollution Prevention ดำเนินการลดผลกระทบจากการก่อสร้าง ผ่านการวางแผนและบริหารจัดการกับสถานที่ที่จะก่อสร้างและชุมชนใกล้เคียง การดำเนินการไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม เนื่องจากดำเนินการตามระเบียบกฎหมายควบคุมงานก่อสร้าง

SS Credit 1 Site Selection (1 คะแนน) กำหนดไม่ให้ก่อสร้างในระยะ 15 เมตร หรือ 50 ฟุต ห่างจากแหล่งน้ำ และไม่เป็นที่ลุ่มน้ำ แก้มลิง หรือขัดแย้งกับผังเมือง

ตารางที่ 4.8 แสดงพื้นที่ก่อสร้างอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ

เกณฑ์ LEED – SS Credit 1	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
• ห้ามก่อสร้างในระยะ 15 m (50 ft) จากแหล่งน้ำ	ห่าง 115 m	1	ไม่มี



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงพื้นที่ก่อสร้างอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ

SS Credit 2 Development Density and Community Connectivity (5คะแนน) กำหนดให้แสดงความหนาแน่นของชุมชนในพื้นที่ โดยแบ่งความหนาแน่นของขุมชนออกเป็น 2 ทางเลือกคือ 1. โครงการในเมือง แสดงพื้นที่อาคารเทียบกับบริเวณโดยรอบ ใช้ความหนาแน่นที่ 60,000 ตารางฟุตต่อ acre 2. แสดงการติดต่อกับชุมชนในรัศมี 800 เมตร (50 ไมล์) สำรวจบ้าน 10 หลังคาเรือนต่อ acre (4,050 ตารางเมตร หรือ 2.5 ไร่) และร้านค้าอย่างน้อย 10 ร้าน

ตารางที่ 4.9 แสดงการติดต่อกับพื้นที่ชุมชนหนาแน่น

เกณฑ์ LEED – SS Credit 2	**อาคารกรณีศึกษา**	**5 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1.พื้นที่ในเมือง	พื้นที่ก่อสร้างเป็นทุ่งโล่ง	-	-
2. พื้นที่ในรัศมี 800 m • มีชุมชนอยู่อย่างน้อย 10 หลังคาต่อ 1 acre (2.5 ไร่) • มีร้านค้าอย่างน้อย 10 ร้าน • มีทางเดินเชื่อมต่อระหว่างอาคารและร้านค้า	ไม่ได้ก่อสร้างในเมืองหรือพื้นที่ชุมชน จึงไม่เข้าเกณฑ์	-	-

SS Credit 3 Brownfield Redevelopment (1 คะแนน) สถานที่ก่อสร้างไม่เคยเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม หรือเป็นที่รกร้าง จึงมิได้อยู่ในเกณฑ์

SS Credit 4.1 Public Transportation Access (6 คะแนน) เพื่อลดมลพิษจากรถยนต์ กำหนดให้มีระบบขนส่งสาธารณะใกล้พื้นที่ก่อสร้าง

ตารางที่ 4.10 แสดงระบบขนส่งสาธารณะ

เกณฑ์ LEED – SS Credit 4.1	**อาคารกรณีศึกษา**	**6 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1.มีสถานีรถไฟในระยะ 800 m	-	-	-
2.มีป้ายรถเมล์ในระยะ 400 m จากประตูอาคารรถเมล์ผ่าน 1-2 สาย	ป้ายห่างจากอาคาร 210 m มีรถเมล์ 2 สาย รถร่วม 1 สาย	1	ไม่มี
3.ทางเดินรถจักรยานและทางเท้า	-	-	-

รูปที่ 4.12 ภาพแสดงระยะทางจากทางเข้าอาคารถึงป้ายรถประจำทาง

SS Credit 4.2 Bicycle Storage and Changing Room (1 คะแนน) กำหนดให้มีที่จอดจักรยานจำนวนร้อยละ 5 ของจำนวนผู้ใช้อาคาร และห้องอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้าจำนวนร้อยละ 0.50 ของจำนวนผู้ใช้อาคาร ทั้งนี้การคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร Full-Time Equivalent Occupancy (FTE) จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของผู้ใช้อาคาร 8 ชั่วโมงทั้งประจำและไม่ประจำ (ดูการคำนวณจากตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนที่จอดรถจักรยานและห้องอาบน้ำ

เกณฑ์ LEED – SS Credit 4.2	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
• ที่จอด 5% ของ 85 คน = 5 ที่ • ห้องอาบน้ำ 0.5% ของ 85 คน = 1	10 ที่จอดรถจักรยาน ใกล้ทางเข้าอาคาร 2 ห้อง และ Locker Room	1	ไม่มี

SS Credit 4.3 Low – Emitting and Fuel Efficient Vehicles (3 คะแนน) คำนวณหาที่จอดรถ Eco-Car จากร้อยละ 5 ของจำนวนที่จอดรถทั้งหมดจำนวน 40 คันหรือร้อยละ 3 จาก ผู้ใช้อาคารเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (FTE)

ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนที่จอดรถ Eco Car

เกณฑ์ LEED – SS Credit 4.3	**อาคารกรณีศึกษา**	**3 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. 5% ของที่จอดรถ 40 คัน = 2 ที่ หรือ ลดราคาที่จอดรถลง 20%	มีมากกว่า 2 ที่	1	ไม่มี
2. ติดตั้งอุปกรณ์เติมพลังงานสำหรับ Eco Car 3% ของที่จอดรถ 40 คัน	-	-	-
3. 3% ของผู้ใช้อาคาร 85 คน = 3 ที่	มีมากกว่า 3 ที่ (รวม 5 ที่)	1	ไม่มี
4. จัดหา Carpool โดยใช้รถ Eco Car 1 คันต่อ 267 คน	ปัจจุบันมีใช้อยู่แล้ว 3 คัน	1	ไม่มี

SS Credit 4.4 Parking Capacity (2 คะแนน) คำนวณหาที่จอดรถ Carpool จากร้อยละ 5 ของจำนวนที่จอดรถทั้งหมด

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนที่จอดรถ Carpool

เกณฑ์ LEED – SS Credit 4.4	**อาคารกรณีศึกษา**	**2 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. ที่จอดรถไม่เกินที่กฎหมายกำหนด และ 5% ของที่จอดรถ 40 คัน = 2 ที่	• ไม่เกินจากกฎหมาย (กทม.) 1 คัน ต่อ 60 m^2 • 3 ที่	2	ไม่มี
2. น้อยกว่า 5% ของผู้ใช้อาคาร 85 คน = 5 ที่ และลดราคาค่าจอดรถ	-	-	-
3. ไม่มีที่จอดรถ	-	-	-

SS Credit 5.1 Protect or Restore Habitat (1 คะแนน) กำหนดให้พื้นที่ร้อยละ 50 ของพื้นที่โล่งโครงการหรือร้อยละ 20 ของที่ดินโครงการเป็นพื้นที่สีเขียว โดยใช้ตัวเลขที่มากกว่าเป็นตัวกำหนดพื้นที่แบ่งเป็น 2 ทางเลือกคือ พื้นที่ๆ ยังคงสภาพคงเดิมอยู่ และพื้นที่ๆ ได้ถูกพัฒนาแล้ว อาคารกรณีศึกษาเลือกใช้กรณี 2 จัดทำพื้นที่โล่งที่ไม่ใช่ถนน เพื่อปลูกพรรณไม้และจัดทำเป็นพื้นที่สีเขียว

ตารางที่ 4.14 แสดงการคำนวณหาพื้นที่สีเขียว

พื้นที่ (m^2)							
โครงการ	Footprint		**โล่ง**		%		พื้นที่สีเขียว
5,600	1,515	=	4,085	x	0.5	=	2,042.50
5,600	-	=	5,600	x	0.2	=	1,120.00

ก) พื้นที่สีเขียว ของอาคารกรณีศึกษาที่สามารถปลูกต้นไม้ได้และไม่ใช่ถนน

สนามจัดสวน	1,045	ตารางเมตร
ข้างทางเดินหน้าที่จอดรถ	105	ตารางเมตร
บ่อน้ำ	387	ตารางเมตร
สนามหญ้ากลางอาคาร	390	ตารางเมตร

ด้านหลังอาคาร S	144	ตารางเมตร
รวม	2,071	ตารางเมตร

ข) โครงการมีพื้นที่ภูมิสถาปัตย์มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ก่อสร้าง

ค) ดำเนินการเปลี่ยนสนามหญ้ากลางอาคารให้เป็นพื้นที่ปลูกพรรณไม้ เนื่องจากหญ้าไม่สามารถคิดในเกณฑ์นี้ได้ ค่าดำเนินการปลูกต้นไม้ในส่วนนี้ไม่กระทบงบประมาณ

ตารางที่ 4.15 แสดงพื้นที่ตามสภาพเดิมหรือพื้นที่สีเขียว

เกณฑ์ LEED – SS Credit 5.1	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1.พื้นที่ไม่ได้พัฒนา ไม่ก่อสร้างในระยะดังนี้ • 40 ft. จากตัวอาคาร • 10 ft. จากทางเดิน • 15 ft. จากถนน • 25 ft. จากพื้นที่เป็นแก้มลิง	-	-	-
2.พื้นที่พัฒนาแล้ว จัดหาพื้นที่สีเขียว หรือคงสภาพพื้นที่เดิม • อย่างน้อย 50% ของพื้นที่โล่ง (4,085 m^2) = 2,042.50 m^2 • หรืออย่างน้อย 20% ของที่ดิน (5,600 m^2) = 1,120 m^2 (เลือกตัวเลขที่มากกว่า)	มีพื้นที่ปลูกพรรณไม้รวม 2,071 m^2	1	ไม่มี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SS Credit 5.2 Maximize Open Space (1 คะแนน) จัดทำพื้นที่โล่งให้มากที่สุด โดยแบ่งเป็น 3 ทางเลือก อาคารกรณีศึกษาสามารถดำเนินการได้ในกรณีที่ 1 คือมีพื้นที่โล่งมากกว่าร้อยละ 25 ของสัดส่วนที่กฎหมายท้องถิ่นกำหนดไว้ โครงการอาคารกรณีศึกษามีพื้นที่ 5,600 ตารางเมตร พื้นที่โล่งตามกฎหมายร้อยละ 10 คิดเป็นพื้นที่ 560 ตารางเมตร

ตารางที่ 4.16 แสดงพื้นที่เปิดโล่ง

เกณฑ์ LEED – SS Credit 5.2	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
1. พื้นที่ๆ มีกฎหมายบังคับให้มีพื้นที่โล่ง • 25% มากกว่ากฎหมายบังคับ 560 x 125% = 700 m^2	• 2,071 m^2 ตาม SS Credit 5.1	1	ไม่มี
2. พื้นที่นอกกฎหมายบังคับ • พื้นที่เท่ากับพื้นที่อาคาร	-	-	-
3. ไม่มีกฎหมายบังคับให้มีพื้นที่โล่ง • 20% ของพื้นที่โครงการ	-	-	-

SS Credit 6.1 Stormwater Design - Quantity Control (1 คะแนน) การดำเนินการขึ้นอยู่กับสภาพผิวและการอุ้มน้ำของพื้นโครงการ โดยกำหนดเกณฑ์ที่มากหรือน้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ อาคารกรณีศึกษาใช้ทางเลือกที่ 1 สำหรับสถานที่ๆ มีพื้นผิววัสดุไม่ระบายน้ำ (Imperviousness) น้อยกว่าร้อยละ 50 คิดจากพื้นที่โครงการ และแสดงการจัดการน้ำไม่ให้อุ้มและท่วมพื้นที่ โดยใช้หลังคาอาคารในการรวบรวมน้ำฝนไหลสู่บ่อน้ำ (Pond 1) และสูบน้ำขึ้นมาใช้รดน้ำต้นไม้เป็นประจำ หรือบางส่วนอาจผ่านระบบกรองตะกอนและใช้ในระบบชำระล้างในห้องน้ำ

คำนวณความเร็วน้ำฝนลงบ่อน้ำและหาระยะเวลาที่น้ำจะเต็มบ่อน้ำ โดยคำนวณจากสมการดังนี้ [11]

คำนวณปริมาณน้ำฝนบนหลังคาอาคาร $V_r\ (ft^3) = \frac{(P)\ (Rv)\ (A)}{12"}$

V = Volume of captured runoff

P = avg. rainfall (inch)

R_v = 0.05 + (0.009) (I) Runoff Coefficients

A = area collection surface (ft^2)

ก) พื้นที่หลังคา 1,700 ตารางเมตร (18,300 ตารางฟุต) เป็นหลังคาโลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การไม่ซึมผ่านร้อยละ 100 คือ I = 100 และถูกออกแบบให้รับน้ำฝนได้ 1.2 นิ้ว

ข) $V_r = \frac{(1.2")((0.05+(0.009)(100))(18{,}300\ ft^2)}{12"}$

$= \frac{(1.2")(0.95)(18{,}300\ ft^2)}{12"}$

$= 1{,}738.50\ ft^3$ หรือ $49.23\ m^3/min$

ค) สระน้ำขนาด 20 x 20 ลึก 3 เมตร รับน้ำได้ 1,161 ลูกบาศก์เมตร

ง) Drawdown Rate คำนวณหาความเร็วน้ำฝนเต็มบ่อภายใน 24 ชม. โดย

$\frac{\text{ปริมาณน้ำในบ่อ}}{24\ hr \times 60 \times 60} = \frac{1{,}160\ m^2}{86{,}400\ sec} = 0.0135\ m^3/min$

หรือ $0.0135\ m^3/sec \times 60 = 0.81\ m^3/min$

$\frac{\text{น้ำฝนจากหลังคา}}{\text{Drawdown Rate}} = \frac{49.23}{0.81} = 60\ hr.$

ตารางที่ 4.17 แสดงการจัดการการระบายน้ำฝนในโครงการ

เกณฑ์ LEED – SS Credit 6.1	**อาคารกรณีศึกษา**	1 **คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. ไม่เกิน 50% ของพื้นที่พื้นผิวไม่ซึมน้ำ • แสดงการจัดการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำท่วมภายใน 24 ชม. หรือ • แสดงการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำกัดเซาะทางน้ำ	• 30% เป็นพื้นที่ผิวไม่ซึมน้ำ (หลังคา = 1,700 m^2) • Drawdown Rate = 0.81 m^3/min • บ่อน้ำขนาด 1,160 m^3 • บ่อรับน้ำฝนต่อเนื่องได้ 60 ชั่วโมง	1	ไม่มี
2. มากกว่า 50% ของพื้นที่เป็นพื้นที่ผิวไม่ซึมน้ำ • แสดงการจัดการการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำท่วมภายใน 24 ชม. – 25%	-	-	-

SS Credit 6.2 Stormwater Design – Quality Control (1 คะแนน) กำหนดให้น้ำที่เก็บในบ่อน้ำก่อนใช้จะต้องแยกตะกอนออกให้ได้คุณภาพอย่างน้อยร้อยละ 80 ของ Total Suspended Solids (TSS) ตามวิธี Best Management Practice (BMP) ทั้งนี้น้ำที่ไหลผ่านดินถือว่ามีระบบกรองตามธรรมชาติ ซึ่ง LEED ยอมรับให้อยู่ในเกณฑ์ สำหรับอาคารกรณีศึกษาน้ำที่ไหลในท่อระบายน้ำฝนและบ่อเก็บน้ำ โดยทั่วไปจะใช้สำหรับรดน้ำต้นไม้ แต่เมื่อจะใช้กับสุขภัณฑ์ในห้องน้ำ จะต้องนำน้ำมากรองผ่านถังทรายก่อน เพื่อให้ได้เกณฑ์ร้อยละ 80 TSS อาคารกรณีศึกษาได้รวมรายการค่าใช้จ่ายระบบปั๊มและท่อน้ำเพื่อใช้น้ำจากบ่อกับงานบริเวณและพื้นที่สีเขียว ส่วนงานกรองน้ำด้วยถังทราย และอุปกรณ์ตระแกรง จะเป็นราคาเพิ่มประมาณ 20,000 บาท

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดตะกอน Total Suspended Solids (TSS)

	Average TS Removal	Probable Rage of TSS Removal	Factors to Consider
Effectiveness of Managment Practices for Total Suspended Solids Removal from Runoff			
Infiltration Basin	75%	50 - 100%	soil percolation rates, trench surface area, stoarge volumes
Infiltration Trench	75%	50 - 100%	soil percolation rates, trench surface area, stoarge volumes
Vegetated Filter Stip	65%	40 - 90%	runoff volume, slope, soil infiltration rate
Grass Swale	60%	20 - 40%	runoff volume, slope, soil infiltration rates, vegetative cover, buffer length
Porous Pavement	90%	60 - 90%	percolation rates, storage volume
Open Grid Pavement	90%	60 - 90%	percolation rates
Sand Filter Infiltration Basin	80%	60 - 90%	treatment volume, filtration media
Water Quality Inlet	35%	10 - 35%	maintenance, sedimentation storage volume
Water Quality Inlet with Sand Filter	80%	70 - 90%	sedimentation storage volume, depth of filter media
Oil/Grit Separator	15%	10 - 25%	sedimentation storage volume, outlet configuration
Extended Dentention Dry Pond	45%	5 - 90%	storage volume, dentention time, pond shape
Wet Pond	60%	50 - 90%	pool volume, pond shape
Extended Dentention Wet Pond	80%	50 - 90%	pool volume, pond shape, detention time
Constructed Stormwater Wetlands	65%	50 - 90%	storage volume, detention time, pool shape, wetland's biota, seasonal variation

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 104

ตารางที่ 4.19 แสดงการจัดการคุณภาพน้ำฝนในโครงการ

เกณฑ์ LEED – SS Credit 6.2	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
• กรองน้ำฝนที่จะนำมาใช้ให้ได้คุณภาพ 80% TSS	• ตกตะกอนตามธรรมชาติมนบ่อน้ำ 60% • กรองน้ำผ่านแผ่นกรองและถังทราย 80%	1	20,000

SS Credit 7.1 Heat Island Effect – Non Roof (1 คะแนน) ทางเลือก 1 ดำเนินการให้ร่มเงาในพื้นที่อย่างน้อยร้อยละ 50 ของพื้นที่ๆ เป็น Hardscape อาคารกรณีศึกษาจัดให้มีร่มเงาคลุมพื้นที่ภายใน 5 ปี โดยจะทำการปลูกต้นไม้ใหญ่ก่อนที่ผู้ใช้อาคารจะทำการ ติดตั้งระแนงไม้เลื้อยระหว่างทางเดินที่จอดรถและอาคารสำนักงาน และบริเวณที่จอดรถพื้นปูบล็อกรู ทางเลือก 2 พื้นที่จอดรถร้อยละ 50 มีหลังคาคลุมเพื่อให้ร่มเงา

ตารางที่ 4.20 แสดงการลดสภาวะปรากฏการณ์ความร้อนโดยไม่ใช้หลังคา

เกณฑ์ LEED – SS Credit 7.1	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. 50% ของพื้นที่ Hardscape ให้ร่มเงาโดย • ปลูกต้นไม้ให้ได้ร่มเงาใน 5 ปี ก่อนผู้ใช้อาคารเข้าใช้งาน • ใช้ Solar Panel • ติดตั้งระแนงที่มี SRI อย่างน้อย 29 • พื้น Hardscape SRI อย่างน้อย 29 • ใช้ Pavement ที่ระบายน้ำได้อย่างน้อย 50%	• ปลูกต้นไม้และไม้เลื้อยระหว่างทางเดิน • พื้นถนน SRI = 35 • ใช้อิฐบล๊อคที่มีรูบริเวณที่จอดรถ	1	ไม่มี
2. 50% ของพื้นที่ๆ จอดรถมีหลังคา • ที่มี SRI อย่างน้อย 29 • ไม้เลื้อย • Solar Panel	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (SRI) ของวัสดุปูพื้น

Material	Emissivity	Reflectance	SRI
Typical new gray concrete	0.9	0.35	35
Typical weathered* gray concrete	0.9	0.20	19
Typical new white concrete	0.9	0.7	86
Typical weathered* white concrete	0.9	0.4	45
New asphalt	0.9	.05	0
Weathered asphalt	0.9	.10	6
* Reflectance of surfaces can be maintained with cleaning. Typical pressure washing of cementitious materials can restore reflectance close to original value. Weathered values are based on no cleaning.			

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 112

SS Credit 7.2 Heat Island Effect – Roof (1 คะแนน) ดำเนินการจากทางเลือก 1 ซึ่งกำหนดให้ร้อยละ75 ของวัสดุหลังคาทั้งหมดที่มีค่า SRI มากกว่า 78 สำหรับหลังคาลาดเอียงต่ำ (น้อยกว่า 2:12) โดยหลังคาในโครงการทั้งหมดเป็นหลังคาโลหะ (Metal Sheet) เคลือบสีขาวมีค่า SRI 82 ซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่และค่า SRI มากกว่าที่กำหนด

ตารางที่ 4.22 แสดงการลดสภาวะปรากฏการณ์ความร้อนโดยใช้หลังคา

เกณฑ์ LEED – SS Credit 7.2	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
1. 75% ของหลังคาทั้งหมดมี SRI = 78	• 97% หลังคาโลหะ 1,700 m^2 SRI=82 • 3% พื้นระเบียง 50 m^2 SRI = 25	1	ไม่มี
2. 50% ของหลังคาทั้งหมดปลูกไม้เลื้อย	-	-	-
3. 75% ของหลังคาทั้งหมดมี SRI = 78 (วัสดุขาว) และ 5% ของหลังคาทั้งหมดปลูกไม้เลื้อย	-	-	-

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ SRI หลังคาโลหะ

SRI Values for Solar Infrared Temperatures	Solar Reflectance	Infrared Emittance	Temperature Rise	SRI
Gray EPDM	0.23	0.87	68°F	21
Gray asphalt shingle	0.22	0.91	67°F	22
Unpainted cement tile	0.25	0.9	65°F	25
White granular surface bitumen	0.26	0.92	63°F	28
Red clay tile	0.33	0.9	58°F	36
Light gravel on built-up roof	0.34	0.9	57°F	37
Aluminum coating	0.61	0.25	48°F	50
White-coated gravel on built-up roof	0.65	0.9	28°F	79
White coating on metal roof	0.67	0.85	28°F	82
White EPDM	0.69	0.87	25F	84
White cement tile	0.73	0.9	21F	90
White coating, 1 coat, 8 mils	0.8	0.91	14F	100
PVC white	0.83	0.92	11F	104
White coating, 2 coats, 20 mils	0.85	0.91	9F	107
Source: Lawrence Berkeley National Laboratory Cool Roofing Materials Database. These values are for reference only and are not for use as substitutes for actual manufacturer data.				

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 122

SS Credit 8 Light Pollution Reduction (1 คะแนน) ดำเนินการงานระบบภายในอาคารข้อ 1 หรือ 2 และภายนอกอาคารกำหนดให้ลดการใช้แสงสว่างอย่างน้อยร้อยละ 50 ในช่วงเวลา 23.00 น. – 5.00 น. โดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการปิด/เปิดอัตโนมัติ เพื่อควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับแสงสว่างภายนอกอาคาร ให้หลีกเลี่ยงการส่องแสงขึ้นฟ้า โดยโคมไฟที่ติดตั้งสูง จะต้องส่องแสงลงพื้นเท่านั้น อาคารกรณีศึกษาดำเนินการตามพื้นที่ก่อสร้างใน Zone LZ2 ซึ่งใช้กับที่อยู่อาศัยอุตสาหกรรมขนาดเล็กและ Mix use

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 แสดงการลดการรบกวนจากแสงสว่าง

เกณฑ์ LEED – SS Credit 8	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา
1.ลดแสงไฟอย่างน้อย 50% บริเวณหน้าต่าง ภายในอาคารช่วงเวลา 23.00 น.–5.00 น.	• มีระบบปิด/เปิดไฟอัตโนมัติในอาคาร ยกเว้นอาคาร N เนื่องจากไม่มีหน้าต่างตรงสู่ภายนอก	1	ไม่มี
2. ติดตั้งบานเกร็ดบังแดดแบบปรับอัตโนมัติ ช่วงเวลา 23.00 น.–5.00 น.	-	-	-
• Lighting power densities ตาม ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007 LZ1= Park, LZ2 = Low LZ3 = Medium LZ4 = High	• ดำเนินการตามข้อกำหนด LZ2	-	-

หมวดที่ 2 Water Efficiency (WE) 10 คะแนน

WE ข้อบังคับ 1 ลดการใช้น้ำประปาร้อยละ 20 โดยการติดตั้งอุปกรณ์ก๊อกน้ำและสุขภัณฑ์รุ่นประหยัดน้ำที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนนี้ได้ดำเนินการในงบประมาณก่อสร้าง Baseline Building แล้ว โดยอุปกรณ์มีเอกสารรับรองคุณสมบัติจากผู้ผลิต ราคาอุปกรณ์ก๊อกน้ำและสุขภัณฑ์รุ่นประหยัดน้ำร้อยละ 20 มีราคาใกล้เคียงกับรุ่นธรรมดา

WE Credit 1 Water Efficient Landscaping (2-4 คะแนน) กำหนดลดการใช้น้ำประปาร้อยละ 50 (2 คะแนน) หรือไม่ใช้น้ำประปาในการรดน้ำต้นไม้และพื้นที่สีเขียว อาคารกรณีศึกษาใช้ทางเลือก 2 โดยนำน้ำฝนจากบ่อน้ำมาใช้ในงานบริเวณและภูมิสถาปัตย์

ตารางที่ 4.25 แสดงการใช้น้ำประปาในส่วนภูมิสถาปัตย์และบริเวณ

เกณฑ์ LEED – WE Credit 1	อาคารกรณีศึกษา	4 คะแนน	ราคา (บาท)
1.ลดการใช้น้ำประปา 50%		4	ไม่มี
2. ไม่ใช้น้ำประปาบริเวณภูมิสถาปัตย์ โดยใช้น้ำจาก • น้ำฝนและรีไซเคิลน้ำซักล้าง • น้ำที่บำบัดแล้วจากที่อื่นหรือปลูกพรรณไม้ที่ไม่ต้องการน้ำมาก	• ไม่ใช้น้ำประปาบริเวณภูมิสถาปัตย์ • ใช้น้ำจากบ่อน้ำ (Captured rain water) • ปลูกต้นไม้เป็นโซนและเลือกพรรณไม้ที่ไม้ต้องการดูแลมาก	-	-

WE Credit 2 Innovative Wastewater Technologies (2 คะแนน) กำหนดลดการใช้น้ำประปาร้อยละ 50 จากการใช้น้ำตามปกติในห้องน้ำและอาคาร หรือนำน้ำเสียที่บำบัดได้ปริมาณร้อยละ 50 มาใช้ใหม่ อาคารกรณีศึกษาดำเนินการทางเลือก 1 โดยจะนำน้ำฝนจากบ่อเก็บน้ำผ่านการกรองด้วยทราย แล้วนำมาใช้ในห้องน้ำและที่ซักล้าง ทั้งนี้จะต้องทำการแยกระบบท่อน้ำดีเป็น 2 ชุด เพื่อแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำจากบ่อน้ำไปสู่สุขภัณฑ์ โดยใช้งบประมาณ 12,000 บาท น้ำที่ใช้ซักล้างแล้ว (Gray Water) ไปรดน้ำต้นไม้ในบริเวณใกล้เคียง

ตารางที่ 4.26 แสดงนวัตกรรมลดการใช้น้ำประปาในอาคาร

เกณฑ์ LEED – WE Credit 2	อาคารกรณีศึกษา	2 คะแนน	ราคา (บาท)
1. ลดการใช้น้ำประปาในการชำระล้างในอาคาร 50% • โดยติดตั้งก๊อกน้ำและสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ • ใช้น้ำฝน น้ำรีไซเคิล	• ใช้น้ำฝนจากบ่อน้ำผ่านการกรองน้ำจากถังทรายให้ได้ 80% TSS เพื่อใช้กับห้องน้ำและการซักล้าง	2	12,000
2. บำบัดน้ำเสีย 50% และนำมาใช้ในอาคาร	-	-	-

WE Credit 3 Water Use Reduction (2-4 คะแนน) กำหนดให้ลดการใช้น้ำประปาในอาคารให้ได้ร้อยละ 30, 35 และ 40 อาคารกรณีศึกษาไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจากลดการใช้ร้อยละ 30, 35 และ 40 มีข้อจำกัดในการใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ น้ำที่นำมาใช้จะต้องได้คุณภาพเทียบเท่ากับน้ำประปา มิฉะนั้นอุปกรณ์จะชำรุดอุดตัน เป็นปัญหาในการซ่อมบำรุงภายหลัง

หมวดที่ 3 Energy and Atmosphere (EA) 35 คะแนน

EA ข้อบังคับ 1 Fundamental Commission of Building Energy System กำหนดให้โครงการที่มีพื้นที่อาคารน้อยกว่า 4,045 ตารางเมตรหรือ 50,000 ตารางฟุตหรือสามารถจัดหาเจ้าหน้าที่ Commissioning Authority (CxA) ในกลุ่มทำงานโครงการมาเป็นที่ปรึกษาและจัดการตรวจสอบด้านพลังงานในหมวดงานนี้ได้ อาคารกรณีศึกษามีพื้นที่โครงการ 5,600 ตารางเมตร พื้นที่อาคารรวม 2,240 ตารางเมตร จึงเข้าเกณฑ์ดังกล่าวโดยไม่จำเป็นต้องจัดหาเจ้าหน้าที่นอกโครงการที่มีประสบการณ์ตรวจสอบงานระบบอย่างน้อย 2 โครงการ กรณีจัด

จ้าง CxA จากภายนอกโครงการ โดยดำเนินการแบบไม่ประจำ เดือนละ 45,000 บาท รวมเป็นเงิน 900,000 บาท เพื่อตรวจสอบงานในช่วงการออกแบบก่อสร้างและ 6 เดือนหลังจากส่งมอบอาคาร

EA ข้อบังคับ 2 Minimum Energy Performance เนื่องจากอาคารกรณีศึกษามีพื้นที่ปรับอากาศ 1,094 ตารางเมตร สามารถเลือกดำเนินการได้ 2 ทางคือ ทางเลือก 1 Whole Building Energy Simulation (จำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์) แสดงผลการใช้พลังงานใน Proposed Design ให้ได้ดีกว่า Baseline Building ร้อยละ 10 (Baseline Building = ASHRAE 90.1 – 2007) หรือใช้ทางเลือก 2 ASHRAE Advanced Energy Design Guide for Small Office Building 2004 (คำนวณ) ในการแสดงการใช้พลังงานขั้นต่ำสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ปรับอากาศไม่เกิน 1,850 ตารางเมตร ซึ่งหัวข้อนี้จะเป็นงานเดียวกับ EA Credit 1 Optimize Energy Performance ประเทศไทยตั้งอยู่ในโซน 1 ใช้ตาราง Climate Zone 1 Recommendation Table 5.5-1 (ภาคผนวก ก-1)

เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาใช้ระบบปรับอากาศเป็น Split Type ทั่วไป โดยเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีความสามารถในการทำงานทั่วไปที่สูงสุด 36,000 BTU/hr หรือ 3 ตัน ส่วนเครื่องที่มี BTU สูงกว่านี้จะต้องจัดทำเป็นพิเศษ พื้นฐานของระบบปรับอากาศดังกล่าวไม่ประหยัดพลังงาน ประกอบกับสารทำความเย็นที่ใช้เป็นแบบ CFC R-22 ซึ่งจะไม่ผ่านเกณฑ์ EA ข้อบังคับ 3 (ไม่ใช้สารทำความเย็น CFC) เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ 2 และ 3 อาคารกรณีศึกษาจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนระบบปรับอากาศ โดยในเบื้องต้นได้จัดทำข้อเปรียบเทียบพื้นฐานระบบปรับอากาศไว้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบพื้นฐานระบบปรับอากาศ

Description	Air Cooled Split Type	VRV System	Air Cooled Chiller
Estimated total cooling load (Tons)	80	80	80
Estimated average cooling load(Tons)	72	60	60
Power consumption (KW/tons)	1.4	1.20	1.25
Total power consumption (KW/hour)	101	72	75
Operating time per day (Office hour)	8	8	8
Total power consumption per day	806	576	600
Operating cost (Bath/KW/hour)	3	3	3
Operating cost per day (Bath)	2,419	1,728	1,800
Operating day per month	30	30	30
Operating month per year	12	12	12
Operating cost per year (Bath)	870,912	622,080	648,000
Comparison operating cost with air cooled split type (Bath/1 year)	0	-248,832	-222,912
Estimated construction cost (Bath/tons)	25,000	42,500	50,000
Estimated construction cost (Bath)	2,000,000	3,400,000	4,000,000
Comparison construction cost with air cooled split type (Bath)	0	1,400,000	2,000,000
Simple payback period compared with air cooled split type (Year)	-	5.6	8.9

จากการพิจารณาเปรียบเทียบพื้นฐานระบบปรับอากาศภาระการทำความเย็น 80 ตัน ระบบ DX Coil หรือ Split Type กับระบบ Variable Refrigerant Volume (VRV) และระบบ Chiller พบว่าการใช้พลังงานในระบบ VRV ใช้น้อยกว่าร้อยละ 28 และ Chiller ใช้น้อยกว่าร้อยละ 25 ส่งผลให้ค่าไฟฟ้ามีค่าใช้น้อยลง การเปลี่ยนระบบเป็น VRV มีค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวเครื่องร้อยละ 70 และอื่นๆ รวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 83 และ Chiller ร้อยละ 100 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ข-3 และ ข-4)

กรณีการใช้ระบบ Split Type แต่เปลี่ยนสารทำความเย็นจาก HCFC-R-22 เป็น HFC-134a จะต้องสั่งผลิตเครื่องและอุปกรณ์พิเศษจากผู้ผลิต เนื่องจากไม่เป็นที่นิยมในท้องตลาด

การเปลี่ยนเครื่องระบบ Split Type R22 เป็นเครื่อง Split Type 134a จะมีราคาค่าอุปกรณ์หลัก (Main Equipment) เพิ่มร้อยละ 90 และสารทำความเย็นเพิ่มอีกร้อยละ 30 ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงกว่าระบบ VRV และการใช้พลังงานไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม จึงสามารถสรุปเปลี่ยนระบบปรับอากาศจาก Split Type เป็นระบบ VRV โดยมีค่าใช้จ่ายอุปกรณ์หลักเพิ่มจากงบประมาณก่อสร้างโครงการตามราคาค่าก่อสร้าง (BOQ) เดิมดังนี้

ราคาอุปกรณ์หลักงานระบบปรับอากาศ

Slit Type HCFC R-22	1,985,000 บาท
VAV System HFC R-134a	3,374,500 บาท
ราคาแตกต่าง	1,389,500 บาท

ราคาเพิ่มคิดเป็นประมาณร้อยละ 70

การแสดงผลการใช้พลังงานตาม EA ข้อกำหนด 2 จากทางเลือก 1 Whole Building Energy Simulation กำหนดให้การใช้พลังงานในอาคารมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 10 ดีกว่า ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007 Sections 5.4 Building Envelope (Insulation, Fenestration & Door, Air Leakage), 6.4 Heating Ventilating and air Conditioning, 7.4 Service Water Heating, 8.4 Power, 9.4 Lighting, 10.4 Other Equipment

วัสดุที่ใช้ตามหัวข้อเปลือกอาคาร (Section 5.4 Building Envelope) ให้เป็นไปตาม Table 5.5.1 Climate Zone 1 ประเทศไทย (ดูภาคผนวก ก-1 ระบบ SI) อาคารที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย

ตารางที่ 4.28 แสดงข้อกำหนดค่า U ของเปลือกอาคาร

Elements	Requirement		Baseline	Proposed
	Max	Min		
Roof - Metal Building	U-0.369	R-3.3	U-0.38 Emissivity 0.9	U0.27 Emissivity 0.9
Wall - Mass	U-3.293	-	U-0.4 ผนัง Concrete	
Floor - Mass	U-1.825	-	U-0.14 Concrete Slab	
Fenestration 40% of wall	Max U-6.81	Max SHGC 0.25	U-5.11 SHGC 0.25 Single Ref. 6mm	

ที่มา: ANSI/ASHRAE Standard 90.1 – 2004 (2007) หน้า 41

การจำลองสภาพอาคารในโปรแกรม Visual DOE เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารระหว่างอาคาร Baseline ออกแบบตามข้อกำหนด ASHARE 90.1 – 2007 และ Proposed Design ตามแนวทาง LEED โดยจำลองสภาพอาคารในโปรแกรมทั้ง 2 กรณีดังนี้

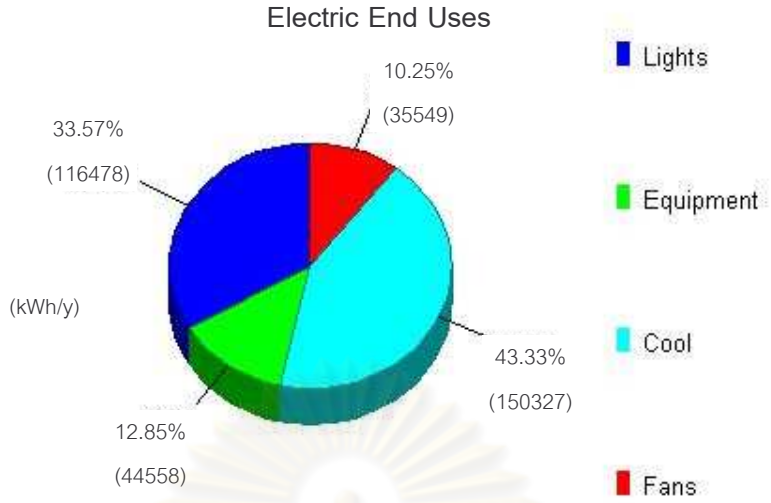
ตารางที่ 4.29 แสดงรายการเพื่อใช้คำนวณในโปรแกรมจำลองสภาพอาคาร

Baseline Building	Proposed Design
• ไม่คำนวณการให้ร่มเงา (Shading) ทั้งภายในและภายนอกอาคาร	• คำนวณกันสาดและอุปกรณ์บังแดด ที่ติดตั้งกับตัวอาคาร และที่เป็นระบบอัตโนมัติ
• ค่าสะท้อนแสงอาทิตย์ Reflectivity 0.30	• ใช้หลังคาที่มีสีสว่าง (ขาว) Reflectivity 0.45 SRI มากกว่า 0.70 Emission 0.75
• ไม่คำนวณอุปกรณ์ควบคุมระบบเปิดปิดไฟแสงสว่างแบบอัตโนมัติ	• รวมอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่าง
• คำนวณการทำงานของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 จากการใช้งาน	• คำนวณการทำงานระบบปรับอากาศ ตามการใช้งานจริง

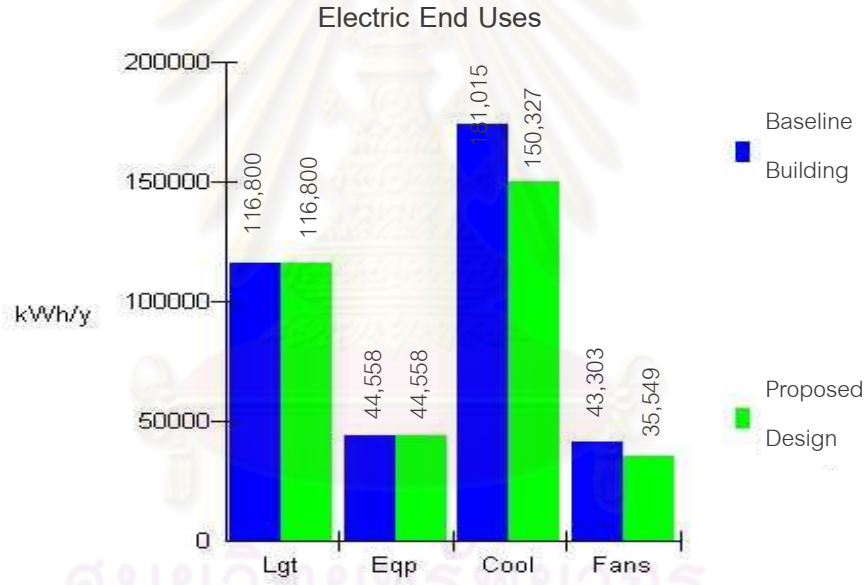
ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคาร

	ค่าพลังงาน/ปี (kWh/y)	**ค่าไฟฟ้า/ปี @ 3 บาท/kWh/y**
Baseline (ASHRAE 90.1 – 2007)	385,676	1,157,028 บาท
Proposed Design 10%	346,912	1,040,736 บาท
การประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี	38,764	116,292 บาท
Proposed Design ประหยัดได้		10.05%
Proposed Design และร่มเงาต้นไม้	343,956	1,031,868 บาท
พลังงานที่ลดได้จากร่มเงาต้นไม้		1%

หมายเหตุ: ไม่ได้คำนวณการใช้พลังงานระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น 15%



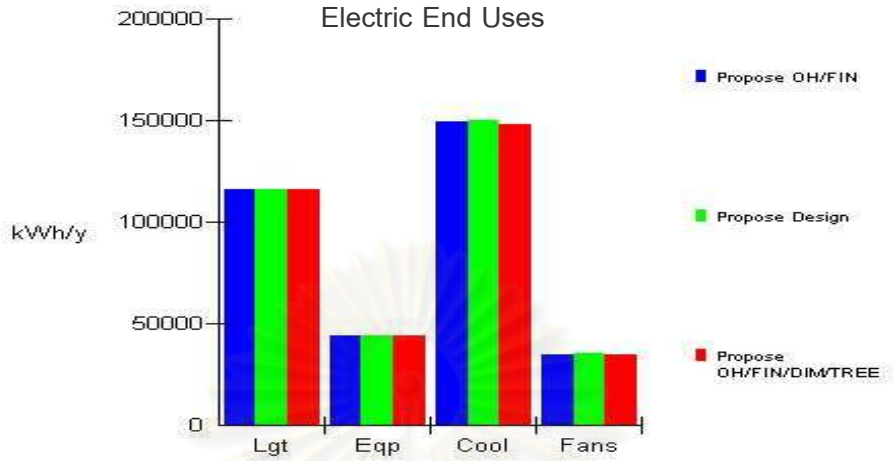
รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร Proposed Design



รูปที่ 4.14 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่าง Baseline Building และ Proposed Design

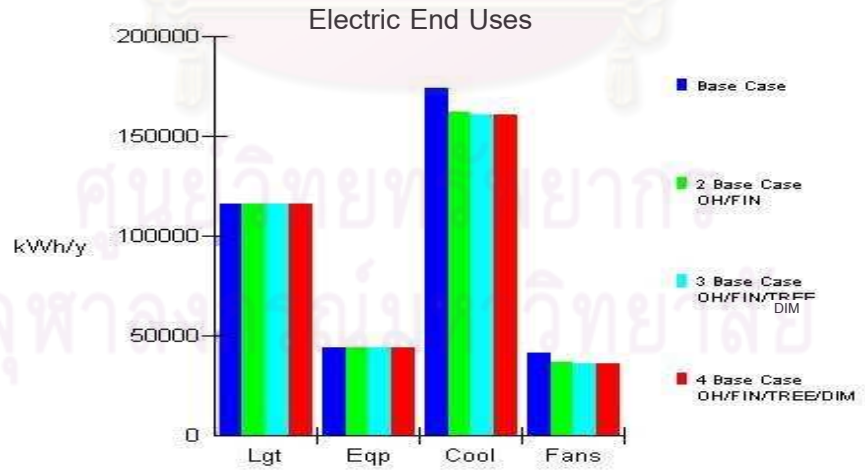
จากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารตามข้อกำหนด ASHRAE 90.1.2007 และกรณีพัฒนาให้ได้ตามเกณฑ์ LEED EA ข้อบังคับ 2 การป้องกันความร้อนไม่ให้ผ่านเข้าอาคารจากกระจกหน้าต่างและหลังคา โดยใช้หลังคาที่มีค่า SRI สูงและเพิ่มฉนวนหลังคา รวมทั้งติดตั้งกันสาดและระแนงภายนอกหน้าต่าง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ร้อยละ 10 ทั้งนี้การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ในอาคารกรณีศึกษาพบว่าไม่มีผลต่อการประหยัดพลังงานและยังทำให้เพิ่มการใช้พลังงานขึ้นร้อยละ 0.3 ต่อปี แต่การ

ที่อาคารได้รับร่มเงาจากต้นไม้ จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร Proposed Design ได้ประมาณร้อยละ 1 ต่อปี



รูปที่ 4.15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบกรณีติดตั้งกันสาด อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า และร่มเงาต้นไม้อาคาร Proposed Design

เมื่อพิจารณาเฉพาะอาคาร Baseline การติดตั้งกันสาดและระแนงจะลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 6.60 ต่อปี ซึ่งแตกต่างจากกรณี Proposed Design การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่ได้ส่งเสริมในการประหยัดพลังไฟฟ้า แต่เป็นการควบคุมให้ระบบการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้อาคาร



รูปที่ 4.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบกรณีติดตั้งกันสาด อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า และร่มเงาต้นไม้อาคาร Baseline

หมายเหตุ OH = ติดตั้งกันสาด FIN = ระแนงกันแดดภายนอกอาคาร
DIM = อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง TREE = ร่มเงาต้นไม้

EA ข้อบังคับ 3 – Fundamental Refrigerant Management ดำเนินการโดยไม่ใช้สารทำความเย็น Chlorofluorocarbon (CFC) ในระบบปรับอากาศ และใช้ Hydrofluorocarbons (HFC) แทน อาคารกรณีศึกษาดำเนินการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจาก Split Type-R22 เป็น VRV-134a ใน EA ข้อบังคับ 2

EA Credit 1 Optimize Energy Performance (1-19 คะแนน) กำหนดแสดงการใช้พลังงานในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่ร้อยละ 12 ถึงร้อยละ 48 โดย Baseline Building มีประสิทธิภาพการทำงานตามข้อกำหนด ASHRAE 90.1 – 2007 อาคารกรณีศึกษาไม่ได้ดำเนินการในข้อนี้สำหรับการประเมินอาคาร LEED ในระดับ Certified

EA Credit 2 On – Site Renewable Energy (1-7 คะแนน) กำหนดให้ใช้พลังงานทดแทนได้ร้อยละ 1 - 13 อาคารกรณีศึกษาไม่ได้ดำเนินการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลม หรือก๊าซธรรมชาติในอาคาร เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีสูงทำให้การลงทุนมีค่าใช้จ่ายสูงตามอาคารกรณีศึกษาจึงไม่เข้าตามเกณฑ์ แต่อาจดำเนินการในเรื่องพลังงานชีวมวล (Bio-Energy) จากเศษอาหาร ขยะเปียก ต้นไม้ โดยจำเป็นจะต้องศึกษาข้อมูลมากขึ้น

EA Credit 3 Enhanced Commissioning (2 คะแนน) ดำเนินการโดย CxA ที่เป็นตัวแทนเจ้าของและไม่ใช่ลูกจ้างของผู้ก่อสร้างโครงการ ทำการทบทวนรายการดังต่อไปนี้

ก) รายละเอียดความต้องการของเจ้าของและโครงการ (Basis of Design) ก่อน เริ่มงานก่อสร้าง
ข) ความเหมาะสมของรูปแบบรายการงานออกแบบ
ค) มีส่วนร่วมกับสถาปนิกและวิศวกรในการพิจารณาและทบทวน วิธีจัดการงานระบบของผู้รับเหมาก่อสร้างโครงการ
ง) มีส่วนร่วมพัฒนาคู่มือการดูแลงานระบบ เพื่อส่งมอบให้ผู้ดูแลอาคาร
จ) ร่วมพิจารณาข้อมูลและวิธีการฝึกอบรมผู้ใช้อาคาร
ฉ) มีส่วนร่วมในการพิจารณาการบริหารจัดการและดูแลรักษางานระบบอาคาร
ช) ภายในระยะเวลา 10 เดือน หลังจากที่ก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ CxA ร่วมพิจารณาการบริหารจัดการ และดูแลรักษางานระบบอาคาร (Operation and Maintenance - O&M) รวมทั้งเสนอแผนงานแก้ไขปรับปรุงการบริหารจัดการดังกล่าว

ซ) อาคารกรณีศึกษาดำเนินการตามข้อกำหนด โดยค่าดำเนินการในงานนี้รวมอยู่ใน EA ข้อบังคับ 1

EA Credit 4 Enhanced Refrigerant Management (2 คะแนน) กำหนดไม่ใช้สารทำความเย็นหรือใช้สารทำความเย็นที่ไม่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ และ Ozone Depletion Potential of Refrigerant (ODP) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 0.2 lb CFC 11/lbr Global Warming Potential of Refrigerant (GWP) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 12,000 lb CO_2/lbr ยกเว้นเครื่องปรับอากาศที่มีสารทำความเย็นน้อยกว่า 0.23 กิโลกรัมหรือ 0.5 ปอนด์

อาคารกรณีศึกษาดำเนินการโดยเปลี่ยนจากการใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ใน Baseline Building เป็นสาร HFC–134a ค่าใช้จ่ายเพื่อดำเนินการใน Proposed Design อยู่ใน EA ข้อบังคับ 2 Minimum Energy Performance และ EA ข้อบังคับ 3 Fundamental Refrigerant Management

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าผลกระทบต่อบรรยากาศ

Table 1. Ozone Depletion and Global Warming Potentials of Refrigerants (100-Year Values)

Refrigerant	ODP	GWP	Common Building Applications
Chlorofluorocarbons			
CFC-11	1.0	4,680	Centrifugal chillers
CFC-12	1.0	10,720	Refrigerators, chillers
CFC-114	0.94	9,800	Centrifugal chillers
CFC-500	0.605	7,900	Centrifugal chillers, humidifiers
CFC-502	0.221	4,600	Low-temperature refrigeration
Hydrochlorofluorocarbons			
HCFC-22	0.04	1,780	Air-conditioning, chillers
HCFC-123	0.02	76	CFC-11 replacement
Hydrofluorocarbons			
HFC-23	~ 0	12,240	Ultra-low-temperature refrigeration
HFC-134a	~ 0	1,320	CFC-12 or HCFC-22 replacement
HFC-245fa	~ 0	1,020	Insulation agent, centrifugal chillers
HFC-404A	~ 0	3,900	Low-temperature refrigeration
HFC-407C	~ 0	1,700	HCFC-22 replacement
HFC-410A	~ 0	1,890	Air-conditioning
HFC-507A	~ 0	3,900	Low-temperature refrigeration
Natural refrigerants			
Carbon dioxide (CO_2)	0	1.0	
Ammonia (NH_3)	0	0	
Propane	0	3	

ที่มา : LEED Reference Guide 2009 Edition หน้า 309

ตารางที่ 4.32 แสดงการเปลี่ยนสารทำความเย็น

เกณฑ์ LEED – EA Credit 4	อาคารกรณีศึกษา	2 คะแนน	ราคา (บาท)
• ไม่ใช้สารเคมีทำความเย็นใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติแทนเช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย	-	-	-
• ใช้สารทำความเย็นที่กระทบบรรยากาศน้อย ODP = 0 ถึง 12,000 lbCO_2/lbr GWP = 0 ถึง 0.2 lb CFC11/lbr	เปลี่ยนจากสาร HCFC 22 เป็น HFC-134a OFP = 0 GWP = 1,320	2	EA Preq 2 Preq 3

EA Credit 5 Measurement and Verification (M&V) (3 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการจัดทำแผนการตรวจสอบและพิจารณาประเมินผลการใช้พลังงานในอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) หัวข้อ Energy Conservation Measure Isolation

จัดแผน M&V สำหรับอาคารกรณีศึกษาโดยดำเนินการภายใน 1 ปี หลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ และเสนอวิธีการปรับแต่งแก้ไขงานระบบ ในกรณีที่จำเป็นจะต้องแก้ไข การดำเนินการจะอยู่ภายใต้การดูแลและรับรองงานโดย Commissioning Authority (CxA) ค่าดำเนินการเพิ่มในส่วนนี้ไม่มี เนื่องจากอยู่ในกระบวนการติดตามงานหลังจากส่งมอบอาคาร และอยู่ในช่วงการรับประกันอาคาร ส่วน CxA ได้ร่วมอยู่ใน EA ข้อบังคับ 1 แล้ว

ตารางที่ 4.33 แสดงงานตรวจสอบและปรับแต่งงานระบบ (M&V)

เกณฑ์ LEED – EA Credit 5	อาคารกรณีศึกษา	3 คะแนน	ราคา (บาท)
• จัดทำแผน M&V ใน 1 ปี หลังจากผู้ใช้อาคารเข้าใช้พื้นที่	• จัดทำแผน M&V เสนอวิธีการปรับแก้ไขงานระบบและการใช้พลังงานโดย CxA	3	ไม่มี

EA Credit 6 Green Power (2 คะแนน) ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้า Green Certified หรือจากรายย่อย จึงไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่จะดำเนินการหัวข้อนี้

หมวดที่ 4 Materials & Resource (MR) 14 คะแนน

MR ข้อบังคับ 1 จัดหาพื้นที่สำหรับเก็บวัสดุรีไซเคิล โดยพื้นที่อาคารตั้งแต่ 1,401 - 4,650 ตารางเมตร จัดให้มีที่เก็บวัสดุ 16 ตารางเมตร (ดูตารางที่ 2.3 หน้า 16 แสดงขนาดพื้นที่เก็บวัสดุรีไซเคิล)

MR Credit 1.1 Building Reuse – Maintain Existing Wall, Floors and Roofs (1-3 คะแนน) กำหนดให้ใช้ส่วนประกอบผนังและพื้นอาคารเดิมมาใช้ร้อยละ 55, 75 และ 95 ในอาคารใหม่ เช่น แผ่นพื้นแผ่นพื้นหลังคาและผนังอาคาร โดยไม่รวมหน้าต่าง อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารก่อสร้างใหม่และไม่มีงานรื้อถอน จึงไม่สามารถใช้เกณฑ์นี้ได้

MR Credit 1.2 Building Reuse – Maintain 50% of Interior Non-Structural Element (1 คะแนน) กำหนดให้ใช้ส่วนประกอบผนังภายในและวัสดุตกแต่งอาคารเดิมมาใช้ในอาคารใหม่อย่างน้อยร้อยละ 50 ของส่วนประกอบอาคาร อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารก่อสร้างใหม่และไม่มีงานรื้อถอน จึงไม่สามารถใช้เกณฑ์นี้ได้

MR Credit 2 Construction Waste Management (1-2 คะแนน) กำหนดให้บริหารจัดการและจัดทำแผนการเกี่ยวกับขยะและเศษวัสดุที่เกิดจากการก่อสร้างโครงการหลีกเลี่ยงการนำไปเผาหรือถมที่ โดยนำเศษวัสดุเหล่านั้นมารีไซเคิลหรือใช้ในกิจกรรมอื่น คำนวณปริมาณวัสดุจากน้ำหนักหรือพื้นที่ (ดูตารางที่ 2.4 แสดงหลักการคิดพื้นที่และน้ำหนักประเภทวัสดุ หน้า 17) ตามรายการบัญชีวัสดุ Construction Specification Institute (CSI) Master Format (ดูภาคผนวก ก-4) คำนวณเศษวัสดุที่เกิดในพื้นที่ก่อสร้างร้อยละ 50 - 70 ของขยะและเศษวัสดุทั้งหมดที่จะต้องนำออกไปจากสถานที่ก่อสร้าง โดยอาคารกรณีศึกษาดำเนินการดังนี้

ก) ให้ผู้เกี่ยวข้องในการก่อสร้างจัดผู้รับผิดชอบและพื้นที่เพื่อจัดเก็บวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิล โดยแยกประเภทของวัสดุ เช่น (05.00.00 – Metal) เหล็ก โลหะต่างๆ (06.00.00 – Wood, Plastic) เศษไม้ (09.00.00 – Finish) กระเบื้อง แผ่นยิบซั่ม ส่วนดิน หิน (31.00.00 – Earthwork) ไม่สามารถนำมารวมในหัวข้อนี้ได้

ข) ทำการเก็บใบเสร็จหรือหลักฐานการนำเศษวัสดุออกจากพื้นที่ก่อสร้างเพื่อนำมาคำนวณหรือราคาเปรียบเทียบและประเมินคะแนน

ค) บริจาคให้กับองค์กรสาธารณะ เพื่อนำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่นแทนที่จะขายให้กับผู้รับซื้อเศษวัสดุ

ง) คาดว่าสามารถดำเนินการได้ในโครงการร้อยละ 50 ของขยะและเศษวัสดุ เพื่อรับ 1 คะแนน และได้รับเงินจากส่วนนี้ 182,000 บาท เฉลี่ยสัปดาห์ละ 3,500 บาท

MR Credit 3 Materials Reuse (1-2 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการนำวัสดุที่สามารถใช้งานได้มาใช้ในรูปแบบใหม่ร้อยละ 5 – 10 อาคารกรณีศึกษาคำนวณจากราคาวัสดุและค่าขนส่งวัสดุที่มาแทนดังนี้

ก) จัดซื้อโครงอลูมิเนียมหน้าต่างที่ใช้แล้ว มาประกอบเป็นกันสาดและระแนง บังแสงแดดให้ตัวอาคาร (08.91.19 – Fixed Louver) ใช้ขนาดและสีคละกันเพื่อให้สะดวกต่อการจัดหาวัสดุ จัดวางแท่งอลูมิเนียมเว้นช่อง 12 เซนติเมตร โดยสามารถคำนวณเนื้องานดังนี้

ตารางที่ 4.34 แสดงรายการคำนวณราคาอลูมิเนียมแท่งใช้แล้ว

อาคาร	**ติดตั้งด้าน**	**ลักษณะ**	**ก x ย (m)**	**พื้นที่ (m^2)**
S	S	กันสาด	1.80 x 48	86
E	W	ระแนง	4 x 5	20
W	W	ระแนง	6.50 x 28	182
รวมพื้นที่				288
รวมน้ำหนักระแนง 7kg./m^2 + 20%				2,419.2 kg.
ราคาขายอลูมิเนียมแท่ง 70 + 30%/kg.				91 บาท
ราคาวัสดุ (ราคาไม่รวมค่าขนส่ง)				220,147 บาท

ที่มา: บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด (ผู้รับซื้อเศษวัสดุ)

ข) ทำการเปลี่ยนวัสดุจากหินกาบเป็น Gabion Wall ใส่เศษคอนกรีต

Gabion Wall ผนังอาคาร N	320 ตารางเมตร
รั้วสูง 1.50 เมตร	465 ตารางเมตร
รวมพื้นที่	785 ตารางเมตร
เศษคอนกรีต	200 บาทต่อตารางเมตร
รวมเป็นเงิน	157,000 บาท

ทั้งนี้ราคาหินกาบ 300 บาทต่อตารางเมตร และราคาเหล็กเส้นทำตระแกรง Gabion Wall ราคา 70 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งสามารถพิจารณาทำผนังเป็น Gabion Wall ได้โดยไม่กระทบงบประมาณก่อสร้าง

ค) ใช้ต้นไม้และพุ่มไม้ต่างๆ (CSI Master Format – 32.90.00 Planting) ที่ได้ปลูกไว้ในพื้นที่ข้างเคียง ราคาประมาณ 18,000 บาท

ง) ใช้เฟอร์นิเจอร์เก่า (12.40.00 – Furnishing & Accessories) ที่นำมาจากสำนักงานเดิมราคาประมาณ 400,000 บาท

จ) การคำนวณราคาวัสดุโครงการ NC คำนวณจากราคาค่าก่อสร้าง Baseline Building ตามรายการ Construction Specification Institute (CSI) Division 3 ถึง 10 และ 31 ในหัวข้อเฉพาะวัสดุโครงสร้างและสถาปัตยกรรม โดยไม่รวมค่าแรงหรือคำนวณจากร้อยละ 45 ของราคารวม

ราคาค่าก่อสร้าง โครงสร้าง	13,476,930 บาท
ราคาค่าก่อสร้าง สถาปัตยกรรม	14,676,065 บาท
รวม	28,152,995 บาท
ร้อยละ 45 ของราคารวม	12,668,847 บาท
	~12,660,000 บาท

ฉ) Proposed Building ใช้วัสดุที่นำมาใช้ใหม่ร้อยละ 7.56

$$\frac{\text{ราคาค่าวัสดุเก่า} \times 100}{\text{ราคาค่าก่อสร้าง}} \qquad \frac{957{,}147 \times 100}{12{,}660{,}000} = 7.56\%$$

ตารางที่ 4.35 แสดงรายการวัสดุที่นำมาใช้ใหม่

วัสดุที่นำมาใช้ใหม่	ที่มา	ราคา (บาท)
ระแนงอลูมิเนียม (08.91.19)	บ. วงษ์พาณิชย์ จก.	220,147
Gabion Wall (04.40.00)	พื้นที่ใกล้เคียง	157,000
พรรณไม้/พุ่มไม้ (32.90.00)	พื้นที่ใกล้เคียง	180,000
เฟอร์นิเจอร์เก่า (12.40.00)	สำนักงานเดิม	400,000
รวม		957,147
ราคาค่าก่อสร้าง x 0.45		12,660,000
ใช้วัสดุที่นำมาใช้ใหม่		7.56%

MR Credit 4 Recycled Content (1-2 คะแนน) กำหนดให้ใช้วัสดุที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิลคิดเป็นร้อยละ 10-20 ของวัสดุก่อสร้างทั้งหมด โดยคำนวณจากราคาที่มาทดแทนเปรียบเทียบกับราคาวัสดุทั้งหมด อาคารกรณีศึกษาคาดว่าจะสามารถดำเนินการได้ร้อยละ 10 คือ มูลค่างาน 1,266,000 บาท โดยจะต้องศึกษารายละเอียดคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เพิ่มเติม ซึ่งผู้ผลิตอาจไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้

MR Credit 5 Regional Materials (2 คะแนน) กำหนดให้ร้อยละ 10-20 ของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างต้องจัดหาได้ในระยะ 800 กิโลเมตรจากสถานที่ก่อสร้าง โดยคิดจากราคาหรือน้ำหนักของวัสดุ ซึ่งในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา จะใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศเกือบทั้งหมด ยกเว้นอุปกรณ์งานระบบอาคาร จึงมีสัดส่วนการใช้วัสดุในประเทศมากกว่าร้อยละ 20

MR Credit 6 Rapidly Renewable Materials (1 คะแนน) กำหนดให้ใช้วัสดุและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพืชที่เจริญเติบโตได้เร็วภายใน 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.50 ของวัสดุก่อสร้างทั้งหมด โดยคำนวณจากมูลค่าวัสดุ อาคารกรณีศึกษาได้ใช้สัดส่วนมากกว่าร้อยละ 2.50 ในงานสี Bio-Base Paint

ตารางที่ 4.36 แสดงการใช้วัสดุที่ผลิตจากพืชเติบโตเร็ว

เกณฑ์ LEED – MR Credit 6	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
• ใช้วัสดุที่ผลิตจากพืชโตเร็ว 2.50% ของราคาวัสดุทั้งหมด (12,600,000) = 315,000 บาท	สี Bio-Base Paint ราคา 402,708 บาท หรือ 3.23% (ดู IEQ Credit 4.2)	3	IEQ Credit 4.2

MR Credit 7 Certified Wood (1 คะแนน) กำหนดให้ใช้ไม้ที่มีการรับรองการปลูกเพื่อการพาณิชย์จากประเทศสหรัฐอเมริกาคิดเป็นร้อยละ 50 ของไม้ทั้งหมดที่ใช้ในโครงการอาคารกรณีศึกษาไม่ได้ใช้ไม้เป็นวัสดุหลัก จึงไม่สามารถใช้เกณฑ์

หมวดที่ 5 Indoor Environmental Quality (IEQ) 15 คะแนน

IEQ ข้อบังคับ 1 Minimum Indoor Air Quality Performance กำหนดให้ใช้ ASHRAE 62.1 – 2007 Table 6.1 Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone, Table 6.2 Zone Air Distribution, Table 6.3 System Ventilation Efficiency ตามภาคผนวก ก-2

ตารางที่ 4.37 แสดง Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE *(continued)*
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft^2	L/s·m^2		#/1000 ft^2 or #/100 m^2	cfm/person	L/s·person	
Office Buildings									
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1

ที่มา: ASHRAE Standard 62.1 – 2007

ในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศอาคารกรณีศึกษาตามที่ได้ออกแบบไว้ รายละเอียดภาคผนวก ข-3 และ ข-4 ค่า Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone ได้เป็นไปตาม ASHRAE 62.1 – 2007 ซึ่งได้แสดงการคำนวณไว้ที่ตาราง 4.35 โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

ก) พื้นที่มีระบบปรับอากาศใช้ Section 4 ถึง 7 คำนวณหาปริมาณระบายอากาศจาก Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone โดยใช้สมการดังนี้ [10]

V_{bz} = (Rp x Pz) + (Ra x Az)

R_p = อัตราปริมาณอากาศต่อคน ตาม Table 6-1

P_z = จำนวนผู้ใช้งานมากที่สุดในพื้นที่

R_a = อัตราปริมาณอากาศภายนอกต่อพื้นที่ตาม Table 6-1

A_z = พื้นที่แต่ละโซน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.38 แสดงรายการคำนวณ Breathing Zone Outdoor Airflow (Vbz)
สำหรับการระบายอากาศด้วยเครื่องกล

Table		6-1		6-1		6-2	
Occupancy Category		Outdoor Airflow Rate Required per Person (Rp)	Zone Population (Pz)	Outdoor Airflow Rate Required per Unit Area (Ra)	Zone Floor Area (Az)	Zone Air Distribution Effectiveness (Ez)	Breathing Zone Outdoor Airflow (Vbz)
ชั้นที่ 1		cfm/person	person	cfm/ft^2	ft^2		cfm/person
S	ห้องประชุมย่อย	5	6	0.06	215	1.0	42.90
S	ห้องประชุมย่อย 1	5	6	0.06	172	1.0	40.32
S	ห้องประชุมย่อย 2	5	6	0.06	172	1.0	40.32
N	ห้องประชุมย่อย 3	5	8	0.06	215	1.0	52.90
N	ห้องประชุมย่อย 4	5	4	0.06	118	1.0	27.08
N	ห้องประชุมย่อย 5	5	18	0.06	570	1.0	124.20
N	ห้องประชุมย่อย 6	5	12	0.06	409	1.0	84.54
E	ห้องประชุมย่อย 7	5	10	0.06	344	1.0	70.64
E	Working RM	5	6	0.06	322	1.0	51.30
E	Working RM 2	5	8	0.06	516	1.0	70.96
S	Office ฝ่ายบุคคล	5	3	0.06	355	1.0	36.30
S	Office ฝ่ายจัดซื้อ	5	6	0.06	678	1.0	70.68
S	Office ฝ่ายธุรการ	5	6	0.06	678	1.0	70.68
N	ห้องหนังสือ	5	10	0.06	409	1.0	74.54
N	LAB	10	4	0.18	409	1.0	113.62
E	ห้องทานอาหาร	7.5	8	0.18	322	1.0	117.96
E	โถงทางเข้า	0	0	0	134	-	-
E	Living Room	5	10	0.06	807	1.0	98.42

ตารางที่ 4.38 แสดงรายการคำนวณ Breathing Zone Outdoor Airflow (Vbz) สำหรับการระบายอากาศด้วยเครื่องกล (ต่อ)

Table		6-1		6-1		6-2	
Occupancy Category		Outdoor Airflow Rate Required per Person (Rp)	Zone Population (Pz)	Outdoor Airflow Rate Requiredper Unit Area (Ra)	Zone Floor Area (Az)	Zone Air Distribution Effectiveness (Ez)	Breathing Zone Outdoor Airflow (Vbz)
ชั้นที่ 2		cfm/person	person	cfm/ft^2	ft^2		cfm/person
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 1	5	3	0.06	118	1.0	22.08
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 2	5	3	0.06	118	1.0	22.08
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 3	5	3	0.06	118	1.0	22.08
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 4	5	3	0.06	161	1.0	24.66
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 5	5	3	0.06	161	1.0	24.66
S	ห้องหัวหน้าฝ่าย 6	5	3	0.06	172	1.0	25.32
S	Office	5	6	0.06	538	1.0	62.28
S	Office การเงิน	5	6	0.06	538	1.0	62.28
S	Office บัญชี	5	6	0.06	538	1.0	62.28
S	Office ธุรการ + วิศวกร	5	3	0.06	430	1.0	40.80
S	ห้องสัมมนา	5	60	0.06	1,367	1.0	382.02
E	โถงเอนกประสงค์	5	5	0.06	430	1.0	50.80
E	สำนักงานสำรอง	5	5	0.06	253	1.0	40.18
E	ทางเดินภายใน	0	0	0	381	-	-

ข) โซนที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ใช้ Section 5 ข้อ 5.1 โดยจัดหาช่องหน้าต่างขนาดอย่างน้อยร้อยละ 4 ของพื้นที่ใช้งาน ติดตั้งในระยะไม่เกิน 8 เมตรหรือ 25 ฟุต จากพื้นที่ใช้งาน โดยห้องโถง (Lobby) ชั้น 1 มีพื้นที่ 127 ตารางเมตร เป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ จะต้องมีช่องหน้าต่าง 5 ตารางเมตร ทั้งนี้ห้องโถงมีผนังที่เป็นผนังเปิดโล่งทั้ง 2 ข้าง รวมช่องเปิดมากกว่า 120 ตารางเมตร จึงมีสัดส่วนช่องเปิดมากกว่าเกณฑ์

ตารางที่ 4.39 แสดงคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในอาคารส่วนระบายอากาศ

เกณฑ์ LEED – IEQ ข้อบังคับ 1	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
• โซนปรับอากาศใช้ ASHRAE 62.1 Section 4 – 7 Table 6.1, 6.2, 6.3 • โซนไม่ปรับอากาศใน Section 5 ข้อ 5.1 มีหน้าต่าง 4% ของพื้นที่ใช้งาน (Lobby 127m^2) = 5m^2 ติดตั้งในระยะไม่เกิน 25 m	• เป็นไปตามข้อกำหนด • Lobby เป็นโถงโล่งเปิด 2 ด้าน • หน้าต่าง 2x3x3 bay x 2ผนัง = 36m^2	1	ไม่มี

IEQ ข้อบังคับ 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control ดำเนินการห้ามสูบบุหรี่ในอาคาร อาคารกรณีศึกษาไม่อนุญาตให้สูบบุหรี่ในโครงการ

IEQ Credit 1 Outdoor Air Delivery Monitor (1 คะแนน) กำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศค่า CO_2 โดยตั้งค่าที่สูงกว่าร้อยละ 10 จากค่าที่ออกแบบไว้ส่วนอัตราลมที่เข้าสู่พื้นที่ๆ มีระบบปรับอากาศตั้งค่าอุปกรณ์ตรวจวัดแรงลม (Flow Rate)สูงและต่ำกว่าร้อยละ 15 ของค่าที่ออกแบบไว้ต่ำสุด บริเวณที่มีผู้ใช้อาคาร 25 คนต่อ 93 ตารางเมตร ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับ CO^2 อาคารกรณีศึกษา ดำเนินการใน Proposed Design ดังนี้

ก) โซนที่มีระบบปรับอากาศ ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการระบายลมที่ช่องรับลมภายนอก (Outdoor Air intake) ของระบบปรับอากาศจำนวน 2 ชุด โดยตั้งค่าเตือนไว้เมื่ออัตราลมสูงและต่ำกว่าร้อยละ15 จากที่ออกแบบไว้

ข) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับ CO_2 ที่ช่องรับลมภายนอก (Outdoor Air Intake) ของระบบปรับอากาศและห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศที่มีผู้ใช้งานอยู่มากกว่า 25 คนต่อ 93 ตารางเมตร (1,000 ตารางฟุต) หรือ 1 คนต่อ 3.7 ตารางเมตร คือห้องสัมมนา พื้นที่ 127 ตารางเมตร มีผู้ใช้งาน 50-60 คน เฉลี่ย 1 คนต่อ 2.54 ตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.40 แสดงพื้นที่ๆ มีงานติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราลม และระดับ CO_2

Proposed Design	Sensor	
	Airflow	CO_2
อาคาร S สำนักงานชั้น 1	1	1
อาคาร S สำนักงานชั้น 2	1	1
อาคาร W ห้องสัมมนา	-	1
รวมจำนวนอุปกรณ์	2	3
ราคาอุปกรณ์แบบเตือนที่ห้องควบคุม + 48,000 บาท	6,000 บาท	12,000 บาท
รวมเป็นเงิน	96,000 บาท	

IEQ Credit 2 Increased Ventilation (1 คะแนน) ไม่ได้ดำเนินการเพิ่มอากาศ Fresh Air อีกอย่างน้อยร้อยละ 30 จาก Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone ASHRAE 62.1 – 2007 เนื่องจากจะทำให้ภาระเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น เป็นเหตุให้ต้องปรับอุปกรณ์ระบบปรับอากาศให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น จึงจะไม่ดำเนินการในหัวข้อนี้

IEQ Credit 3.1 Construction IAQ Management Plan - During Construction (1 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการควบคุมกิจกรรมในงานก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐาน Sheet Metal and Air Conditioning Nation Contractor Association (SMACNA) 008 – 2008 (บทที่ 3) แบ่งการดำเนินการเป็น 5 หัวข้อ

อาคารกรณีศึกษาดำเนินการในหัวข้อนี้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม เนื่องจากเป็นการทำงานตามวิชาช่างที่ดีและบางส่วนเป็นไปตามกฎหมายควบคุมงานก่อสร้างอีกทั้งเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการงานก่อสร้าง การดำเนินการในส่วนนี้ CxA และ LEED AP มีส่วนสำคัญในการชี้แจงผลกระทบที่จะเกิดให้กับผู้เกี่ยวข้องรับทราบเพื่อให้เป็นไปตามกฎข้อบังคับของเกณฑ์

ก) HVAC Protection ทำการป้องกันวัสดุอุปกรณ์ที่จะมีผลกระทบจากความชื้น โดยเก็บวัสดุตามข้อกำหนดของผู้ผลิตวัสดุ ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแล้ว ให้ติดตั้งแผ่นกรองฝุ่นที่ช่องลมกลับ ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2 อย่างน้อย MERV 8 ถ้ามีการใช้ระบบปรับอากาศในช่วงก่อสร้าง เพื่อมิให้วัสดุอุปกรณ์ติดฝุ่นและกลิ่น ให้ดูแลรักษาความสะอาดในพื้นที่ก่อสร้างเป็นประจำ

ข) Source Control โดยผู้ออกแบบเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติ ไม่มีกลิ่น ไม่มีส่วนผสมของสารพิษ โดยเฉพาะวัสดุจำพวก ยาแนว สี พรม ควรใช้วัสดุที่มีสาร VOC ต่ำ

ค) Pathway Interruption กั้นพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อแยกส่วนก่อสร้างออกจากพื้นที่และผู้ใช้อาคารส่วนอื่นๆ และเพื่อมิให้สารเคมีเป็นอันตรายต่อส่วนอื่นๆ ของอาคาร

ง) Housekeeping ดูแลรักษาพื้นที่ก่อสร้างให้สะอาดตลอดเวลา โดยทำแผนบริหารผู้จัดการระหว่างก่อสร้าง และก่อนส่งมอบพื้นที่ให้ผู้ใช้อาคาร ดูแลวัสดุอุปกรณ์ไม่ให้เปียกชื้น และควรทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ก่อนทำการติดตั้งงาน

จ) Scheduling ให้ผู้เกี่ยวข้องในโครงการทำแผนบริหารจัดการในส่วนที่มีผู้ใช้อาคารแล้ว เพื่อมิให้กระทบต่อการใช้งาน โดยหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่มีเสียงดังหรือมีกลิ่นรบกวนไปดำเนินการในเวลาที่ผู้เกี่ยวข้องเห็นชอบร่วมกัน

IEQ Credit 3.2 Construction IAQ Management Plan – Before Occupancy (1 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการถ่ายเทอากาศในอาคาร โดยใช้อากาศจากภายนอก อุณหภูมิไม่เกิน 33°C ความชื้นสัมพันธ์ไม่เกินร้อยละ 60 ปริมาณอากาศ 396 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร หรือ 14,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อตารางฟุต กรณีถ่ายเทอากาศในอาคารหลายครั้ง เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใช้อาคารก่อน จะใช้ปริมาณอากาศ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร หรือ 3,500 ลูกบาศก์ฟุตต่อตารางฟุต ในครั้งแรกและก่อนผู้ใช้อาคารเข้าพื้นที่ ให้ใช้ปริมาณอากาศ 297 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร หรือ 10,500 ลูกบาศก์ฟุตต่อตารางฟุต

เนื่องจากประเทศไทยมีความชื้นสัมพันธ์ต่อปีเฉลี่ยร้อยละ 79.9 ซึ่งการดำเนินการตามสภาพความเป็นจริงจะยากต่อการควบคุมความชื้นที่จะเข้าสู่อาคาร จึงไม่เข้าเกณฑ์ดำเนินการในหัวข้อนี้ ทั้งนี้กรณีอาคารกรณีศึกษาจะทำการถ่ายเทอากาศครั้งเดียวจะใช้ปริมาณอากาศดังนี้

พื้นที่อาคาร		ปริมาณอากาศ		ปริมาณอากาศที่ต้องใช้
$2,240 m^2$	x	$400 m^3/m^2$	=	$896,000 m^3/m^2$

IEQ Credit 4.1 Low – Emitting Materials – Adhesives and Sealant (1คะแนน) วัสดุยาแนวประสานและกาวต่างๆ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule # 1168 โดยหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสารพิษส่วนสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC)(ดูภาคผนวก ก-5) เช่น กาวกระเบื้องหรือพรม = 50 g/L

ดำเนินการโดยทำการเทียบคุณสมบัติของวัสดุจากข้อมูลของผู้ผลิตวัสดุยาแนวและกาวที่มีสารพิษต่ำ มีราคาสูงกว่าปกติเช่น 3M Fastbond หรือ Adhesives Green Guard Certified การคำนวณจำเป็นจะต้องทราบปริมาณของยาแนว (Sealants) ที่ใช้ไป ซึ่งยากต่อการหาปริมาณ จึงจะแสดงเฉพาะในส่วนที่คำนวณได้

ตารางที่ 4.41 แสดงราคาเปลี่ยนแปลงประเภทกาวและยาแนวประสาน

Adhesive	กระเบื้องยาง			พรม		
	พื้นที่(m^2)	ราคา(บาท)	รวม(บาท)	พื้นที่(m^2)	ราคา(บาท)	รวม(บาท)
Baseline	629	40	25,160	1,126	40	45,040
Proposed	629	60	37,740	1,126	60	67,560
ความแตกต่าง			12,580			22,520
รวมราคาเพิ่ม (บาท)						35,100
ราคาวัสดุ Proposed Design เพิ่มประมาณร้อยละ 50						

IEQ Credit 4.2 Low – Emitting Materials – Paint and Coatings (1 คะแนน) ดำเนินการตามมาตรฐาน Paint Green Seal GS-11 และ Anti Corrosive Paint GC-03 SCAQMD Rule # 1113 Architectural (ดูภาคผนวก ก-5) ซึ่งสีและวัสดุเคลือบที่มีสารพิษต่ำมีราคาสูงกว่าสีทั่วไป ในเครือเดียวกัน เช่น Nippon TOA Jotun

ตารางที่ 4.42 แสดงราคาเปลี่ยนแปลงวัสดุประเภทสีและงานเคลือบผิว

	Oil Paint Coating			Acrylic Bio-based Paint		
	พื้นที่(m^2)	ราคา(บาท)	รวม(บาท)	พื้นที่(m^2)	ราคา(บาท)	รวม(บาท)
Baseline	2,609	35	91,315	10,884	30	326,520
Proposed	2,609	43	112,187	10,884	37	402,708
ความแตกต่าง			20,872			76,188
รวมราคาเพิ่ม (บาท)						97,060
ราคาวัสดุ Proposed Design เพิ่มประมาณร้อยละ 25						

IEQ Credit 4.3 Low – Emitting Materials – Flooring System (1 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการตามมาตรฐาน Carpet & Rug Institute (CRI) และ SCAQMD Rule # 1168 VOC (ดูภาคผนวก ก-5) พรมและกระเบื้องยางที่มีส่วนผสมของสารพิษต่ำ

ตารางที่ 4.43 แสดงราคาเปลี่ยนแปลงวัสดุพรมและกระเบื้องยาง

	กระเบื้องยาง			พรม		
	พื้นที่(m^2)	**ราคา(บาท)**	**รวม(บาท)**	**พื้นที่(m^2)**	**ราคา(บาท)**	**รวม(บาท)**
Baseline	629	390	245,310	1,126	1,800	2,026,800
Proposed	629	490	308,210	1,126	2,250	2,533,500
ความแตกต่าง			62,900			506,700
รวมราคาเพิ่ม (บาท)						569,600
ราคาวัสดุ Proposed Design เพิ่มประมาณร้อยละ 25						

IEQ Credit 4.4 Low – Emitting Materials – Composite Wood and Agrifiber (1 คะแนน) กำหนดให้ใช้วัสดุจำพวกไม้อัด MDF หรือไส้ในประตูไม้ที่ไม่มีสาร Urea – Formaldehyde Resin โดยไม่รวมงานครุภัณฑ์ (ดูภาคผนวก ก-5)

ในการดำเนินการอาคารกรณีศึกษาจะต้องกำกับการจัดทำวัสดุจากผู้ผลิต และตรวจสอบวัสดุที่สถานที่ก่อสร้างรวมทั้งทำการเก็บเอกสารและข้อมูลของผู้ผลิต ทั้งนี้ราคาวัสดุ Low VOC จะสูงกว่าวัสดุทั่วไปประมาณร้อยละ 15 โดยวัสดุประเภทนี้มีใช้ในโครงการปริมาณไม่มาก เนื่องจากโครงการไม่ได้รวมงานตกแต่งภายใน จึงจะไม่กระทบงบประมาณก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IEQ Credit 5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control (1 คะแนน) ดำเนินการควบคุมต้นเหตุของมลพิษที่เกิดขึ้นโดย

ตารางที่ 4.44 แสดงการควบคุมจุดเกิดมลพิษ

เกณฑ์ LEED – IEQ Credit 5	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
1. ติดตั้งพรมดักฝุ่นที่ทางเข้าหลัก กว้าง 3 m	• ติดตั้งพรม	1	15,000
2. ติดตั้งพัดลมดูดอากาศ 0.50 cfm/ft^2 พร้อมประตูปิดห้อง	• ดำเนินการใน Baseline ห้องถ่ายเอกสาร ห้องปฏิบัติการและห้องเตรียมอาหาร		-
3. จัดที่ทิ้งหรือเก็บวัสดุสารพิษภายนอกอาคาร	• ดำเนินการใน Baseline		
4. ติดตั้งแผ่นกรองฝุ่น (MERV13) ที่ช่องลมกลับและ Air Intake	• ติดตั้ง 3 ชุด Air Intake 2 ชุด Return Air – ห้องปฏิบัติการ 1 ชุด		24,000
5. ปิดฝาภาชนะหรือปิดห้องที่มีกลิ่นสารเคมี	• ดำเนินการใน Baseline		

IEQ Credit 6.1 Controllability of System – Lighting (1 คะแนน) เพื่อให้ร้อยละ 90 ของผู้ใช้อาคารในโซนสามารถควบคุมแสงสว่างเองได้ เป็นการสร้างสภาวะน่าสบายในพื้นที่ใช้งานโดยดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 4.45 แสดงการควบคุมแสงสว่างโดยผู้ใช้อาคาร

เกณฑ์ LEED – IEQ Credit 6.1	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
1. อย่างน้อย 90% ของผู้ใช้งาน (85 FTE) สามารถควบคุมแสงสว่างในที่ส่วนตัว	• ติดตั้งโคมไฟเพิ่มที่โต๊ะในห้องรวมกัน 36 ชุด @ 500 บาท	1	18,000
2. ที่นั่งทำงานร่วมกัน 40 คน = 36 ที่	• ดำเนินการใน Baseline		-
3. พื้นที่ใช้ร่วม			

IEQ Credit 6.2 Controllability of System – Thermal Comfort เพื่อให้ผู้ใช้อาคารอย่างน้อยร้อยละ 50 ในโซนสามารถควบคุมและปรับอุปกรณ์ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55 - 2004 ซึ่งกำหนดให้แต่ละโซนจะต้องมีหน้าต่าง เพื่อมองไปข้างนอก

คิดเป็นร้อยละ 4 ของพื้นที่ห้องและทุกๆ พื้นที่ 36 ตารางเมตร กำหนดให้มีหน้าต่างอย่างน้อย 1.5 ตารางเมตร

— อาคารกรณีศึกษามีพื้นที่ช่องหน้าต่างมากกว่าที่กำหนด เนื่องจากเป็นการออกแบบตามข้อ บัญญัติกรุงเทพมหานคร หมวด 7 แนวอาคารและระยะต่างๆ ข้อ 77 กำหนดให้มีช่องหน้าต่างร้อยละ 20 ของพื้นที่ห้อง

ตารางที่ 4.46 แสดงการควบคุมอุณหภูมิโดยผู้ใช้อาคาร

เกณฑ์ LEED – IEQ Credit 6.2	**อาคารกรณีศึกษา**	**1 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. อย่างน้อย 50% ของผู้ใช้งาน 85 คน มีหน้าต่างและช่องลมตาม ASHRAE 62.1 – 2007 4% ของพื้นที่	• ออกแบบตามข้อกำหนดของ กทม. มีหน้าต่าง 20% ของพื้นที่	1	ไม่มี
2. พื้นที่ใช้ร่วม	• ออกแบบให้มีอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิใน Baseline แล้ว		-

IEQ Credit 7.1 Thermal Comfort – Design (1 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการตาม ASHRAE 55 - 2004 Section 6.1.1 สภาวะน่าสบาย ในส่วนของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ การแผ่รังสีความร้อน แรงลม (ไม่เกิน 0.20 เมตรต่อวินาที หรือ 40 ฟุตต่อนาที) โดยจัดเตรียมข้อมูลประเมินความพึงพอใจในพื้นที่ใช้งานเป็น 7 ระดับ เพื่อเตรียมปรับแต่งอุปกรณ์เพื่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร

เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนติดตามผลการใช้อาคารหลังจากส่งมอบอาคารแล้ว และอยู่ในระยะเวลารับประกันอาคารทั่วไป เช่น อาคารสถานที่ราชการกำหนดให้ประกันอาคาร 2 ปี อาคารเอกชน 6 เดือนถึง 1 ปี จึงไม่มีค่าใช้ในการดำเนินการในระยะเวลาดังกล่าว โดย CxA ร่วมดำเนินการทบทวนข้อมูลที่ผู้รับจ้างก่อสร้างร่วมกับผู้ใช้อาคารสำรวจร่วมกัน จะต้องชี้แนะวิธีการจัดทำข้อมูลเพื่อเตรียมแก้ไขต่อไป

IEQ Credit 7.2 Thermal Comfort – Verification (1 คะแนน) ผู้เกี่ยวข้องในโครงการรวมถึงผู้ใช้อาคาร ยอมรับที่จะทำการสำรวจสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคารในระยะเวลา 6 – 18 เดือน หลังจากส่งมอบอาคารแล้ว ซึ่งเป็นข้อตกลงสำหรับทุกอาคารที่จะประเมินเกณฑ์ LEED ตามข้อกำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นของโครงการ อาคารกรณีศึกษาดำเนินการดังนี้

ก) ทำการสำรวจความพึงพอใจในสภาวะน่าสบายของอาคารกับผู้ใช้พื้นที่ในแต่ละจุด ให้ระดับความพอใจหรือไม่พอใจรวม 7 ระดับ และหาสาเหตุของคำตอบนั้น

ข) จัดทำแผนและจัดการแก้ไขกับปัญหา โดยปรับแต่งระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น เช่นกำหนดอุณหภูมิใหม่และปรับเวลาการปิดเปิดงานระบบอาคารเป็นต้น โดยทำงานร่วมกับผู้ดูแลอาคารและฝ่ายออกแบบ ทั้งนี้ในบางกรณีอาจต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นการชั่วคราว เพื่อหาข้อสรุปของสาเหตุเพื่อจัดทำแผนการจัดการและแผนแก้ไขตามที่ได้สำรวจมา

เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนติดตามผลการใช้งานอาคารหลังจากส่งมอบพื้นที่แล้ว จึงไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มในการดำเนินการจากผู้รับจ้างก่อสร้างโครงการ และควรดำเนินการในระยะเวลาที่ CxA และ LEED AP ควบคุมดูแลงาน เพื่อมิให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มจากที่ปรึกษา

IEQ Credit 8.1 Daylight and Views – Daylight (1 คะแนน) กำหนดให้ดำเนินการร้อยละ 75 ของพื้นที่ใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติ โดยทางเลือก 1 จำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์หรือทางเลือก 2 การคำนวณ Daylight แบบ Prescriptive จาก Side Lighting ระดับ Sill หน้าต่าง คิดที่ความสูง 75 ซม. หรือ สูงกว่าโดยใช้ค่า 0.150< VLT x WFR< 0.180 และค่า (Visible Light Transmittance - VLT) (Window to Floor Area Ratio - WFR) จะต้องอยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 0.18 โดยอาคารกรณีศึกษาคำนวณทางเลือก 2 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 แสดงรายการคำนวณค่า (VLT) (WFR) เพื่อยืนยันการได้รับ Daylight

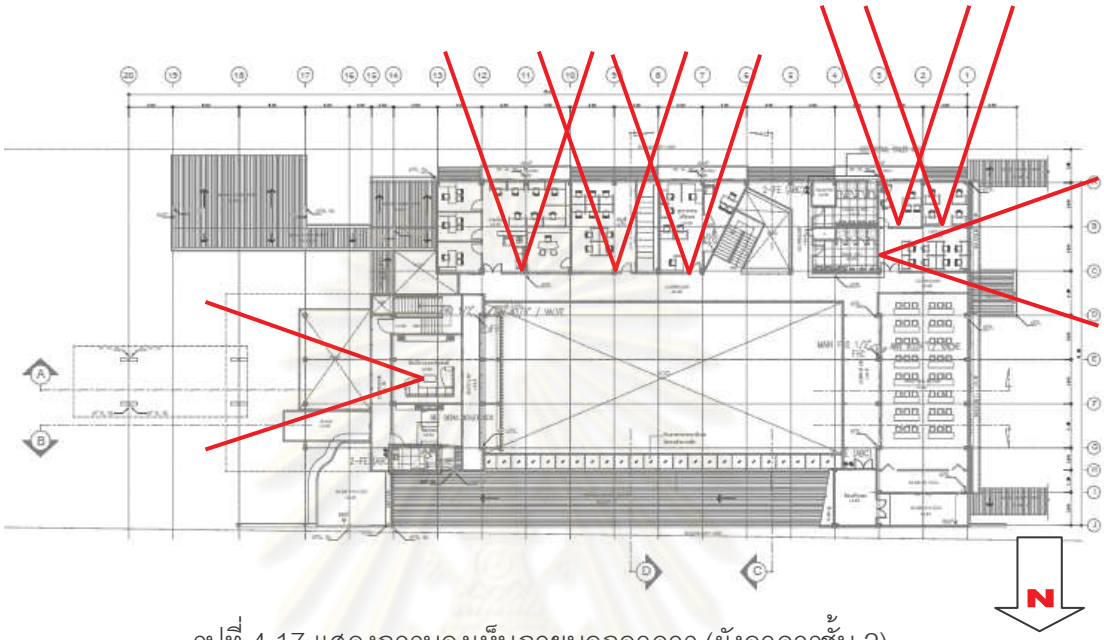
	อาคาร S	อาคาร E,W	อาคาร N
	N/S bay	E/W bay	S/bay
Window head height	2.00	2.00	2.50
Window sill height	0.90	0.30	0.30
Window width (per bay)	2.50	2.50	2.50
Bay width	4.00	4.00	4.00
Bay width to core	4.00	4.00	6.00
VLT (Tvis)	0.90	0.90	0.90
WA			
Window daylight height	1.10	1.25	1.75
Window area (WA)	2.75	3.12	4.37
FA			
Floor area (FA)	16.00	16.00	2.40
WFR = (WA/FA) WFR <0.18	0.17	0.19	0.18
(VLT) (WFR) 0.15 ถึง 0.18	0.15	0.17	0.16
	ผ่านเกณฑ์	WFR เกินเกณฑ์ ลดแสงโดยติดตั้งระแนงภายนอกอาคาร	ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 4.48 แสดงแสงธรรมชาติ

เกณฑ์ LEED – IEQ Credit 8.1	อาคารกรณีศึกษา	1 คะแนน	ราคา (บาท)
1.จำลองสถานการณ์ (Simulation) 75% ของพื้นที่ผู้ใช้งานประจำได้รับแสงอย่างน้อย 25 Fc	-	-	-
2. 75% ของพื้นที่ใช้งาน (คำนวณ) 0.150< VLT x WFR <0.180 หาผลลัพธ์ของ (VLT) x (WFR) ให้ได้ค่า 0.150 ถึง 0.180 ทุก Bay	WFR = 0.17, 0.19, 0.16 E/W bay ไม่ผ่านเกณฑ์ VLT = 0.90 ผ่านเกณฑ์ (VLT) (WFR) = 0.15, 0.17, 0.16 ผ่านเกณฑ์	1	ไม่มี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IEQ Credit 8.2 Daylight and Views – View (1 คะแนน) กำหนดให้ 90% ของพื้นที่ผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็นภายนอกได้จากระดับ 0.75 เมตร ถึง 2.30 เมตร ซึ่งผู้ใช้อาคารในอาคารกรณีศึกษาสามารถมองเห็นภายนอกได้ เนื่องจากตัวห้องลึกเพียง 8.00 เมตร และมีหน้าต่างระดับสูง 2 เมตรทั้ง 2 ด้านของตัวอาคาร



รูปที่ 4.17 แสดงการมองเห็นภายนอกอาคาร (ผังอาคารชั้น 2)

หมวดที่ 6 Innovation and Design Process (IDP) 6 คะแนน

จัดทำโครงการให้การศึกษาต่อชุมชนเกี่ยวกับกระบวนการรีไซเคิล ปัจจุบันสำนักงานเดิมในโครงการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาเป็นศูนย์รับซื้อเศษอลูมิเนียม จึงจะจัดทำให้เป็นศูนย์รับจัดการวัสดุรีไซเคิลอื่นๆ ซึ่งไม่ใช่เป็นการรับซื้อเศษวัสดุ แต่จะเป็นการสอนให้รู้จักการนำวัสดุมาใช้ใหม่ในรูปแบบอื่น (Reuse) และทำใหม่ (Recycle) โดยใช้ห้องสัมมนาแสดง วีดีทัศน์ และห้องโถงรับรองเป็นห้องนิทรรศการถาวร (60 ตารางเมตร ไม่ปรับอากาศ) ทั้งนี้จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มในการตกแต่งห้องนิทรรศการ 120,000 บาท โดยคำนวณจาก 2,000 บาทต่อตารางเมตร

จัดจ้าง LEED AP เป็นที่ปรึกษาโครงการ โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 1,500,000 บาท เพื่อให้คำแนะนำและประเมินความเป็นไปได้ในการดำเนินการแต่ละหมวดงานตามเกณฑ์ LEED และรับ 1 คะแนน ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีหลักเกณฑ์การคิดค่าบริการวิชาชีพนี้ ค่าใช้จ่ายของ LEED AP จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ดำเนินการ พอสรุปเป็นสังเขปดังนี้

ก) ระยะเวลาในการออกแบบก่อสร้าง และหลังจากผู้ใช้อาคารเข้าใช้อาคารรวมประมาณ 20 เดือน

ข) การเลือกวิธีการรับรองอาคารที่ได้กล่าวมาแล้ว (ข้อ 2.4 ค่าใช้จ่ายในการรับรองอาคารเขียว LEED) เป็นดรรชนีเวลาแสดงการแล้วเสร็จของโครงการ LEED คือหลังจากผู้ใช้อาคารเข้าใช้พื้นที่ได้ประมาณ 6 เดือน หรือ 2 ปี การเสนอราคาค่าวิชาชีพของ LEED AP จึงมักกำหนดระยะเวลาดำเนินการเป็นสำคัญ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ จะทำให้โครงการมีต้นทุนก่อสร้างที่สูงขึ้น จึงอาจต้องพิจารณาค่าใช้จ่าย LEED AP สำหรับโครงการที่มีขนาดเล็ก

ตารางที่ 4.49 แสดงราคาเพิ่มหมวดงาน IDP

เกณฑ์ LEED – IDP	**อาคารกรณีศึกษา**	**6 คะแนน**	**ราคา (บาท)**
1. จัดทำในส่วนที่ไม่มีในหมวดงาน 1-5	• โครงการให้การศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุมาใช้ใหม่	1	120,000
2. จัดจ้าง LEED AP	• จัดจ้าง LEED AP 20 เดือน	1	1,500,000

หมวดที่ 7 Regional Priority (RP) 4 คะแนน

เนื่องจากเป็นการส่งเสริมให้พัฒนาประสิทธิภาพการใช้งานในหมวด WE และ EA ให้ได้สูงสุด และเพิ่งเริ่มพิจารณาใช้กับประเทศอื่นๆ นอกเหนือจากประเทศสหรัฐอเมริกา เกณฑ์นี้จึงไม่สามารถดำเนินการกับอาคารกรณีศึกษาได้ เนื่องจากจะต้องพัฒนาให้หมวดงาน WE และ EA ให้มากกว่านี้

4.3 เปรียบเทียบรูปแบบรายการและประเมินผลอาคารกรณีศึกษา

การวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบรายการอาคารกรณีศึกษากับเกณฑ์ LEED ทั้ง 6 หมวดงานพร้อมคำนวณราคางานแตกต่างตามตารางที่ 4.47 จะใช้เป็นพื้นฐานในการพิจารณาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงรูปแบบให้ได้เกณฑ์ LEED ระดับ Certified หรือ Silver จะวิเคราะห์จากผลสรุปราคาในแต่ละหัวข้อและหมวด โดยสรุปราคาในแต่ละหมวดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.50 แสดงรายการที่ได้ดำเนินการตามเกณฑ์ LEED และราคาเปลี่ยนแปลง

Certified	Silver	หมวดที่ 1 ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโครงการ Sustainable site (SS)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			26	15	20,000
R	R	Prerequisites 1 Construction Activity Pollution Prevention	R	R	0
1	1	C1 Site Selection	1	1	0
0	0	C2 Development Density & Community Connectivity	5	0	ไม่เข้าเกณฑ์
0	0	C3 Brownfield Redevelopment	1	0	ไม่เข้าเกณฑ์
1	1	C4.1 Alternative Transportation–Public Transportation Access	6	1	0
1	1	C4.2 Alternative Trans. – Bicycle Storage & Changing Rooms	1	1	0
3	3	C4.3 Alternative Trans. – Low-Emitting & Fuel-Efficient Vehicles	3	3	0
2	2	C4.4 Alternative Trans. – Parking Capacity	2	2	0
1	1	C5.1 Site Development – Protect or Restore Habitat	1	1	0
1	1	C5.2 Site Development – Maximize Open Space	1	1	0
1	1	C6.1 Stormwater Design – Quantity Control	1	1	0
1	1	C6.2 Stormwater Design – Quality Control	1	1	20,000
1	1	C7.1 Heat Island Effect - Nonroof	1	1	0
1	1	C7.1 Heat Island Effect - Roof	1	1	0
1	1	C8 Light Pollution Reduction	1	1	0
15					20,000
	15				20,000

Certified	Silver	หมวดที่ 2 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ Water Efficiency (WE)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			10	6	12,000
R	R	Prerequisite 1 Water Use Reduction	R	R	0
4	4	C1 Water Efficient Landscaping	2-4	4	0
2	2	C2 Innovative Wastewater Technologies	2	2	SS 6.2+12,000
	*	C3 Water Use Reduction	2-4	0	-
6					12,000
	6				12,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.50 แสดงรายการที่ได้ดำเนินการตามเกณฑ์ LEED และราคาเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

Certified	Silver	หมวดที่ 3 การใช้พลังงานและบรรยากาศ Energy and Atmosphere (EA)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			35	7	1,389,500
R	R	Preq. 1 Fundamental Commission of Building Energy Systems	R	R	0
R	R	Prerequisite 2 Minimum Energy Performance	R	R	1,389,500
R	R	Prerequisite 3 Fundamental Refrigerant Management	R	R	Preq 2
	*	C1 Optimize Energy Performance	1-19	0	-
		C2 On-site Renewable Energy	1-7	0	-
2	2	C3 Enhanced Commissioning	2	2	Preq 1 และ 3
2	2	C4 Enhanced Refrigerant Management	2	2	Preq 2
3	3	C5 Measurement and Verification (M&V)	3	3	0
0	0	C6 Green Power	2	0	ไม่เข้าเกณฑ์
7					1,389,500
	7				1,389,500

Certified	Silver	หมวดที่ 4 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง Material and Resources (MR)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			14	6	-182,000
R	R	Prerequisite 1 Storage and Collection Recyclable	R	R	0
0	0	C1.1 Building Reuse – Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1-3	0	ไม่เข้าเกณฑ์
0	0	C1.2 Building Reuse – Maintain Existing Interiors Nonstructural	1	0	ไม่เข้าเกณฑ์
1	1	C2 Construction Waste Management	1-2	1	-182,000
1	1	C3 Material Reuse	1-2	1	0
1	1	C4 Recycled Content	1-2	1	0
2	2	C5 Regional Materials	1-2	2	0
0	1	C6 Rapidly Renewable Materials	1	1	IEQ4.2
		C7 Certified Wood	1	0	-
5					-182,000
	6	+1 คะแนน C2 Construction Waste Management			-182,000

ตารางที่ 4.50 แสดงรายการที่ได้ดำเนินการตามเกณฑ์ LEED และราคาเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

Certified	Silver	หมวดที่ 5 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร Indoor Environmental Quality (IEQ)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			15	13	854,760
R	R	Prerequisite 1 Minimum Indoor Air Quality Performance	R	R	0
R	R	Prerequisite 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	R	R	0
0	1	C1 Outdoor Air Delivery Monitoring	1	1	96,000
		C2 Increased Ventilation	1	0	-
1	1	C3.1 Construction Indoor Air Quality Management Plan – During	1	1	0
		C3.2 Construction Indoor Air Quality Management Plan - Before	1	0	ไม่เข้าเกณฑ์
0	1	C4.1 Low-Emitting Materials – Adhesives and Sealants	1	1	35,100
0	1	C4.2 Low-Emitting Materials – Paints and Coatings	1	1	97,060
0	1	C4.3 Low-Emitting Materials – Flooring Systems	1	1	569,600
1	1	C4.4 Low-Emitting Materials – Composite Wood and Agrifiber	1	1	0
0	1	C5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1	1	39,000
0	1	C6.1 Controllability of Systems - Lighting	1	1	18,000
1	1	C6.2 Controllability of Systems – Thermal Comfort	1	1	0
1	1	C7.1 Thermal Comfort - Design	1	1	0
1	1	C7.2 Thermal Comfort - Verification	1	1	0
1	1	C8.1 Daylight and Views - Daylight	1	1	-
1	1	C8.2 Daylight and Views - Views	1	1	0
7					0
	13				854,760

Certified	Silver	หมวดที่ 6 นวัตกรรมในการออกแบบ Innovation in Design (ID)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			6	2	1,620,000
0	1	C1.1 -1.4 Innovation in Design	5	1	120,000
0	1	C2 LEED Accredited Professional	1	1	1,500,000
0					0
	2				1,620,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.50 แสดงรายการที่ได้ดำเนินการตามเกณฑ์ LEED และราคาเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

Certified	Silver	หมวดที่ 7 การให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม Regional Priority (RP)	คะแนน		ราคาเปลี่ยนแปลง (บาท)
			เต็ม	ได้รับ	
			4	0	0
		C1.1 – 1.4 Regional Priority	4	0	-
0					0
	0				0
40	50	**รวมราคางานเปลี่ยนแปลงทุกรายการ**	110	49	3,714,260

การเปรียบเทียบสัดส่วนงานเพิ่มกับราคาก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา

ราคางานก่อสร้างโครงการ	52,605,752 บาท
Certified 40 คะแนน	1,239,500 บาท
เลือกดำเนินการ 40 คะแนนจาก 49 คะแนน	
คิดเป็นราคางานเพิ่มร้อยละ	2.4
Silver 50 คะแนน	3,714,260 บาท
ดำเนินการ 49 คะแนนและเพิ่ม MR Credit 2	
รวมเป็น 50 คะแนน	
คิดเป็นราคางานเพิ่มร้อยละ	7.1
กรณีไม่รวม LEED AP ร้อยละ	4.2

การประเมินระดับ Certified (40 คะแนน) ได้เลือกดำเนินการเพียง 40 คะแนน จาก 49 คะแนน โดยพิจารณาตัดงานที่มีมูลค่างานเพิ่มสูงออกทั้งหมดในงาน IEQ และ ID ฉะนั้น ราคางานเพิ่ม 1,239,500 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.4 ซึ่งงานเพิ่มมาจากการเปลี่ยนแปลงระบบปรับอากาศในหมวด EA

กรณีประเมินระดับ Silver (50 คะแนน) จำเป็นจะต้องดำเนินการเพิ่ม 1 คะแนน ซึ่งเลือกจะดำเนินการในข้อ MR Credit 2 Construction Waste Management การบริหารจัดการเกี่ยวกับขยะและเศษวัสดุ โดยดำเนินการให้ได้ร้อยละ 70 ของเศษวัสดุที่ต้องนำออกจากพื้นที่ก่อสร้าง โดยการจำหน่ายหรือบริจาค และจะไม่เป็นราคางานเพิ่มตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ข้างต้น การ

ประเมินระดับ Silver คิดเป็นมูลค่างานเพิ่ม 3,714,260 บาท คิดเป็นร้อยละ 7.1 โดยได้รวมค่าใช้จ่าย LEED AP กรณีที่ไม่รวม LEED AP จะมีสัดส่วนแตกต่างเพียงร้อยละ 4.2

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสำนักงานขนาดเล็ก ในการออกแบบเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ LEED Certified นั้น สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องใช้งบประมาณมากจากอาคารที่ได้ออกแบบให้สอดคล้องกับสถานที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ จะเห็นได้ว่าส่วนที่เพิ่มขึ้นในอาคารกรณีศึกษานั้นมาจากหมวดงาน EA พลังงานและบรรยากาศ ซึ่งระบบปรับอากาศของอาคารขนาดเล็กมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพและความสามารถในการรองรับข้อกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำ ในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งในอาคารขนาดใหญ่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มประมาณร้อยละ 1 ถึง 2 ในระดับ Silver [16] ในแต่ละหมวดงานเป็น Credit ที่สามารถดำเนินการได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม โดยเฉพาะหมวดที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณ หรือหมวดที่สามารถดำเนินการได้โดยบริหารจัดการในช่วงก่อสร้างเช่น วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง

การเปรียบเทียบความยากง่ายในการดำเนินการ สามารถพิจารณาได้จากราคาเพิ่มในแต่ละหมวดหรือช่วงเวลาที่ดำเนินการโดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.51 แสดงเปรียบเทียบรายการงานเพิ่มและความยากง่ายในเกณฑ์ LEED

Credit	Point	Easy Point	Certified	Silver
Sustainable Site	26	10-12	20,000	20,000
Water efficiency	10	4-5	12,000	12,000
Energy & Atmosphere	35	0-1	1,389,500	1,389,500
Materials & Resources	14	6-8	-182,000	-182,000
Indoor Environmental Quality	15	5-7	0	854,760
Innovations	6	1-2	0	1,620,000
Regional Priority	4	-	0	0
รวมราคาเพิ่ม (บาท)			1,239,500	3,714,260
ค่าก่อสร้างโครงการ Baseline Building ไม่รวมค่าดำเนินการ/กำไร/ภาษี (บาท)				52,605,752
คิดเป็นส่วนงานเพิ่มร้อยละ			2.40	7.1

หมวดที่ 1 ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโครงการ (SS) ในแต่ละข้อ สามารถดำเนินการได้ง่ายและมูลค่างานไม่สูง และยังส่งเสริมในหมวด WE กรณีที่ตั้งตัวอาคารอยู่ในเมืองจะสามารถทำคะแนนได้ง่าย 5-6 ข้อ ใน Credit 2 แสดงการติดต่อกับชุมชน Credit 4.1 ระบบขนส่งสาธารณะ

หมวดที่ 2 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (WE) ลักษณะงานเป็นการดำเนินการต่อเนื่องในแต่ละหัวข้อ ซึ่งจะทำให้มีราคาเพิ่มมากขึ้น จาก Credit 1 ไปยัง Credit 3 การใช้อุปกรณ์และสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ ที่มีเทคโนโลยีสูงหรือไม่ใช้น้ำเลยนั้น สามารถดำเนินการได้เพื่อให้ได้คะแนนเพิ่มและผ่านเกณฑ์ แต่อาจเป็นภาระให้กับผู้ใช้อาคารในการบำรุงรักษาภายหลัง

หมวดที่ 3 การใช้พลังงานและบรรยากาศ (EA) ดำเนินการได้ด้วยการลงทุนที่สูง เนื่องจากข้อบังคับ (Prerequisite) ที่ใช้มาตรฐาน สูงกว่า ASHRAE 90.1 ร้อยละ 10 ข้อกำหนดการออกแบบระบบปรับอากาศในประเทศไทยได้ใช้บางส่วนของมาตรฐาน ASHRAE 90.1 โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่ที่สามารถรองรับการขยายระบบได้ ฉะนั้นจึงเป็นราคาเพิ่มในโครงการขนาดเล็กอย่างเช่นอาคารกรณีศึกษา ซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบ Split Type มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดการรับภาระทำความเย็น สารทำความเย็นและประสิทธิภาพในการทำงาน อาคารกรณีศึกษาจึงไม่มุ่งเน้นพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงาน การดำเนินการหมวด EA ในช่วงก่อนและหลังส่งมอบอาคารให้ผู้ใช้งาน เป็นช่วงเวลาที่ดำเนินการได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เช่นการตรวจสอบและปรับแก้ไขการทำงานของงานระบบ ซึ่งต่อเนื่องกับหมวด IEQ Credit 6.2, 7.1 และ 7.2 การจัดทำแผนงานก่อสร้างโครงการควรจะระบุงานส่งมอบอาคารให้ชัดเจน เนื่องจากเป็นการกำหนดงานต่อเนื่อง ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเพิ่มจากผู้เกี่ยวข้อง Commissioning Authority (CxA) และ LEED AP รวมทั้งค่าธรรมเนียมการรับรอง LEED

หมวดที่ 4 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง การนำวัสดุมาใช้ใหม่หรือนำมาผลิตใหม่สามารถดำเนินการได้ไม่ยาก ส่วนการบริหารจัดการขยะและเศษวัสดุในงานก่อสร้างสามารถดำเนินการแล้วยังอาจลดค่าใช้จ่ายในโครงการ วัสดุหลายประเภทจำเป็นจะต้องศึกษาคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ประกอบการอาจไม่ให้ความร่วมมือในการเปิดเผยข้อมูลของวัสดุ แต่ปัญหานี้มิใช่ปัญหาหลัก เนื่องจากเกณฑ์ LEED ได้กำหนดปริมาณการใช้ไว้เพียงร้อยละ 10-20

หมวดที่ 5 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IEQ) การดำเนินในหมวดนี้จำเป็นต้องใช้งบประมาณสูง เนื่องจากเป็นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาสูงกว่าท้องตลาดมากกว่าร้อยละ 25 และเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้อาคาร การดำเนินการหลังจากส่งมอบอาคารแล้วเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเช่น Credit 6.2, 7.1 และ 7.2

หมวดที่ 6 นวัตกรรมในการออกแบบ การบริหารจัดการโครงการเช่น การบำรุงรักษาอาคารโครงการที่เกี่ยวกับส่วนร่วม และการส่งเสริมกิจกรรมในอาคาร จะมีค่าดำเนินการเพิ่ม โดยเฉพาะการบริหารจัดการซึ่งในเบื้องต้นอาจไม่สามารถคำนวณเป็นราคาค่าใช้จ่ายได้อย่างถูกต้อง

ส่วนการจัดจ้าง LEED AP ควรพิจารณาจากขนาดและระยะเวลาการออกแบบและก่อสร้างโครงการ ในโครงการขนาดใหญ่ซึ่งมีระยะเวลาออกแบบและก่อสร้างทั่วไป ประมาณ 2 ปี ถึง 2.5 ปี การมี LEED AP จะช่วยให้โครงการสำเร็จได้มาก แต่จะเป็นงานเพิ่มที่สูงสำหรับอาคารหรือโครงการขนาดเล็กและกลาง เนื่องจากสัดส่วนของงบประมาณก่อสร้างโครงการมีน้อยกว่า จึงทำให้ค่าจ้าง LEED AP สูงเมื่อเปรียบเทียบกับโครงการใหญ่

หมวดที่ 7 การให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม (RP) เนื่องจากเป็นหมวดซึ่งเพิ่งอนุญาตให้ใช้นอกประเทศสหรัฐอเมริกา จึงยังไม่มีตัวอย่างโครงการให้วิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การประเมินระดับ Certified สำหรับอาคารสำนักงานขนาดเล็ก สามารถดำเนินการได้โดยราคาที่เพิ่มไม่กระทบงบประมาณก่อสร้าง ถ้าอาคารได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับที่ตั้งตัวอาคาร และงานระบบประกอบอาคารต่างๆ ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องตามเกณฑ์ LEED ตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบ ซึ่งจะทำให้สามารถพัฒนาจาก Certified 40-49 คะแนน เป็น Silver 50-59 คะแนนได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งควรพิจารณาวัสดุก่อสร้างเพื่อใช้ในการรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นหมวดงานที่ไม่ต้องลงทุนมาก

ตารางที่ 5.1 แสดงผลประเมินระดับ Certified และ Silver

Certified 40-49 points	*Silver 50-59 points*	*Gold 60-79 points*		*Platinum 80+points*
เกณฑ์ LEED	Total		Achievability	
	Prerequisites	Credits	Achievable on Base Design	Need Further Investigation/ Cost Impact
Sustainable Site	1	26	15	0
Water efficiency	1	10	6	0
Energy & Atmosphere	3	35	7	0
Materials & Resources	1	14	5	2
Indoor Environmental Quality	2	15	7	6
Innovations	-	6	0	2
Regional Priority	-	4	0	0
Total	8	110	40	10
Accumulated Score			40	50
Anticipated Level	Must Pass All		Certified	Silver

อาคารกรณีศึกษาได้ผลประเมินสูงในหมวดที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโครงการและผ่านเกณฑ์ข้อบังคับการใช้พลังงานขั้นต่ำในหมวดพลังงานและบรรยากาศ จึงคาดว่าอาคารกรณีศึกษาจะเป็นอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ สถาปนิกในฐานะวิชาชีพที่เกี่ยวข้องโดยตรงจะต้องพัฒนาองค์ความรู้และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมสีเขียวให้เข้าใจ

และสามารถประยุกต์แนวคิดในการออกแบบเพื่อการรักษาสภาพแวดล้อม การอนุรักษ์พลังงาน การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้อาคารและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการบริหารจัดการอาคารและสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวโดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

การใช้เกณฑ์ LEED เพื่อประเมินอาคารเขียวในประเทศไทย อาจไม่เหมาะสมกับอาคารทุกโครงการ นอกจากจะพิจารณาค่าลงทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นกับรูปแบบและการใช้วัสดุของอาคารแล้ว ผู้ใช้เกณฑ์ควรพิจารณาความเหมาะสมประกอบดังนี้

1) ขนาดของอาคาร

พื้นที่ใช้สอยของอาคารและสถานที่ตั้งอาคารเป็นข้อสำคัญที่ควรพิจารณา เนื่องจากเกณฑ์ LEED อาจไม่เหมาะสมกับอาคารที่มีระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรืออาคารที่ไม่ต้องการระบบปรับอากาศ ด้วยสภาพแวดล้อมที่ตั้งอาคารที่แตกต่างจากประเทศผู้พัฒนาเกณฑ์ LEED ที่ตั้งอยู่ในเขตหนาว

2) ค่าใช้จ่ายในการประเมินอาคาร

การประเมินอาคารมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่มีการรับประกันว่าเมื่อทำการประเมินอาคารแล้ว จะได้รับการรับรองจากเกณฑ์ LEED เสมอไป ค่าใช้จ่ายขั้นต่ำในการลงทะเบียนและรับรองระดับ Certified ต่ออาคาร US$23,950 หรือ 79,000 บาท และระดับ Silver US$28,950 หรือ 950,000 บาท

3) ที่ปรึกษาอาคารเขียว

บางโครงการมีความจำเป็นในการจัดจ้างที่ปรึกษา LEED AP ซึ่งสามารถให้คำแนะนำกับโครงการที่จะเสนอ LEED และสามารถช่วยคุมงบประมาณให้เหมาะสมกับโครงการ แต่การจ้าง LEED AP มาเป็นที่ปรึกษาและจัดการโครงการด้านอาคารเขียวนั้น ค่อนข้างจะสูงสำหรับโครงการขนาดเล็กและขนาดกลาง ในกรณีอาคารกรณีศึกษาซึ่งมีมูลค่าการก่อสร้างไม่เกิน 50 ล้านบาท จะมีค่าใช้จ่ายส่วนนี้ประมาณ 1.5 ล้านบาท (เสนอราคาค่าบริการโดยบริษัทต่างชาติในประเทศไทยที่มีผลงานอาคารที่รับรองโดย USGBC แล้ว) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการคิดค่าบริการวิชาชีพที่ปรึกษา LEED หรือในเกณฑ์อื่นๆยังไม่มีระเบียบบังคับและมิได้คำนวณจากพื้นที่ก่อสร้างหรือระดับขั้นที่ประเมินเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ระยะเวลาในการประเมิน LEED

การออกแบบและก่อสร้างโครงการ ซึ่งอาคารทั่วไปจะใช้เวลาดำเนินการประมาณ 18 เดือน การขอประเมิน LEED จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 24 เดือน หลังจากส่งมอบอาคารให้แก่เจ้าของโครงการ ฉะนั้นถ้าสถาปนิก วิศวกร ผู้ออกแบบมีความเข้าใจในเกณฑ์ของ LEED หรือหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในระบบอื่นๆ ก็จะทำให้สามารถทำงานออกแบบ แนวทางอาคารเขียวอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้นงาน (Green Building through Integrated Design) ส่งผลให้กระบวนการขอประเมิน LEED แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

การประเมินอาคารเขียวในประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้เป็นกฎหมายควบคุมอาคาร เป็นเพียงเกณฑ์เพื่อให้ผู้สมัครใจเลือกประเมิน เพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม วิศวกร สถาปนิกและผู้ออกแบบเป็นกลุ่มวิชาชีพแรกที่ควรมีความรู้และความเข้าใจในเกณฑ์อาคารเขียวและเกณฑ์การประเมินอาคารต่างๆ ผู้บริหารจัดการอาคารเป็นกลุ่มบุคคลที่จะดำเนินการสานต่อให้อาคารเขียวเป็นอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามเกณฑ์ที่กำหนด

วิศวกรและสถาปนิก

1) เนื่องจากการประเมินอาคารเขียวบังคับให้นำเสนอเอกสารอย่างเป็นระดับขั้นตอน และใช้เครื่องมือโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานอาคารเช่น Energy Plus, Visual DOE, MAP, TRACE 700, SUNREL, TESVE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ต้องใช้ความเข้าใจวิศวกรรมงานระบบ และจำเป็นต่อการออกแบบอาคารในปัจจุบัน สถาปนิกควรพัฒนาตนเองเข้าสู่องค์ความรู้ใหม่ๆ ในการใช้โปรแกรมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อปรับแต่งข้อมูลให้เหมาะสมกับโครงการ
2) เรียนรู้การจัดการเอกสารอย่างมีระบบ เพื่อเป็นโอกาสให้สถาปนิกไทยเป็นผู้ชำนาญการด้านอาคารเขียว และจะส่งผลให้สามารถควบคุมต้นทุนการลงทุนก่อสร้างได้ มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสามองค์ประกอบสำคัญของอาคารเขียวซึ่งได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้บริหารจัดการอาคาร

1) ผู้บริหารจัดการอาคารจะต้องทำงานตามข้อกำหนดที่ออกแบบไว้ และปรับตามการใช้งานจริงหลังการส่งมอบอาคารนั้น มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการที่เครื่องจักรอุปกรณ์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นการดีที่ผู้ใช้อาคารจะติดตามตรวจสอบและปรับแต่งอุปกรณ์งานระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง Measurement and Verification (M&V) ซึ่งกระบวนการนี้ควรได้รับการพิจารณาตั้งแต่เริ่มโครงการ เพื่อมิให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดูแลงานอาคารหลังการส่งมอบอาคารแล้ว ซึ่งในหลายโครงการขั้นตอนนี้จะอยู่ในช่วงรับประกันอาคาร 1-2 ปี

2) การประชาสัมพันธ์ประโยชน์ของอาคารเขียวให้ผู้ใช้อาคารเข้าใจและภูมิใจกับอาคารในองค์กรนั้น เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้ผู้ใช้อาคารสมัครใจในการร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่จะส่งเสริมให้อาคารเป็นอาคารเขียวอย่างแท้จริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] เอกรินทร์ โมษกรนัฏ. Emission Baseline สำหรับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550.

[2] อุตุนิยมวิทยา, กรม. สถิติภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550 (แฟ้มข้อมูล). กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ผู้ผลิต), 2551.

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. รายงานประจำปี 2552 EPPO, หน้า 27

[4] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า (มีนาคม 2550), หน้า 1 – 2

[5] สถาบันอาคารเขียวไทย (TGBI). เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่. สถาบันอาคารเขียว, มกราคม 2553

[6] Kubba, Sam. LEED Practices, Certification, and Accreditation Handbook. USA: Elsevier Inc, 2010.

[7] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc and US. Green Building Council. ANSI/ASHRAE/USGBS/IES Standard for the Design of High-Performances Green Building Standard 189.1 – 2009. Atlanta, GA: ASHRAE, 2009

[8] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Advanced Energy Design Guide For Small Office Buildings. Atlanta, GA: ASHRAE, 2007.

[9] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 – 2004 Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, GA: ASHRAE, 2004.

[10] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ANSI/ASHRAE Standard 62.1 – 2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, GA: ASHRAE, 2004.

[11] U.S. Green Building Council. LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition. Washington, DC: U.S. Green Building Council, 2009.

[12] International Energy Agency (IEA). Available from: http://www.iea.org/index.asp [2011, January 25]

[13] World Green Building Councils (WGBC). Available from: http://www.worldgbc.org [2011, January 25]

[14] U.S. Energy Information Administration (EIA) Thailand Total Electricity Net Consumption. Available from: http://www.eia.doe.gov [2011, January 20]

[15] Building Research Establishment (BRE). BREEAM. Available from: http://www.breeam.org/ [2011, January 20]

[16] U.S. Green Building Council (USGBC). LEED. Available from: http://www.usgbc.org/ [2011, January 20]

[17] Swiss Confederation and the Swiss Cantons. MINERGIE. Available from: http://www.minergie.ch/ [2011, January 20]

[18] Japan Sustainable Building Consortium (JSBC). CASBEE. Available from: http://www.ibec.or.jp/ [2011, January 20]

[19] Green Building Council Australia (GBCA). Green Star. Available from: http://www.gbca.or.au/ [2011, January 20]

[20] German Sustainable Building Council (DGN). Available from: http://www.dgnb.de/ [2011, January 20]

[21] Technology PromotionMag. "อาคารเขียว" นวัตกรรมอนุรักษ์พลังงานเพื่อโลกยุคใหม่ June – July 2009. แหล่งที่มา: http://www.tpa.or.th/publisher/pdffiledownloads,/Tn~%20205B%20p8-11pdf. [2554, มกราคม 20]

[22] Jatuwat Varodompun. Energy & Environmental Rating Systems for Measuring Green Building Performances. Review Article, Thammasat University. Available from: http://www.ap.tu.ac.th/jars/download/jar/v6-1/08_Review%20Article_Jatuwat.pdf [2011, January 5]

[23] World Weather and Climate Graph. Bangkok, Thailand. Available from: http://www.climatetemp.info/thailand/bangkok/html [2011, January 5]

[24] Green Building Certification Institute (GBCI). Available from: http://www/gbci.org [2011, January 25]

[25] InterFaceFlor. Available from: http://www.interfaceflor.sg/internet/webAA.nsf/webpages/5420072AA.html [2011, January 28]

[26] Johnson Control High Performance Green Building Solutions. Available from: http//www.yorkthai.com/main/home/york_cool_enginrri_contest_2008.pdf [2011, January 28]

[27] USAID. Available from: http://www.usaid.gov/rdma/articles/ press_release_ 1309.html [2011, January 5]

[28] Colgate. Available from: http://www.colgate.com/app/colgate/ us/corp [2011, January 5]

[29] International School of Bangkok. Available from: http://www.isb.ac.th/ISB - community/default.aspx [2011, January 5]

[30] National Research Council of Thailand. Available from: http://www.energy-based.nrct.go.th/Article/Ts-3%20energy%20and%20enviromental [2011, May 3]

[31] CSI Master Format Division List. Available from: http://constructionnotebook.com/ ipin2/CSIDivision.asp [2011, February 10]

[32] LEED 2009 Certification. Available from: http://www.leedonline.com [2011, February 10]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก–1 [9]

TABLE 5.5-1 Building Envelope Requirements For Climate Zone 1 (A,B)

	Nonresidential		Residential		Semiheated	
Opaque Elements	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
Roofs						
Insulation Entirely above Deck	U-0.360	R-2.6 ci	U-0.360	R-2.6 ci	U-7.280	NR
Metal Building	U-0.369	R-3.3	U-0.369	R-3.3	U-7.268	NR
Attic and Other	U-0.192	R-5.3	U-0.153	R-6.7	U-3.483	NR
Walls, Above Grade						
Mass	U-3.293	NR	U-0.857[a]	R-1.0 ci[a]	U-3.293	NR
Metal Building	U-0.642	R-2.3	U-0.642	R-2.3	U-6.700	NR
Steel Framed	U-0.705	R-2.3	U-0.705	R-2.3	U-1.998	NR
Wood Framed and Other	U-0.504	R-2.3	U-0.504	R-2.3	U-1.660	NR
Wall, Below Grade						
Below Grade Wall	C-6.473	NR	C-6.473	NR	C-6.473	NR
Floors						
Mass	U-1.825	NR	U-1.825	NR	U-1.825	NR
Steel Joist	U-1.986	NR	U-1.986	NR	U-1.986	NR
Wood Framed and Other	U-1.599	NR	U-1.599	NR	U-1.599	NR
Slab-On-Grade Floors						
Unheated	F-1.264	NR	F-1.264	NR	F-1.264	NR
Heated	F-1.766	R-1.3 for 300 mm	F-1.766	R-1.3 for 300 mm	F-1.766	R-1.3 for 300 mm
Opaque Doors						
Swinging	U-3.975		U-3.975		U-3.975	
Non-Swinging	U-8.233		U-8.233		U-8.233	
Fenestration	**Assembly Max. U ~~(Fixed/ Operable)~~**	**Assembly Max. SHGC ~~(All Orientations/ North-Oriented)~~**	**Assembly Max. U ~~(Fixed/ Operable)~~**	**Assembly Max. SHGC ~~(All Orientations/ North-Oriented)~~**	**Assembly Max. U ~~(Fixed/ Operable)~~**	**Assembly Max. SHGC ~~(All Orientations/ North-Oriented)~~**
Vertical Glazing, 0-40% of Wall						
Nonmetal framing: all[c]	U-6.81	SHGC-0.25 all	U-6.81	SHGC-0.25 all	U-6.81	SHGC-NR all
Metal fr. curtainwall/ storefront[d]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	
Metal framing: entrance door[d]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	
Metal framing: all other[d]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	

ภาคผนวก ก–2 [9]

TABLE A-1 (Supersedes Table 5.5-1 in ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1)
Building Envelope Requirements for Climate Zone 1 (A, B) (SI)

	Nonresidential		Residential		Semiheated	
	Assembly	Insulation	Assembly	Insulation	Assembly	Insulation
Opaque Elements	Max.	Min. R-Value	Max.	Min. R-Value	Max.	Min.R-Value
Roofs						
Insulation Entirely above Deck	U-0.27	R-3.5 ci	U-0.22	R-4.4 ci	U-0.98	R-0.9 ci
Metal Building	U-0.25	R-3.3 +R-1.9 Ls[d]	U-0.20	R-3.3 + R-1.9 Ls	U-0.47	R-3.3
Attic and Other	U-0.15	R-6.7	U-0.12	R-8.6	U-0.30	R-3.3
Walls, Above Grade						
Mass	U-0.86 [a]	R-1.0 ci [a]	U-0.70	R-1.3 ci	U-0.86 [a]	R-1.0 ci [a]
Metal Building	U-0.45	R-2.3 + R-1.1 ci	U-0.45	R-2.3 + R-1.1 ci	U-0.84	R-3.3
Steel Framed	U-0.43	R-2.3 + R-0.9 ci	U-0.43	R-2.3 + R-0.9 ci	U-0.71	R-2.3
Wood Framed and Other	U-0.36	R-2.3 + R-0.7 ci	U-0.36	R-2.3 + R-0.7 ci	U-0.50	R-2.3
Wall, Below Grade						
Below Grade Wall	C-6.47	NR	C-6.47	NR	C-6.47	NR
Floors						
Mass	U-0.78	R-0.7 ci	U-0.78	R-0.7 ci	U-1.83	NR
Steel Joist	U-0.30	R-3.3	U-0.30	R-3.3	U-1.99	NR
Wood Framed and Other	U-0.29	R-3.3	U-0.29	R-3.3	U-1.60	NR
Slab-On-Grade Floors						
Unheated	F-1.26	NR	F-1.26	NR	F-1.26	NR
Heated	F-1.11	R-1.3 for 300 mm + R-0.9 ci below	F-1.11	R-1.3 for 300 mm + R-0.9 ci below	F-1.77	R-1.3 for 300mm
Opaque Doors						
Swinging	U-3.41		U-3.41		U-3.41	
Non-Swinging	U-2.84		U-2.84		U-2.84	

	Assembly	Assembly	Assembly	Assembly	Assembly	Assembly
Fenestration	Max. U	Max. SHGC	Max. U	Max. SHGC	Max. U	Max. SHGC
Vertical Fenestration,0-40% of Wall						
Nonmetal framing: all[b]	U-6.81	SHGC-0.25 all	U-6.81	SHGC-0.25 all	U-6.81	SHGC-NR all
Metal fr: curtainwall/storefront[c]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	
Metal framing: entrance door[c]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	
Metal framing: all other[c]	U-6.81		U-6.81		U-6.81	
Skylight with Curb, Glass,% of Roof						
0% 2.0%	U_{all}-4.03	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-4.03	$SHGC_{all}$-0.16	U_{all}-11.24	$SHGC_{all}$-NR
2.1% 5.0%	U_{all}-4.03	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-4.03	$SHGC_{all}$-0.16	U_{all}-11.24	$SHGC_{all}$-NR
Skylight with Curb, Plastic,% of Roof						
0% 2.0%	U_{all}-6.36	$SHGC_{all}$-0.27	U_{all}-6.36	$SHGC_{all}$-0.27	U_{all}-10.79	$SHGC_{all}$-NR
2.1% 5.0%	U_{all}-6.36	$SHGC_{all}$-0.27	U_{all}-6.36	$SHGC_{all}$-0.27	U_{all}-10.79	$SHGC_{all}$-NR
Skylight without Curb, All,% of Roof						
0% 2.0%	U_{all}-3.24	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-3.24	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-7.72	$SHGC_{all}$-NR
2.1% 5.0%	U_{all}-3.24	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-3.24	$SHGC_{all}$-0.19	U_{all}-7.72	$SHGC_{all}$-NR

The following definitions apply: ci = continuous insulation, Ls = *liner system*, NR = no (insulation) requirement
[a] Mass *walls* with a heat capacity greater than 245 kJ/m^2·K which are unfinished or finished only on the interior do not need to be insulated.
[b] Nonmetal framing includes framing materials other than metal with or without metal reinforcing or cladding.
[c] Metal framing includes metal framing with or without thermal break. The all other subcategory includes operable windows, fixed windows, and non-entrance doors.
[d] Liner system without thermal spacer blocks for this case only.

ภาคผนวก ก–3 [10]

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft²	L/s·m²		#/1000 ft² or #/100 m²	cfm/person	L/s·person	
Correctional Facilities									
Cell	5	2.5	0.12	0.6		25	10	4.9	2
Dayroom	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Guard stations	5	2.5	0.06	0.3		15	9	4.5	1
Booking/waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		50	9	4.4	2
Educational Facilities									
Daycare (through age 4)	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Daycare sickroom	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	3
Classrooms (ages 5–8)	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Classrooms (age 9 plus)	10	5	0.12	0.6		35	13	6.7	1
Lecture classroom	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8	4.3	1
Lecture hall (fixed seats)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
Art classroom	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Science laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
University/college laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Wood/metal shop	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Computer lab	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Media center	10	5	0.12	0.6	A	25	15	7.4	1
Music/theater/dance	10	5	0.06	0.3		35	12	5.9	1
Multi-use assembly	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Food and Beverage Service									
Restaurant dining rooms	7.5	3.8	0.18	0.9		70	10	5.1	2
Cafeteria/fast-food dining	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
Bars, cocktail lounges	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
General									
Break rooms	5	2.5	0.06	0.3		25	10	5.1	1
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3		20	11	5.5	1
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Corridors	–	–	0.06	0.3		–			1
Storage rooms	–	–	0.12	0.6	B	–			1
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories									
Bedroom/living room	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4.0	1
Laundry rooms, central	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	2
Laundry rooms within dwelling units	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1
Multipurpose assembly	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1

ภาคผนวก ก–3 [10] (ต่อ)

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE *(continued)*
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft²	L/s·m²		#/1000 ft² or #/100 m²	cfm/person	L/s·person	
Office Buildings									
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Miscellaneous Spaces									
Bank vaults/safe deposit	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	2
Computer (not printing)	5	2.5	0.06	0.3		4	20	10.0	1
Electrical equipment rooms	–	–	0.06	0.3	B	–			1
Elevator machine rooms	–	–	0.12	0.6	B	–			1
Pharmacy (prep. area)	5	2.5	0.18	0.9		10	23	11.5	2
Photo studios	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Shipping/receiving	–	–	0.12	0.6	B	–			1
Telephone closets	–	–	0.00	0.0		–			1
Transportation waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Warehouses	–	–	0.06	0.3	B	–			2
Public Assembly Spaces									
Auditorium seating area	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Places of religious worship	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1
Courtrooms	5	2.5	0.06	0.3		70	6	2.9	1
Legislative chambers	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Libraries	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Lobbies	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Museums (children's)	7.5	3.8	0.12	0.6		40	11	5.3	1
Museums/galleries	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Residential									
Dwelling unit	5	2.5	0.06	0.3	F,G	F			1
Common corridors	–	–	0.06	0.3					1
Retail									
Sales (except as below)	7.5	3.8	0.12	0.6		15	16	7.8	2
Mall common areas	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Barbershop	7.5	3.8	0.06	0.3		25	10	5.0	2
Beauty and nail salons	20	10	0.12	0.6		25	25	12.4	2
Pet shops (animal areas)	7.5	3.8	0.18	0.9		10	26	12.8	2
Supermarket	7.5	3.8	0.06	0.3		8	15	7.6	1
Coin-operated laundries	7.5	3.8	0.06	0.3		20	11	5.3	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก–3 [10] (ต่อ)

TABLE 6-2 Zone Air Distribution Effectiveness

Air Distribution Configuration	E_z
Ceiling supply of cool air.	1.0
Ceiling supply of warm air and floor return.	1.0
Ceiling supply of warm air 15°F (8°C) or more above space temperature and ceiling return.	0.8
Ceiling supply of warm air less than 15°F (8°C) above space temperature and ceiling return provided that the 150 fpm (0.8 m/s) supply air jet reaches to within 4.5 ft (1.4 m) of floor level. ***Note:*** For lower velocity supply air, $E_z = 0.8$.	1.0
Floor supply of cool air and ceiling return provided that the 150 fpm (0.8 m/s) supply jet reaches 4.5 ft (1.4 m) or more above the floor. ***Note:*** Most underfloor air distribution systems comply with this proviso.	1.0
Floor supply of cool air and ceiling return, provided low-velocity displacement ventilation achieves unidirectional flow and thermal stratification.	1.2
Floor supply of warm air and floor return.	1.0
Floor supply of warm air and ceiling return.	0.7
Makeup supply drawn in on the opposite side of the room from the exhaust and/or return.	0.8
Makeup supply drawn in near to the exhaust and/or return location.	0.5

1. "Cool air" is air cooler than space temperature.
2. "Warm air" is air warmer than space temperature.
3. "Ceiling" includes any point above the *breathing zone*.
4. "Floor" includes any point below the *breathing zone*.
5. As an alternative to using the above values, E_z may be regarded as equal to air change effectiveness determined in accordance with ANSI/ASHRAE Standard 129[16] for all air distribution configurations except unidirectional flow.

TABLE 6-3 System Ventilation Efficiency

Max (Z_p)	E_v
≤0.15	1.0
≤0.25	0.9
≤0.35	0.8
≤0.45	0.7
≤0.55	0.6
>0.55	Use Appendix A

1. "Max Z_p" refers to the largest value of Z_p, calculated using Equation 6-5, among all the zones served by the system.
2. For values of Z_p between 0.15 and 0.55, one may determine the corresponding value of E_v by interpolating the values in the table.
3. The values of E_v in this table are based on a 0.15 average outdoor air fraction for the system (i.e., the ratio of the *uncorrected outdoor air intake* V_{ou} to the total *zone primary airflow* for all the zones served by the air handler). For systems with higher values of the average outdoor air fraction, this table may result in unrealistically low values of E_v and the use of Appendix A may yield more practical results.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 [31]

Construction Specification Institute

Division 1		General Requirements
	01100	Summary
	01200	Price and Payment Procedures
	01300	Administrative Requirements
	01400	Quality Requirements
	01500	Temporary Facilities and Controls
	01600	Product Requirements
	01700	Execution Requirements
	01800	Facility Operation
	01900	Facility Decommissioning
Division 2		Site Construction
	02050	Basic Site Materials and Methods
	02100	Site Remediation
	02200	Site Preparation
	02300	Earthwork
	02400	Tunneling, Boring and Jacking
	02450	Foundation and Load-Bearing Elements
	02500	Utility Services
	02600	Drainage and Containment
	02700	Bases, Ballasts, Pavements and Appurtenances
	02800	Site Improvements and Amenities
	02900	Planting
	02950	Site Restoration and Rehabilitation
Division 3		Concrete
	03050	Basic Concrete Materials and Methods
	03100	Concrete Forms and Accessories
	03200	Concrete Reinforcement
	03300	Cast-In-Place Concrete
	03400	Precast Concrete
	03500	Cementitious Decks and Underlayment
	03600	Grouts
	03700	Mass Concrete
	03900	Concrete Restoration and Cleaning
Division 4		Masonry
	04050	Basic Masonry Materials and Methods
	04200	Masonry Units
	04400	Stone
	04500	Refractories
	04600	Corrosion-Resistant Masonry

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 [31] (ต่อ)

	04700	Simulated Masonry
	04800	Masonry Assemblies
	04900	Masonry Restoration and Cleaning
Division 5		**Metals**
	05050	Basic Metal Materials and Methods
	05100	Structural Metal Framing
	05200	Metal Joists
	05300	Metal Deck
	05400	Cold-Formed Metal Framing
	05500	Metal Fabrications
	05600	Hydraulic Fabrications
	05700	Ornamental Metal
	05800	Expansion Control
	05900	Metal Restoration and Cleaning
Division 6		**Wood and Plastics**
	06050	Basic Wood and Plastic Materials and Methods
	06100	Rough Carpentry
	06200	Finish Carpentry
	06400	Architectural Woodwork
	06500	Structural Plastics
	06600	Plastic Fabrications
	06900	Wood and Plastic Restoration and Cleaning
Division 7		**Thermal and Moisture Protection**
	07050	Basic Thermal and Moisture Protection Materials and Methods
	07100	Damproofing and Waterproofing
	07200	Thermal Protection
	07300	Shingles, Roof Tiles, and Roof Coverings
	07400	Roofing and Siding Panels
	07500	Membrane Roofing
	07600	Flashing and Sheet Metal
	07700	Roof Specialties and Accessories
	07800	Fire and Smoke Protection
	07900	Joint Sealers
Division 8		**Doors and Windows**
	08050	Basic Door and Window Materials and Methods
	08100	Metal Doors and Frames
	08200	Wood and Plastic Doors
	08300	Specialty Doors
	08400	Entrances and Storefronts
	08500	Windows
	08600	Skylights
	08700	Hardware
	08800	Glazing
	08900	Glazed Curtain Wall
Division 9		**Finishes**
	09050	Basic Finish Materials and

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 [31] (ต่อ)

		Methods
	09100	Metal Support Assemblies
	09200	Plaster and Gypsum Board
	09300	Tile
	09400	Terrazzo
	09500	Ceilings
	09600	Flooring
	09700	Wall Finishes
	09800	Acoustical Treatment
	09900	Paints and Coatings
Division 10		**Specialties**
	10100	Visual Display Boards
	10150	Compartments and Cubicles
	10200	Louvers and Vents
	10240	Grilles and Screens
	10250	Service Walls
	10260	Wall and Corner Guards
	10270	Access Flooring
	10290	Pest Control
	10300	Fireplaces and Stoves
	10340	Manufactured Exterior Specialties
	10350	Flagpoles
	10400	Identification Devices
	10450	Pedestrian Control Devices
	10500	Lockers
	10520	Fire Protection Specialties
	10530	Protective Covers
	10550	Postal Specialties
	10600	Partitions
	10670	Storage Shelving
	10700	Exterior Protection
	10750	Telephone Specialties
	10800	Toilet, Bath, and Laundry Specialties
	10880	Scales
	10900	Wardrobe and Closet Specialties
Division 11		**Equipment**
	11010	Maintenance Equipment
	11020	Security and Vault Equipment
	11030	Teller and Service Equipment
	11040	Ecclesiastical Equipment
	11050	Library Equipment
	11060	Theater and Stage Equipment
	11070	Instrumental Equipment
	11080	Registration Equipment
	11090	Checkroom Equipment
	11100	Mercantile Equipment
	11110	Commercial Laundry and Dry Cleaning Equipment
	11120	Vending Equipment
	11130	Audio-Visual Equipment
	11140	Vehicle Service Equipment
	11150	Parking Control Equipment

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 [31] (ต่อ)

	11160	Loading Dock Equipment
	11170	Solid Waste Handling Equipment
	11190	Detention Equipment
	11200	Water Supply and Treatment Equipment
	11280	Hydraulic Gates and Valves
	11300	Fluid Waste Treatment and Disposal Equipment
	11400	Food Service Equipment
	11450	Residential Equipment
	11460	Unit Kitchens
	11470	Darkroom Equipment
	11480	Athletic, Recreational, and Therapeutic Equipment
	11500	Industrial and Process Equipment
	11600	Laboratory Equipment
	11650	Planetarium Equipment
	11660	Observatory Equipment
	11680	Office Equipment
	11700	Medical Equipment
	11780	Mortuary Equipment
	11850	Navigation Equipment
	11870	Agricultural Equipment
	11900	Exhibit Equipment
Division 12		**Furnishings**
	12050	Fabrics
	12100	Art
	12300	Manufactured Casework
	12400	Furnishings and Accessories
	12500	Furniture
	12600	Multiple Seating
	12700	Systems Furniture
	12800	Interior Plants and Planters
	12900	Furnishings Restoration and Repair
Division 13		**Special Construction**
	13010	Air-Supported Structures
	13020	Building Modules
	13030	Special Purpose Rooms
	13080	Sound, Vibration, and Seismic Control
	13090	Radiation Protection
	13100	Lightning Protection
	13110	Cathodic Protection
	13120	Pre-Engineered Structures
	13150	Swimming Pools
	13160	Aquariums
	13165	Aquatic Park Facilities
	13170	Tubs and Pools
	13175	Ice Rinks
	13185	Kennels and Animal Shelters
	13190	Site-Constructed Incinerators
	13200	Storage Tanks

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 [31] (ต่อ)

	13220	Filter Underdrains and Media
	13230	Digester Covers and Appurtenances
	13240	Oxygenation Systems
	13260	Sludge Conditioning Systems
	13280	Hazardous Material Remediation
	13400	Measurement and Control Instrumentation
	13500	Recording Instrumentation
	13550	Transportation Control Instrumentation
	13600	Solar and Wind Energy Equipment
	13700	Security Access and Surveillance
	13800	Building Automation and Control
	13850	Detection and Alarm
	13900	Fire Suppression
Division 14		**Conveying Systems**
	14100	Dumbwaiters
	14200	Elevators
	14300	Escalators and Moving Walks
	14400	Lifts
	14500	Material Handling
	14600	Hoists and Cables
	14700	Turntables
	14800	Scaffolding
	14900	Transportation
Division 15		**Mechanical**
	15050	Basic Mechanical Materials and Methods
	15100	Building Service Piping
	15200	Process Piping
	15300	Fire Protection Piping
	15400	Plumbing Fixtures and Equipment
	15500	Heat-Generation Equipment
	15600	Refrigeration Equipment
	15700	Heating, Ventilating, and Air Conditioning Equipment
	15800	Air Distribution
	15900	HVAC Instrumentation and Controls
	15950	Testing, Adjusting, and Balancing
Division 16		**Electrical**
	16050	Basic Electrical Materials and Methods
	16100	Wiring Methods
	16200	Electrical Power
	16300	Transmission and Distribution
	16400	Low-Voltage Distribution
	16500	Lighting
	16700	Communications
	16800	Sound and Video

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก–5 [11]

South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule #1168

Table 1. VOC Limits for Adhesives and Sealants

Architectural Applications	VOC Limit (g/L less water)	Specialty Applications	VOC Limit (g/L less water)
Indoor carpet adhesives	50	PVC welding	510
Carpet pad adhesives	50	CPVC welding	490
Wood flooring adhesives	100	ABS welding	325
Rubber floor adhesives	60	Plastic cement welding	250
Subfloor adhesives	50	Adhesive primer for plastic	550
Ceramic tile adhesives	65	Contact adhesive	80
VCT and asphalt adhesives	50	Special purpose contact adhesive	250
Drywall and panel adhesives	50	Structural wood member adhesive	140
Cove base adhesives	50	Sheet applied rubber lining operations	850
Multipurpose construction adhesives	70	Top and trim adhesive	250
Structural glazing adhesives	100		
Substrate Specific Applications	**VOC Limit (g/L less water)**	**Sealants**	**VOC Limit (g/L less water)**
Metal to metal	30	Architectural	250
Plastic foams	50	Nonmembrane roof	300
Porous material (except wood)	50	Roadway	250
Wood	30	Single-ply roof membrane	450
Fiberglass	80	Other	420
Sealant Primers	**VOC Limit (g/L less water)**		
Architectural, nonporous	250		
Architectural, porous	775		
Other	750		

Table 2. VOC Limits for Aerosol Adhesives

Aerosol Adhesives	VOC Limit
General purpose mist spray	65% VOCs by weight
General purpose web spray	55% VOCs by weight
Special purpose aerosol adhesives (all types)	70% VOCs by weight

ที่มา: LEED Reference Guide for Green Building Design 2009 Edition, หน้า 471-472

ภาคผนวก ก–5 [11] (ต่อ)

South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule #1113

Coating	Ceiling Limit*	Current Limit	Effective Date					
			1/1/03	1/1/04	1/1/05	7/1/06	7/1/07	7/1/08
Bond breakers	350							
Clear Wood finishes – Varnish – Sanding Sealers – Lacquer	350 350 350 680	550			275	275 275 275		
Clear brushing lacquer	680				275			
Concrete-curing compounds	350						100	
Concrete-curing compounds for roadways and bridges**	350							
Dry-fog coatings	400						150	
Fire-proofing exterior coatings	450	350						
Fire-retardant coatings*** – Clear – Pigmented	 650 350							
Flats	250	100						50
Floor coatings	420		100					50
Graphic arts (sign) coatings	500							
Industrial maintenance (im) coatings High temperature im coatings Zinc-rich im primers	420 420		 420 340	250		100 100		
Japans/faux finishing coatings	700	350						
Magnesite cement coatings	600	450						
Mastic coatings	300							
Metallic Pigmented coatings	500							
Multicolor coatings	420	250						
Nonflat coatings	250	150				50		
Nonflat high gloss	250		150				50	
Pigmented lacquer	680	550			275			
Pretreatment wash primers	780		420					
Primers, sealers, undercoaters	350		200			100		
Primers, sealers, undercoaters	350		200			100		
Quick-dry enamels	400		250			150	50	
Quick-dry primers, sealers, undercoaters	350		200			100		
Recycled coatings			250					
Roof coatings Aluminum roof coatings	300 500		250		50 100			
Roof primers, bituminous	350		350					
Rust: preventive coatings	420		400			100		
Shellac – Clear – Pigmented	 730 550							
Specialty primers	350					250	100	
Stains – Interior	350 250		250				100	
Swimming pool coatings – Repair – Other	 650 340		 340					
Traffic coatings	250	150					100	
Waterproofing sealers	400		250			100		
Waterproofing concrete, masonry sealers	400					100		
Wood preservatives – Below-ground	350							
Other	350							

* The specified limits remain in effect until revised.

** Does not include compounds used for curbs and gutters, sidewalks, islands, driveways, and other miscellaneous concrete areas.

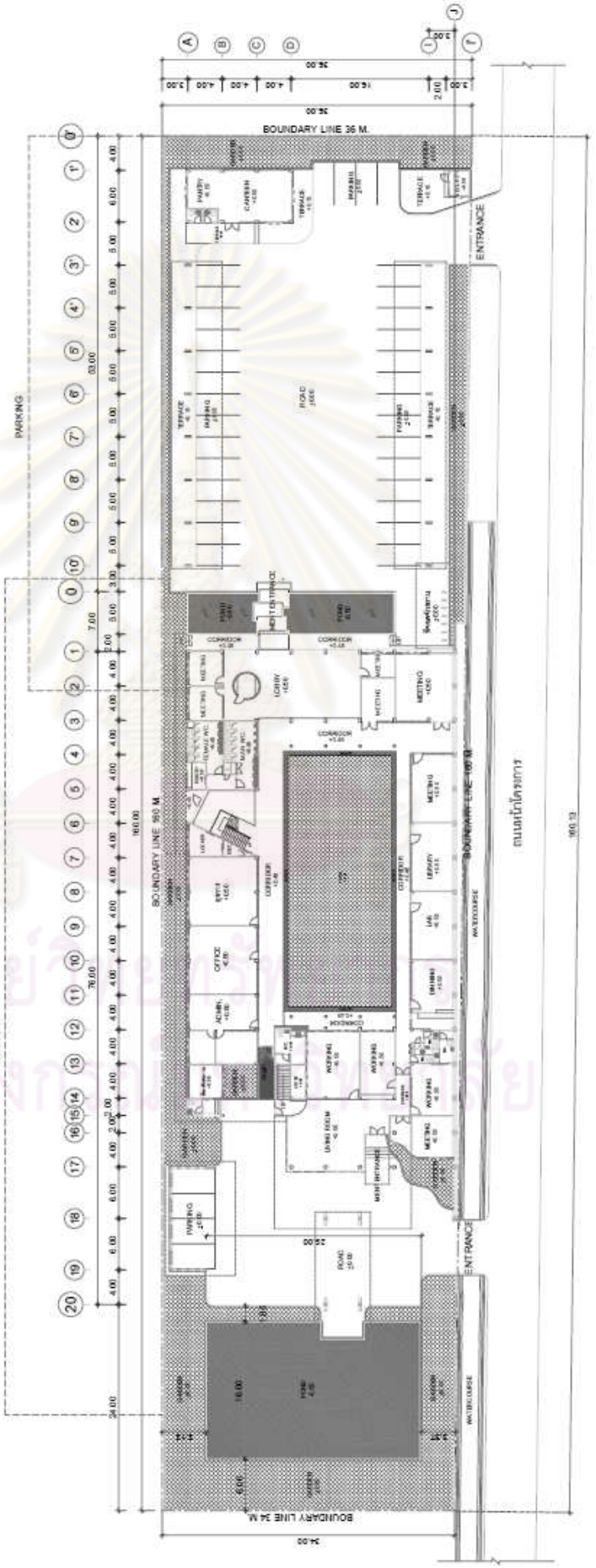
*** The fire-retardant coating category was eliminated on January 1, 2007, and subsumed by the coating category for which it was formulated.

ที่มา: LEED Reference Guide for Green Building Design 2009 Edition, หน้า 483

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

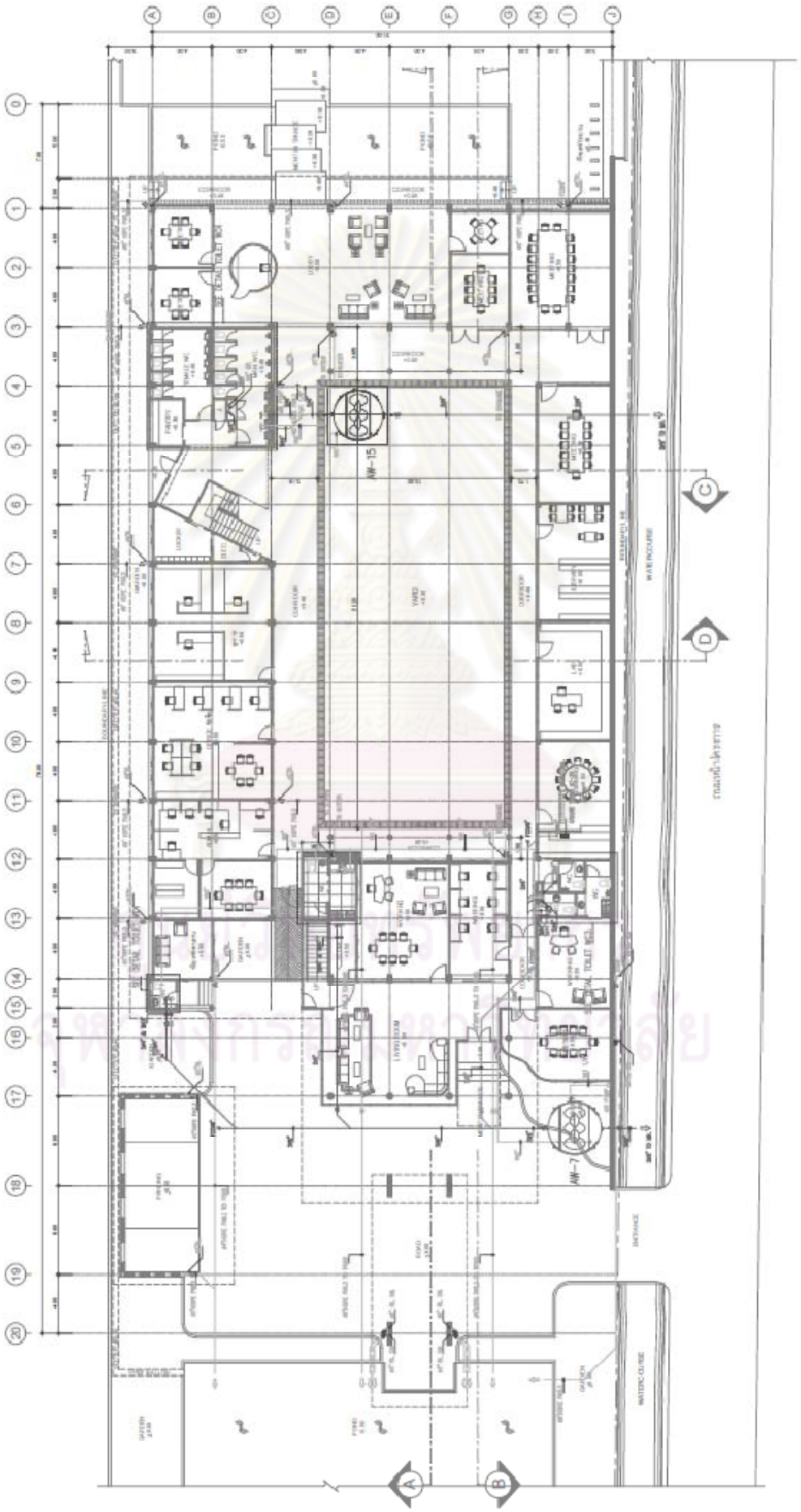
ภาคผนวก ข–1 ผังรูปด้านและรูปตัดอาคาร



ผังบริเวณโครงการ

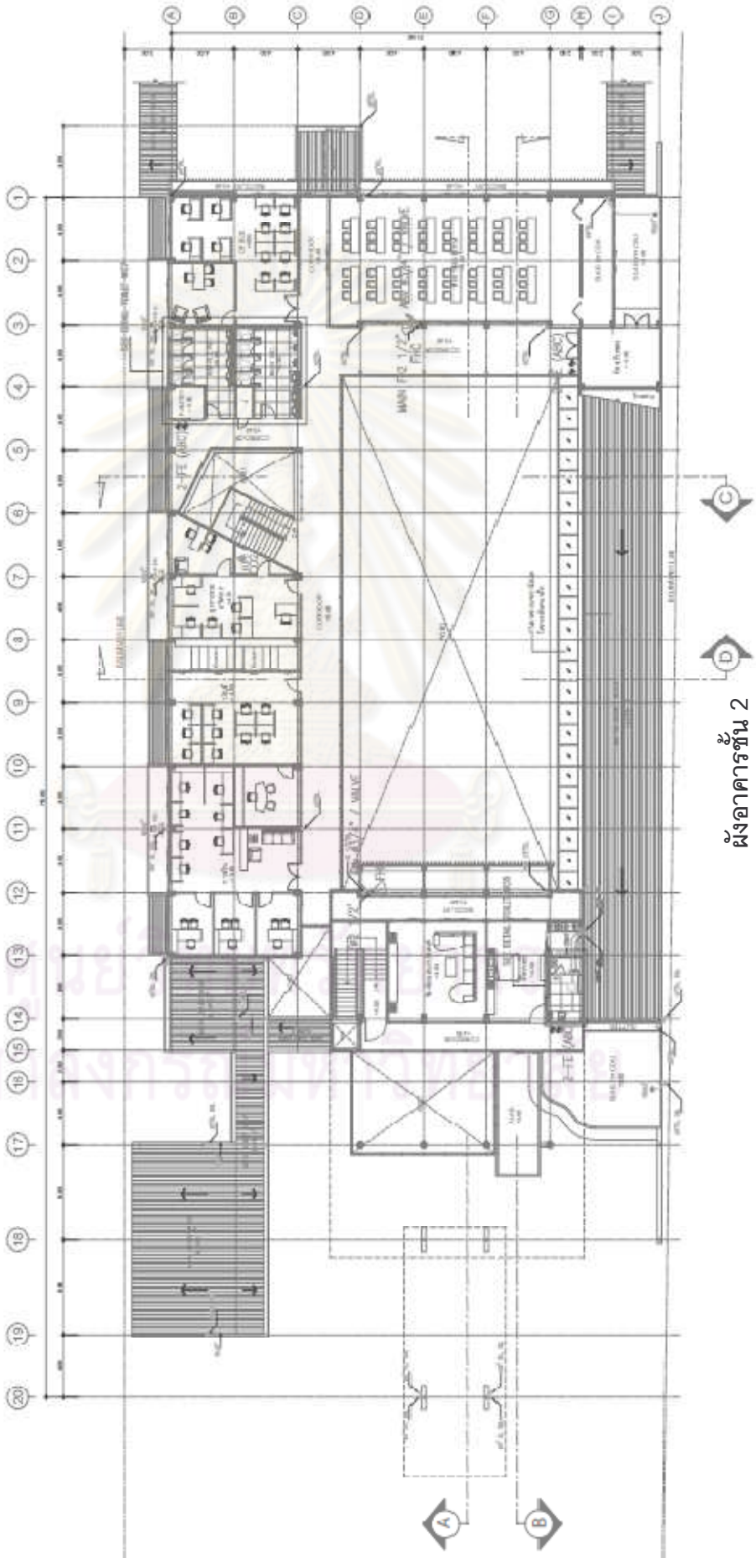
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)



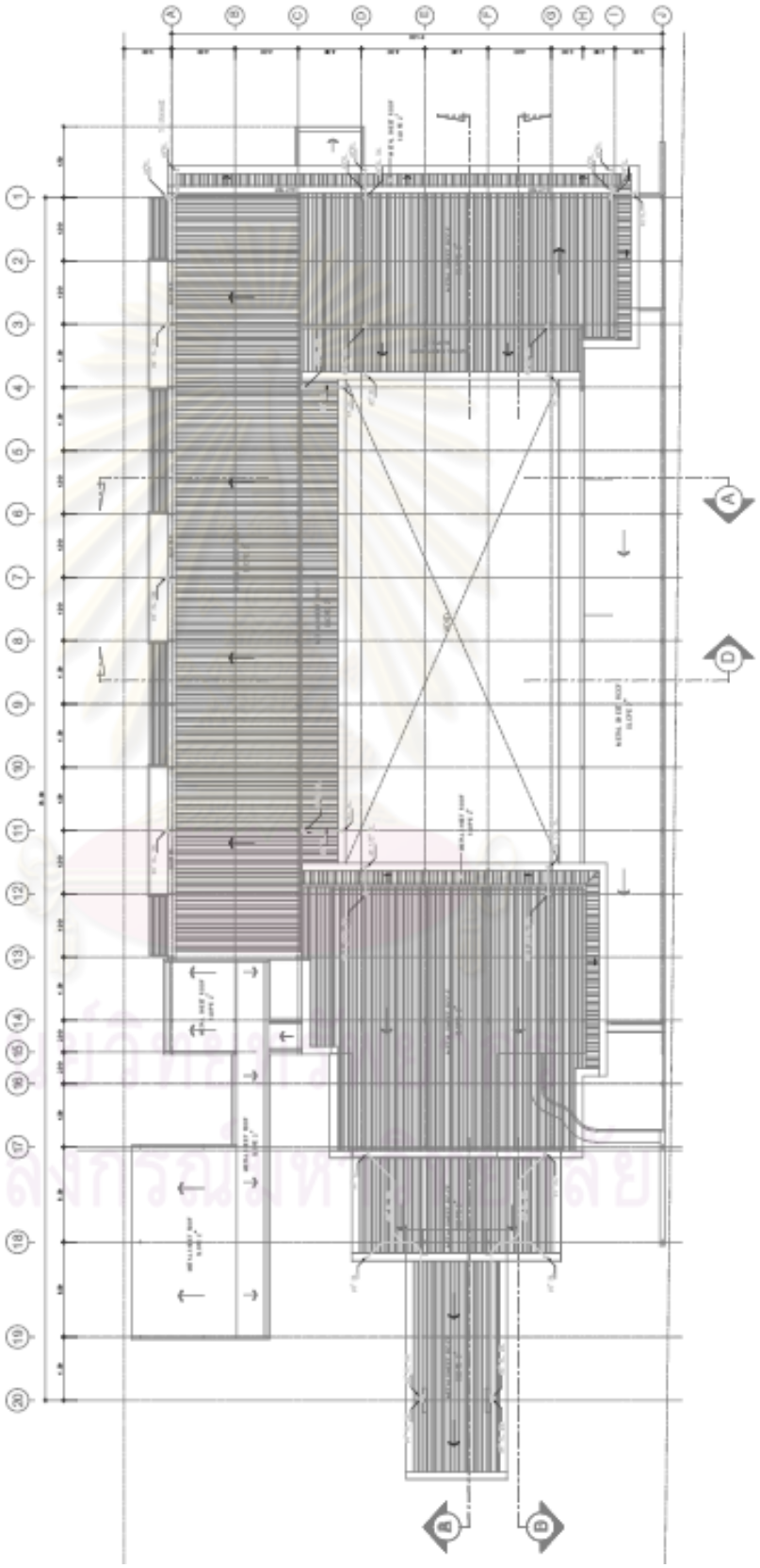
ผังอาคารชั้น 1 หมายเหตุ

ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)



ผังอาคารชั้น 2

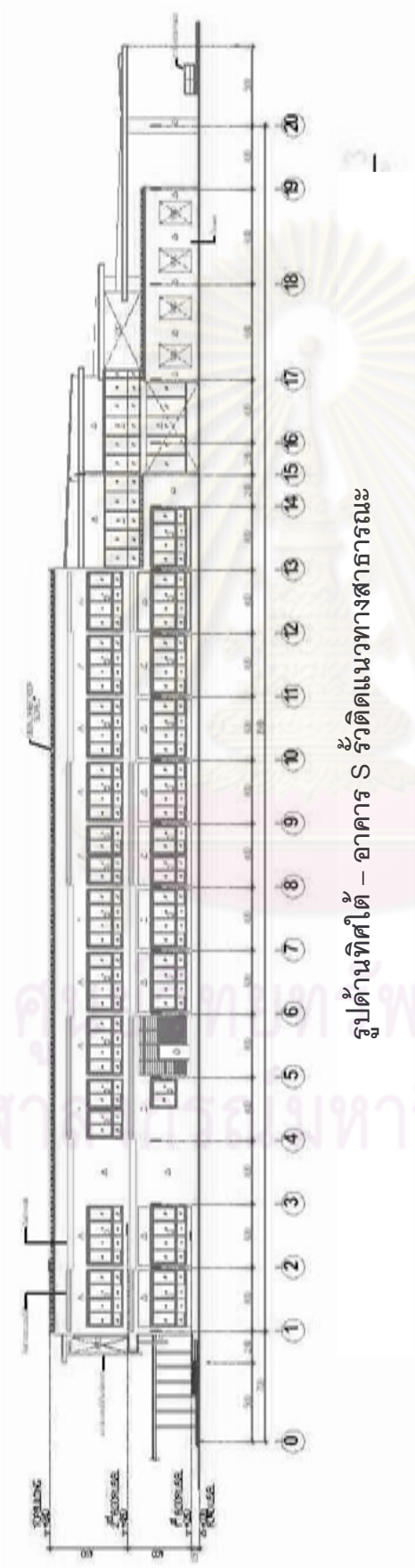
ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)



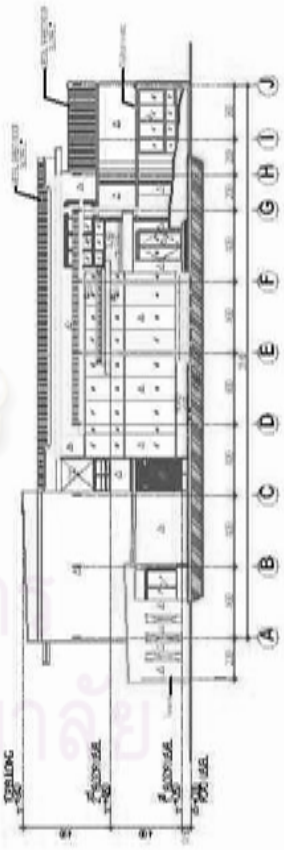
ผังหลังคาอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)

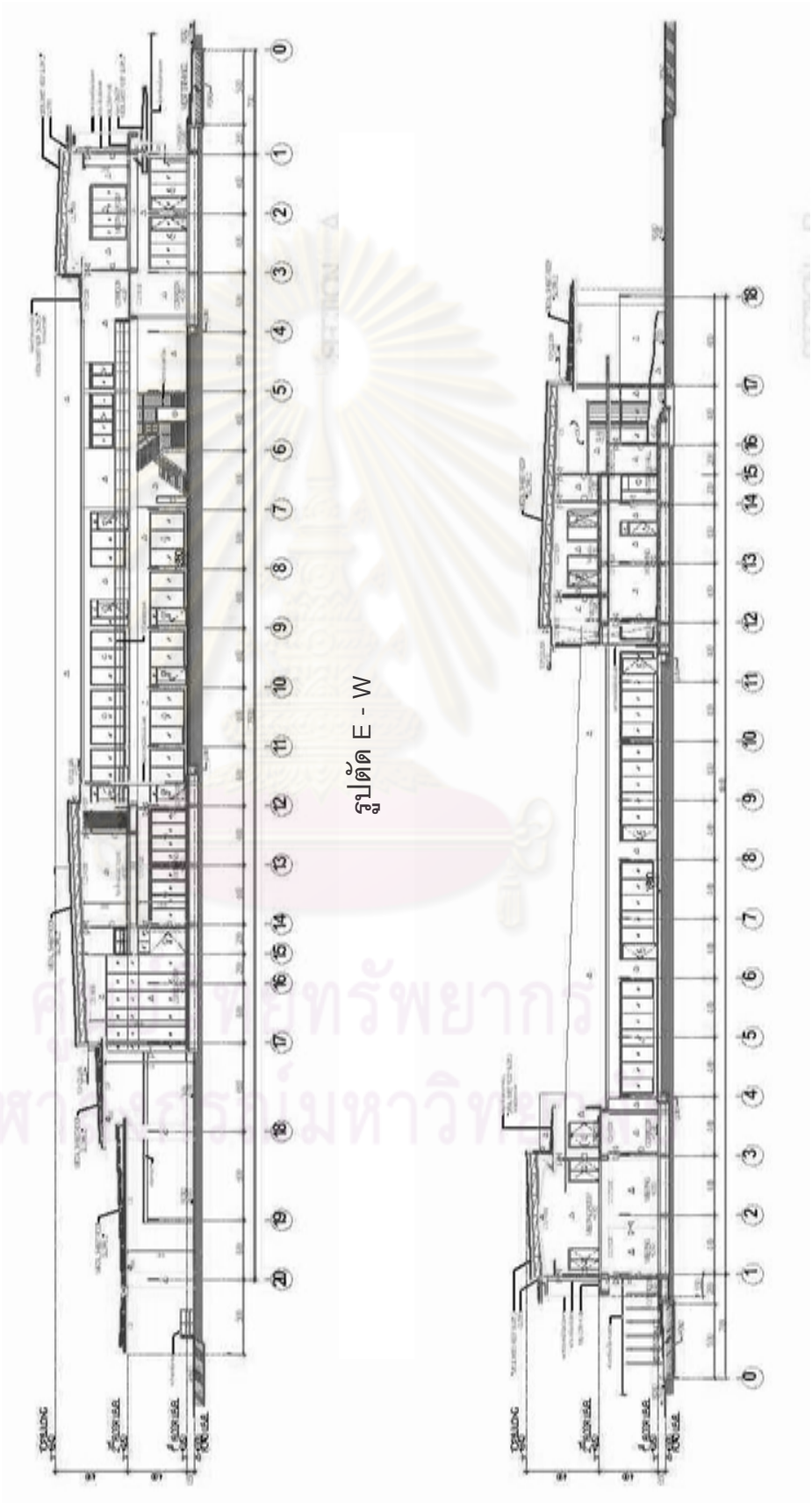


รูปด้านทิศใต้ – อาคาร S รื้อถอดแนวทางสาธารณะ



รูปด้านทิศตะวันออก – อาคาร E ทางเข้าสำนักงานผู้บริหาร

ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)

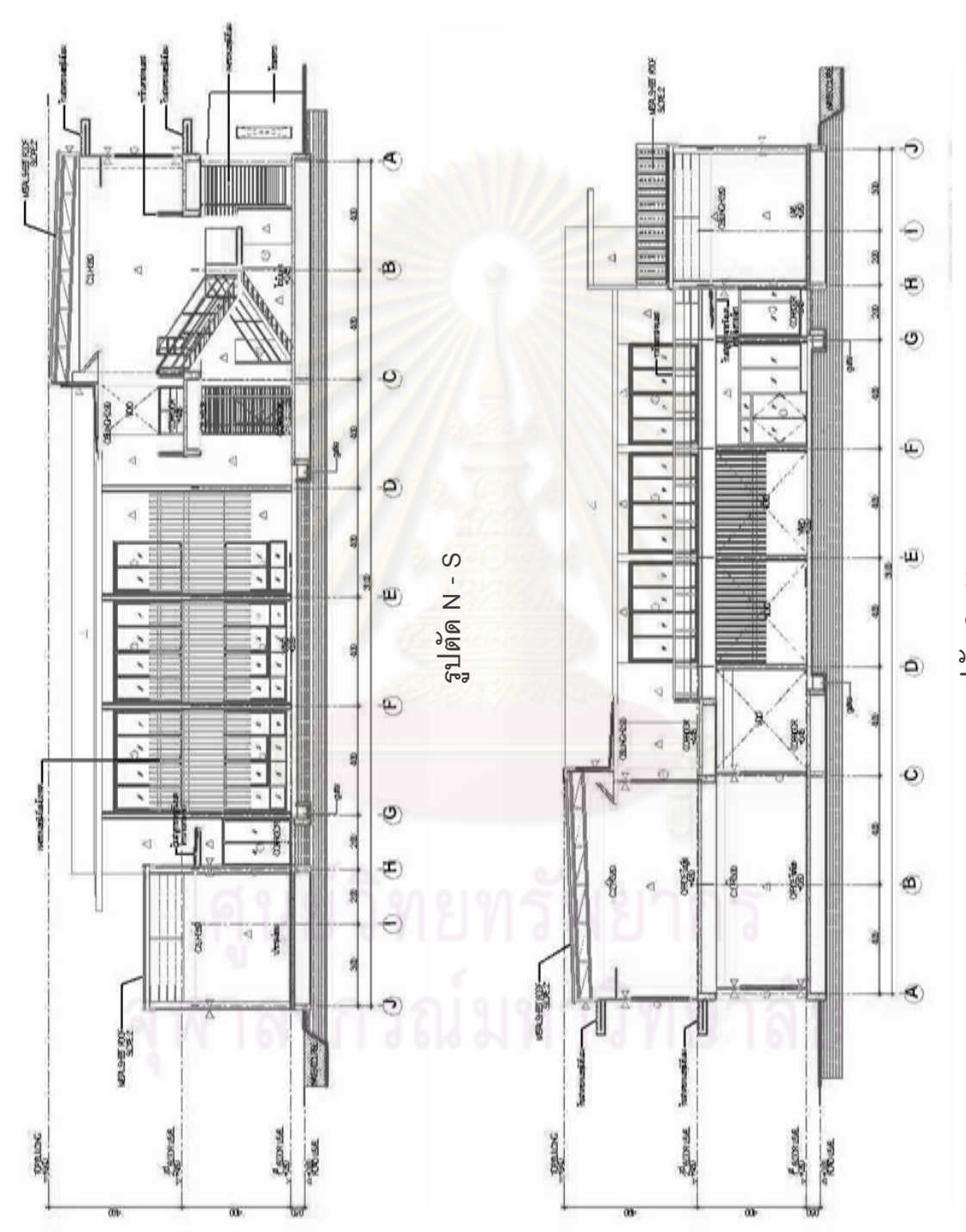


รูปตัด E - W

รูปตัด W - E

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–1 (ต่อ)



รูปตัด N - S

รูปตัด S - N

ภาคผนวก ข-2 แสดงพื้นที่ใช้สอยและจำนวนผู้ใช้อาคาร

ชั้น 1				
ลำดับ	รายการ	จำนวนคน	ไม่ปรับอากาศ m^2	ปรับอากาศ m^2
1	ห้องประชุมย่อย	6		20.00
2	ห้องประชุมย่อย 1	6		16.00
3	ห้องประชุมย่อย 2	6		16.00
4	ห้องประชุมย่อย 3	8		20.00
5	ห้องประชุมย่อย 4	4		11.00
6	ห้องประชุมย่อย 5	18		53.00
7	ห้องประชุมย่อย 6	12		38.00
8	ห้องประชุมย่อย 7	10		32.00
9	Working RM	6		30.00
10	Working RM 1	3		30.00
11	Working RM 2	8		48.00
12	Office ฝ่ายบุคคล	3		33.00
13	Office ฝ่ายจัดซื้อ	6		63.00
14	Office ฝ่ายธุรการ	6		63.00
15	ห้องเก็บเอกสาร		11.81	
16	Locker RM		11.57	
17	โถง		22.89	
18	Corridor รอบ		281.71	
19	สนามหญ้า (นอกอาคาร)	20	390.00	
20	Lobby		127.86	
21	Pantry		6.90	
22	Pantry		9.51	
23	ห้องหนังสือ	10		38.00
24	LAB	4		38.00
25	ห้องทานอาหาร	8		30.00
26	โถงทางเข้า		12.46	
27	Living Room	10		75.00
28	เก็บของ		7.03	
29	ห้องพักคนขับรถ	2	15.00	
30	ห้องเก็บของ		1.00	
31	ห้องไฟฟ้า		3.00	
32	สวนเล็ก (นอกอาคาร)		15.50	
33	ห้องเก็บของ		7.03	
34	ห้องเก็บของ		0.74	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

35	ช่องท่อ		0.44	
36	WC 1		13.97	
37	Wc หญิง 1		22.24	
38	WC ชาย 1		26.60	
39	WC 2		7.04	
40	WC หญิง 2		3.80	
41	WC ชาย 2		5.46	
42	บันไดหลัก		32.00	
43	บันไดภายใน		24.00	
	รวมพื้นที่อาคาร			1,308.06
	รวมพื้นที่นอกอาคาร			405.50
	รวมพื้นที่ปรับอากาศ			654.06
	รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ			654.00
	รวมพื้นที่อาคารเฉพาะชั้น 1 และ 2			2,236.62 (m^2)

ห้องอาหารและลานจอดรถ

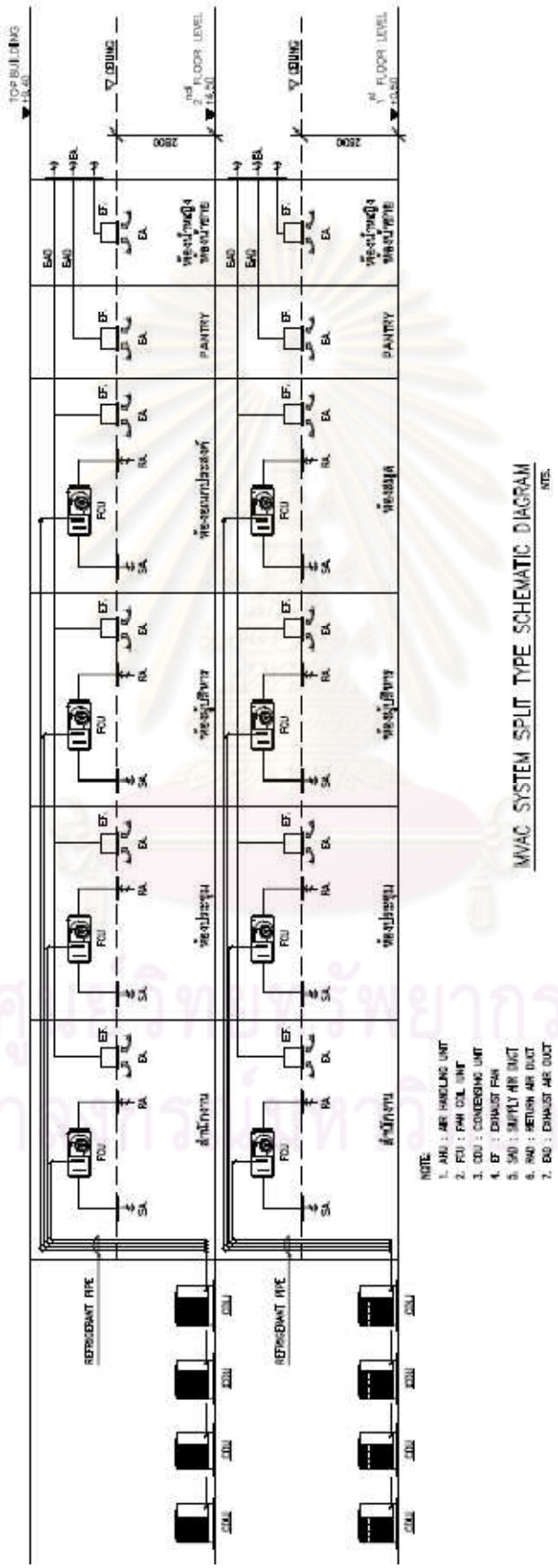
ลำดับ	รายการ	จำนวนคน	ไม่ปรับอากาศ m^2	ปรับอากาศ m^2
1	Canteen (อาคาร)			68.87
2	WC (อาคาร)		5.42	
3	Security (อาคาร)		8.40	
4	Pond 1		387.60	
5	Pond 2		38.02	
6	Pond 3		60.16	
7	พื้นที่ถนน+ที่จอดรถ (ด้าน Pond 1)		558.94	
8	พื้นที่ถนน+ที่จอดรถ (ด้าน Pond 2)		1,574.44	
9	สนามจัดสวน		1,045.67	
	รวมพื้นที่อาคาร			207.07
	รวมพื้นที่นอกอาคาร			3,664.83
	รวมพื้นที่ปรับอากาศ			68.87
	รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ			13.82

ภาคผนวก ข–2 (ต่อ)

ชั้น 2				
ลำดับ	รายการ	จำนวนคน	ไม่ปรับอากาศ m^2	ปรับอากาศ m^2
1	ห้องหัวหน้าฝ่าย 1	3		11.00
2	ห้องหัวหน้าฝ่าย 2	3		11.00
3	ห้องหัวหน้าฝ่าย 3	3		11.00
4	ห้องหัวหน้าฝ่าย 4	3		15.00
5	ห้องหัวหน้าฝ่าย 5	3		15.00
6	ห้องหัวหน้าฝ่าย 6	3		16.00
7	Office	6		50.00
8	Office การเงิน	6		50.00
9	Office บัญชี	6		50.00
10	Office ธุรการ+ วิศวกร	3		40.00
11	ห้องประชุมใหญ่สัมมนา	50		127.00
12	โถงเอนกประสงค์			40.00
13	ห้องสำนักงานสำรอง			24.00
14	ทางเดินภายใน			28.00
15	ห้องเก็บเอกสาร		16.90	
16	ห้องควบคุมไฟฟ้า		3.81	
17	ห้องเก็บของ 1		16.44	
18	ห้องเก็บของ 2		19.33	
19	ห้องเก็บของ 3		4.51	
20	WC 3		8.20	
21	WC หญิง 3		19.58	
22	WC ชาย 3		24.79	
23	ทางเดินรอบ Court		197.00	
24	ระเบียงวางอุปกรณ์		66.00	
25	ระเบียงวางอุปกรณ์		28.00	
26	ระเบียงวางอุปกรณ์		36.00	
	รวมพื้นที่อาคาร			928.56
	รวมพื้นที่นอกอาคาร			0.00
	รวมพื้นที่ปรับอากาศ			440.56
	รวมพื้นที่ไม่ปรับอากาศ			488.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–3 ข้อมูลงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฆ–3 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : SPLIT TYPE																DATE 23-12-2010
UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA						APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (watt)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR					LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		
								TEMP. FDB	TEMP. FWB							
	GROUND FLOOR		1													
CDU/FCU-1-01	ห้องพักคนงาน	CC/C	1	600	60	11,500	18,000	80.0	67.0	0.20	1.8	220/1/50	3/8"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-02	MEETING 1	CC/C	1	800	120	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	2.5	220/1/50	1/2"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-03	ADMIN	CC/C	1	1,200	75	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-04	OFFICE จัดซื้อ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-05	OFFICE จัดซื้อ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-06	ธุรการ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-07	ธุรการ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-08	MEETING 2	CC/C	1	600	90	11,500	18,000	80.0	67.0	0.20	1.8	220/1/50	3/8"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-09	MEETING 3	CC/C	1	800	90	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	2.5	220/1/50	1/2"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-10	MEETING 5	CC/C	1	1,600	180	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-11	MEETING 6	CC/C	1	800	120	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	2.5	220/1/50	1/2"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-12	MEETING 7	CC/C	1	400	60	8,100	12,000	80.0	67.0	0.20	1.2	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	15
CDU/FCU-1-13	MEETING 8	CC/C	1	1,200	135	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-14	MEETING 8	CC/C	1	1,200	135	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-15	LIVING ROOM	CC/C	1	2,000	105	42,000	60,000	80.0	67.0	0.30	7.5	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-16	LIVING ROOM	CC/C	1	2,000	105	42,000	60,000	80.0	67.0	0.30	7.5	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-17	WORKING 1	CC/C	1	1,600	120	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-18	WORKING 2	CC/C	1	1,200	90	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : SPLIT TYPE — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA						APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (watt)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB				LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		
CDU/FCU-1-19	MEETING 4	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-20	WORKING 3	CC/C	1	1,000	90	19,500	30,000	80.0	67.0	0.2	3.1	220/1/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-21	DINING	CC/C	1	1,200	120	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-1-22	LAB	CC/C	1	1,600	180	33,600	48,000	80.0	67.0	0.2	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-23	LIBRARY	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.20	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-24	CANTEEN	CC/C	1	1,600	225	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-1-25	CANTEEN	CC/C	1	1,600	225	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
	2 FLOOR		1													
CDU/FCU-2-01	การเงิน	CC/C	1	1,200	90	8,100	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-2-02	การเงิน	CC/C	1	1,600	105	33,600	48,000	80.0	67.0	0.3	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-2-03	หัวหน้าบัญชี	CC/C	1	400	30	8,100	12,000	80.0	67.0	0.15	1.2	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	15
CDU/FCU-2-04	บัญชี	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.3	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-2-05	ธุรการขาย&วิศวกร	CC/C	1	1,200	90	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-2-06	ห้องโถงเอนกประสงค์	CC/C	1	1,600	105	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	6.0	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-2-07	EXTRA WORK ROOM	CC/C	1	1,000	50	19,500	30,000	80.0	67.0	0.2	3.1	220/1/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-2-08	หัวหน้าธุรการ	CC/C	1	400	30	8,100	12,000	80.0	67.0	0.15	1.2	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	15
CDU/FCU-2-09	หัวหน้า OFFICE	CC/C	1	600	30	11,500	18,000	80.0	67.0	0.15	1.8	220/1/50	3/8"	7/8"	3/4"	15
CDU/FCU-2-10	OFFICE	CC/C	1	800	60	15,600	24,000	80.0	67.0	0.2	2.5	220/1/50	1/2"	7/8"	3/4"	15

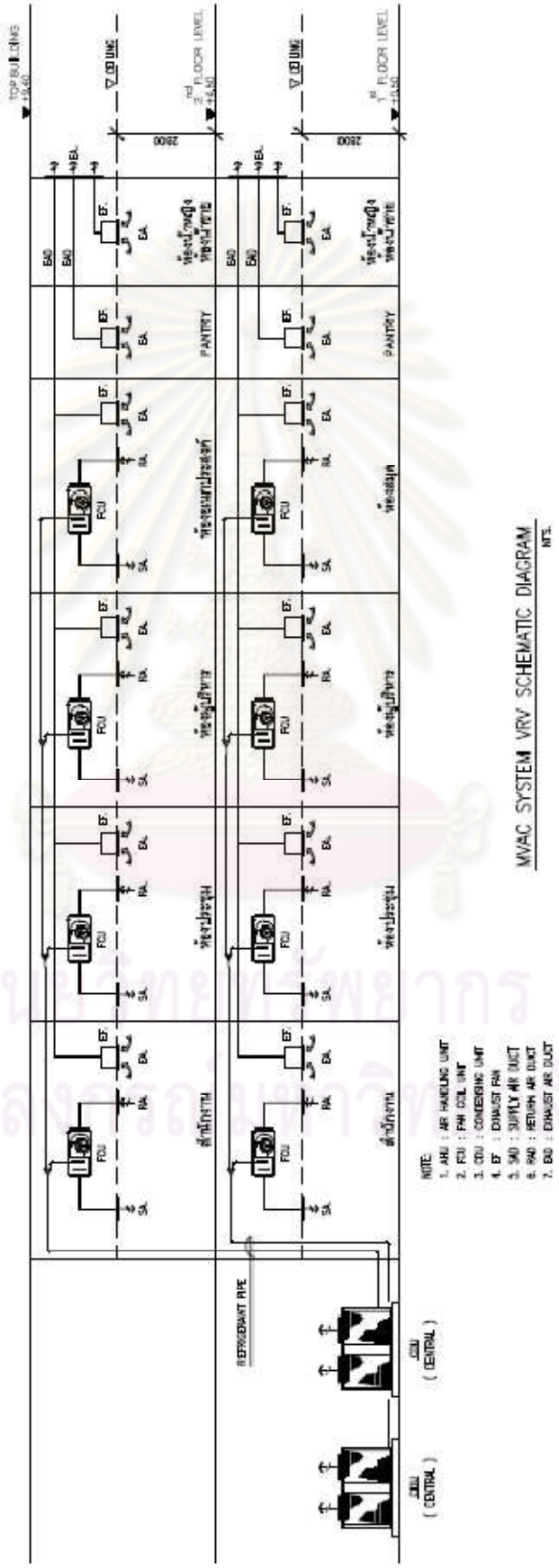
CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : SPLIT TYPE — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA						APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (watt)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB				LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		
CDU/FCU-2-11	OFFICE	CC/C	1	1,200	120	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	4.5	380/3/50	1/2"	7/8"	1"	15
CDU/FCU-2-12	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	7.5	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-2-13	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	7.5	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15
CDU/FCU-2-14	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	7.5	380/3/50	1/2"	1 1/8"	1"	15

NOTE

1. AIR VELOCITY ACROSS COIL (COIL FACE VELOCITY) SHALL NOT EXCEED 400 FPM
2.TYPE OF AIR CONDITIONING UNIT ;
FAN COIL UNIT (FCU) ; LOW STATIC & LOW NOISE TYPE
CM : CEILING CASSET TYPE & COMPLETED ROOM THERMOSTAT
CC/C : CEILING CONCEALED (REAR RETURN) WITH CABINET & AIR FILTER , DUCTED TYPE
CE/C : CEILING EXPOSED TYPE WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT
WM : WALL MOUNTED TYPE WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT
3. REFRIGERANT ; R 22
4. REFRIGERANT CONTROL DEVICE : THERMOSTATIC EXPANSION VALVE
5.REMOTED CONTROL :
5.1 WIRELESS TYPE FOR WALL TYPE
5.2 WIRED TYPE FOR CEILING CONCEALED TYPE
6. TYPE OF VIBRATION ISOLATOR
- FCU USED WITH RUBBER GROMMET
7.CONDENSING UNIT : SCROLL OR RECIPROCATING TYPE
8. MATCHING CAPACITY IS BASED ON ;
- SATURATED SUCTION TEMPERATURE 45° F
- AIR ENTERING CONDENSER 95° F
9. REFRIGERANT PIPE & EXTERNAL STATIC PRESSURE AS SHOW IN THIS TABLE ARE GUIDING ONLY
EXACT SIZE SHALL BE REVISED AS SITE INSTALLATION BY MVAC CONTRACTOR AND/OR A/C SUPPIER

ภาคผนวก ข–4 ข้อมูลงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ



ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : VRV SYSTEM — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA						APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (WATT)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB				LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		
	GROUND FLOOR		1													
FCU-1-01	ห้องพักคนงาน	CC/C	1	600	60	11,500	18,000	80.0	67.0	0.20	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-1-02	MEETING 1	CC/C	1	800	120	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	180.0	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	3
FCU-1-03	ADMIN	CC/C	1	1,200	75	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-04	OFFICE จัดซื้อ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-05	OFFICE จัดซื้อ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-06	ฐุการ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-07	ฐุการ	CC/C	1	1,200	60	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-1-01	FCU-1-01-07	SVF	1			144,100	222,000	95.0	83.0	-	(16.5 KW)	380/3/50	5/8"	1 1/8"		
FCU-1-08	MEETING 2	CC/C	1	600	90	11,500	18,000	80.0	67.0	0.20	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-1-09	MEETING 3	CC/C	1	800	90	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	180.0	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	3
FCU-1-10	MEETING 5	CC/C	1	1,600	180	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-11	MEETING 6	CC/C	1	800	120	15,600	24,000	80.0	67.0	0.20	180.0	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	3
FCU-1-12	MEETING 7	CC/C	1	400	60	8,100	12,000	80.0	67.0	0.20	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-1-13	MEETING 8	CC/C	1	1,200	135	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-14	MEETING 8	CC/C	1	1,200	135	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-1-02	FCU-1-08-14	SVF	1			131,200	198,000	95.0	83.0	-	(13.5 KW)	380/3/50	5/8"	1 1/8"		

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : VRV SYSTEM — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA					APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (WATT)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB				LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)	
FCU-1-15	LIVING ROOM	CC/C	1	2,000	105	42,000	60,000	80.0	67.0	0.30	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-16	LIVING ROOM	CC/C	1	2,000	105	42,000	60,000	80.0	67.0	0.30	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-17	WORKING 1	CC/C	1	1,600	120	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-18	WORKING 2	CC/C	1	1,200	90	23,400	36,000	80.0	67.0	0.20	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-19	MEETING 4	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-20	WORKING 3	CC/C	1	1,000	90	19,500	30,000	80.0	67.0	0.2	400.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-21	DINING	CC/C	1	1,200	120	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-22	LAB	CC/C	1	1,600	180	33,600	48,000	80.0	67.0	0.2	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-23	LIBRARY	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.20	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-1-03-04	FCU-1-15-23	SVF	1			142,350	207,000	95.0	83.0	-	(16.5 KW)	380/3/50	5/8"	1 1/8"		
FCU-1-24	CANTEEN	CC/C	1	1,600	225	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-1-25	CANTEEN	CC/C	1	1,600	225	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-1-05	FCU-1-24-25	SVF	1			67,200	96,000	95.0	83.0	-	(8.5 KW)	380/3/50	1/2"	7/8"		
	2 FLOOR		1													
FCU-2-01	ภาพิน	CC/C	1	1,200	90	8,100	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : VRV SYSTEM — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA					APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (WATT)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB			LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		
FCU-2-02	การเงิน	CC/C	1	1,600	105	33,600	48,000	80.0	67.0	0.3	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-03	ห้องหน้าบัญชี	CC/C	1	400	30	8,100	12,000	80.0	67.0	0.15	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-2-04	บัญชี	CC/C	1	1,600	150	33,600	48,000	80.0	67.0	0.3	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-05	ห้องโถงเอนกประสงค์	CC/C	1	1,600	105	33,600	48,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-06	EXTRA WORK ROOM	CC/C	1	1,000	50	19,500	30,000	80.0	67.0	0.2	400.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-2-01	FCU-2-01-06	SVF	1			128,400	186,000	95.0	83.0	-	(16.5 KW)	380/3/50	5/8"	1 1/8"		
FCU-2-07	ธุรกรรมขายและวิศวกรรม	CC/C	1	1,200	90	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-08	ห้องหน้าธุรกรรม	CC/C	1	400	30	8,100	12,000	80.0	67.0	0.15	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-2-09	ห้องหน้า OFFICE	CC/C	1	600	30	11,500	18,000	80.0	67.0	0.15	125.0	220/1/50	1/4"	1/2"	3/4"	3
FCU-2-10	OFFICE	CC/C	1	800	60	15,600	24,000	80.0	67.0	0.2	180.0	220/1/50	3/8"	5/8"	3/4"	3
FCU-2-11	OFFICE	CC/C	1	1,200	120	23,400	36,000	80.0	67.0	0.25	300.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-2-02	FCU-2-07-11	SVF	1			82,000	126,000	95.0	83.0	-	(10.5 KW)	380/3/50	1/2"	1 1/8"		
FCU-2-12	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-13	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
FCU-2-14	MEETING ROOM	CC/C	1	2,000	240	42,000	60,000	80.0	67.0	0.25	600.0	220/1/50	3/8"	5/8"	1"	3
CCDU-2-03	FCU-2-12-14	SVF	1			126,000	180,000	95.0	83.0	-	(13.5 KW)	380/3/50	5/8"	1 1/8"		

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : VRV SYSTEM — DATE 23-12-2010

UNIT NO.	LOCATION SERVED	TYPE	Q' TY	COIL DATA					APPROX. INDOOR EXT. SP (INCH WG.)	TOTAL POWER IN PUT (WATT)	POWER SUPPLY (V/Ph/Hz)	REFRIG. PIPE		DRAIN PIPE (INCH)	APPROX. REFIG. PIPE LENGTH (m)
				SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	ENT. AIR TEMP. FDB	ENT. AIR TEMP. FWB			LIQUID LINE (INCH)	SUCTION LINE (INCH)		

NOTE

1. AIR VELOCITY ACROSS COIL (COIL FACE VELOCITY) SHALL NOT EXCEED 400 FPM
2. TYPE OF AIR CONDITIONING UNIT ;
   FAN COIL UNIT (FCU) ; LOW STATIC & LOW NOISE TYPE
   CM : CEILING CASSET TYPE & COMPLETED ROOM THERMOSTAT
   CC : CEILING CONCEALED (REAR RETURN) WITH CABINET & AIR FILTER , DUCTED TYPE
   CE/C : CEILING EXPOSED TYPE WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT
   WM : WALL MOUNTED TYPE WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT
3. REFRIGERANT : R 410A
4. REFRIGERANT CONTROL DEVICE : ELECTRONIC EXPANSION VALVE
5. REMOTED CONTROL :
   5.1 WIRELESS TYPE FOR WALL TYPE
   5.2 WIRED TYPE FOR CEILING CONCEALED TYPE
6. TYPE OF VIBRATION ISOLATOR
   - FCU USED WITH RUBBER GROMMET
7. CONDENSING UNIT , HIGH COP TYPE : SCROLL TYPE WITH INVERTER CONTROL
8. MATCHING CAPACITY IS BASED ON ;
   - SATURATED SUCTION TEMPERATURE 45° F
   - AIR ENTERING CONDENSER 95° F
9. REFRIGERANT PIPE & EXTERNAL STATIC PRESSURE AS SHOW IN THIS TABLE ARE GUIDING ONLY
   EXACT SIZE SHALL BE REVISED AS SITE INSTALLATION BY MVAC CONTRACTOR AND/OR A/C SUPPIER
10. CONNECTED INDOOR UNIT WITH CENTRAL CONDENSING UNIT NOT MORE THAN 125 % COOLING CAPACITY
11. CENTRAL REMOTED CONTROL COMPLTED WITH EQUIPMENT & WIRING FOR EACH CCDU AND
    INSTALLED AT ENGINEERING ROOM
12. ALL REFRIGERANT PIPES SHALL BE COPPER TUBE HARD DRAW TYPE " L" , ASTM B88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : FAN COIL UNIT — DATE 23-12-2010

TYPE (SEE NOTE 2)	Q' TY	FAN DATA					FAN MOTOR APPROX. (WATT)	COIL DATA				WATER PIPE SIZE (INCH)	DRAIN PIPE SIZE (INCH)
		SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	EXT.SP APPROX. (IN.WG.)	ENT. AIR TEMP FDB	ENT. AIR TEMP FWB		SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	WATER FLOW (GPM)	MAX. PD (FT)	CONTROL VALVE	
	1												
CC/C	1	600	60	0.20	80.0	67.0	125.0	11,500	18,000	3.6	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	800	120	0.20	80.0	67.0	180.0	15,600	24,000	4.8	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	1,200	75	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	60	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	60	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	60	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	60	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	600	90	0.20	80.0	67.0	125.0	11,500	18,000	3.6	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	800	90	0.20	80.0	67.0	180.0	15,600	24,000	4.8	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	1,600	180	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	800	120	0.20	80.0	67.0	180.0	15,600	24,000	4.8	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	400	60	0.20	80.0	67.0	125.0	8,100	12,000	2.4	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	1,200	135	0.20	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	135	0.20	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	2,000	105	0.30	80.0	67.0	600.0	42,000	60,000	12.0	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	2,000	105	0.30	80.0	67.0	600.0	42,000	60,000	12.0	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	120	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,200	90	0.20	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : FAN COIL UNIT — DATE 23-12-2010

TYPE (SEE NOTE 2)	Q' TY	FAN DATA					FAN MOTOR APPROX. (WATT)	COIL DATA					WATER PIPE SIZE (INCH)	DRAIN PIPE SIZE (INCH)
		SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	EXT.SP APPROX. (IN.WG.)	ENT. AIR TEMP FDB	ENT. AIR TEMP FWB		SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	WATER FLOW (GPM)	MAX. PD (FT)	CONTROL VALVE		
CC/C	1	1,600	150	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,000	90	0.2	80.0	67.0	400.0	19,500	30,000	6.0	15	NOTE 4	3/4"	1"
CC/C	1	1,200	120	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	180	0.2	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	150	0.20	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	225	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	225	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
	1													
CC/C	1	1,200	90	0.25	80.0	67.0	300.0	8,100	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	105	0.3	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	400	30	0.15	80.0	67.0	125.0	8,100	12,000	2.4	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	1,600	150	0.3	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,600	105	0.25	80.0	67.0	600.0	33,600	48,000	9.6	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	1,000	50	0.2	80.0	67.0	400.0	19,500	30,000	6.0	15	NOTE 4	3/4"	1"
CC/C	1	1,200	90	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	400	30	0.15	80.0	67.0	125.0	8,100	12,000	2.4	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	600	30	0.15	80.0	67.0	125.0	11,500	18,000	3.6	15	NOTE 4	3/4"	3/4"
CC/C	1	800	60	0.2	80.0	67.0	180.0	15,600	24,000	4.8	15	NOTE 4	3/4"	3/4"

ภาคผนวก ข–4 (ต่อ)

CAP CEL BUILDING AIR CONDITIONING UNIT : FAN COIL UNIT — DATE 23-12-2010

TYPE (SEE NOTE 2)	Q' TY	FAN DATA						COIL DATA				WATER PIPE SIZE (INCH)	DRAIN PIPE SIZE (INCH)
		SUPPLY AIR (CFM)	FRESH AIR (CFM)	EXT.SP APPROX. (IN.WG.)	ENT. AIR TEMP FDB	ENT. AIR TEMP FWB	FAN MOTOR APPROX. (WATT)	SENS. HEAT (BTUH)	TOTAL HEAT (BTUH)	WATER FLOW (GPM)	MAX. PD (FT)	CONTROL VALVE		
CC/C	1	1,200	120	0.25	80.0	67.0	300.0	23,400	36,000	7.2	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	2,000	240	0.25	80.0	67.0	600.0	42,000	60,000	12.0	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	2,000	240	0.25	80.0	67.0	600.0	42,000	60,000	12.0	15	NOTE 4	1"	1"
CC/C	1	2,000	240	0.25	80.0	67.0	600.0	42,000	60,000	12.0	15	NOTE 4	1"	1"

2.2 FAN COIL UNIT (FCU) ;LOW STATIC & LOW NOISE TYPE

- CC : CEILING CONCEALED , DUCTED TYPE
- CC/C : CEILING CONCEALED (REAR RETURN) WITH RETURN AIR PLENUM & AIR FILTER , DUCTED TYPE
- CE/C : CEILING EXPOSED TYPE WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT
- WM : WALL MOUNTED WITH CABINET& COMPLETED ROOM THERMOSTAT

3. CHILLED WATER CONTROL DEVICE SHALL BE ROOM THERMOSTAT WITH 2-WAY MODULATING VALVE ,PROPORTIONAL TYPE
4. CHILLED WATER CONTROL DEVICE SHALL BE ROOM THERMOSTAT WITH 2-WAY MODULATING VALVE ,ON -OFF TYPE
5. TYPE OF VIBRATION ISOLATOR
   - AHU USED WITH SPRING VIBRATION ISOLATOR , MINIMUM DEFLECTION 1 INCH
   - FCU USED WITH RUBBER GROMMET
6. AIR HANDLING UNIT (AHU),ELECTRICAL SUPPLY SHALL BE 380V/3Ph/50Hz
7. FAN COIL UNIT (FCU),ELECTRICAL SUPPLY SHALL BE 220V/1Ph/50Hz

ภาคผนวก ข–5 ข้อมูลงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

CAP CEL BUILDING AIR COOLED WATER CHILLER SCHEDULE	DATE 23-12-2010
UNIT NO.	CH-01-03
Q'TY	3
LOCATION	GROUND FLOOR
CAPACITY (TONS)	35
WATER FLOW RATE (US.GPM)	84
EVAPORATOR	
WATER TEMPERATURE ENTERING (DEG.F)	45
WATER TEMPERATURE LEAVING (DEG.F)	55
MAXIMUM PRESSURE DROP (FT)	15
WORKING PRESSURE (PSI)	150
FOULING FACTOR ((DEG.F)*SQ.FT/BTUH)	0.00025
CONDENSOR AIR TEMPERATURE (DEG.F)	95
COMPRESSOR	
TYPE	SCREW
ENERGY EFFICIENCY (Kw/TON)	1.25
MAXIMUM POWER CONSUMPTION (Kw)	43.75
REFRIGERANT	R 134A
ELECTRICAL SUPPLY (Volt/Phase/Hertz)	380-3-50
REMARK	2 DUTY,1 STAND BY

CAP CEL BUILDING WATER PUMP SCHEDULE	DATE 23-12-2010
UNIT NO.	CHP-01-03
Q'TY	3
LOCATION	GROUND FLOOR
TYPE	CENTRIFUGAL
	END SUCTION
	SPLIT COUPLING
WATER FLOW RATE (US.GPM)	84
TOTAL DYNAMIC HEAD (FT)	90
WORKING PRESSURE (PSI)	150
MAXIMUM SPEED MOTOR (RPM)	1450
PUMP EFFICIENCY (%)	0.75
POWER CONSUMPTION (KW)	3.0
ELECTRICAL SUPPLY (Volt/Phase/Hertz)	380-3-50
REMARK	2 DUTY,1 STAND BY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–6

หลักเกณฑ์การออกแบบ
งานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร

โครงการ : อาคารสำนักงาน

ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

แนวความคิดในการออกแบบ

แนวความคิดและวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสาร จะดำเนินการตามแนวทางดังนี้:-

- ***สวยงาม*** จะต้องไม่ทำลายทัศนียภาพและความสวยงามในบริเวณโครงการ
- ***ปลอดภัย*** มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน และถูกต้องตามข้อบังคับตามกฎหมาย
- ***ค่าบำรุงรักษาต่ำ*** ออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสารให้ใช้งานง่าย และเน้นการบำรุงรักษาต่ำ
- ***ค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำ*** ออกแบบระบบไฟฟ้าโดยสอดคล้องแนวทางการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
- ***คุ้มค่าต่อการลงทุน*** ออกแบบโดยผสมผสานทุกอย่างข้างต้น โดยราคางานจะต้องไม่สูงเกินงบประมาณ

มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

การออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสาร จะใช้แนวทางตามกฎและมาตรฐานดังต่อไปนี้

วสท	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
กฟภ	มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
NEC	National Electric Code
NFPA	National Fire Protection Association
IEC	International Electrotechnical Commission
JIS	Japanese Industrial Standard Committee
IES	Illuminating Engineering Society
VDE	Verband Deutscher Electrotechniker

ระบบไฟฟ้าและสื่อสารที่ทำการออกแบบ

งานออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสารมีระบบย่อยต่างๆ ที่จะทำการออกแบบดังนี้

1. ระบบไฟฟ้าแรงสูง
2. ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ
3. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน
4. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า
5. ระบบสายดินและระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า
6. ระบบตู้สาขาโทรศัพท์และข่ายสายโทรศัพท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ
8. ระบบเสาอากาศทีวีรวม
9. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด
10. ระบบเครือข่ายสัญญาณคอมพิวเตอร์
11. ระบบเสียงประกาศ

<u>แนวความคิดในการออกแบบ</u>

แนวความคิดในการออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสารโดยย่อสรุปได้ดังนี้

1. **ระบบไฟฟ้าแรงสูง** (High Voltage Tension)
   1.1 ระบบไฟฟ้าแรงสูงเป็นชนิด 3 Phase 3 Wire 50 Hz รับไฟฟ้าแรงสูงขนาดแรงดัน 22 KV จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
   1.2 สายป้อนไฟฟ้าแรงสูงเข้ามายังภายในบริเวณโครงการใช้สายป้อนอากาศ
2. **ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ** (Low Voltage Distribution)
   2.1 แผงเมนจ่ายไฟฟ้ารวม (MDP) ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคาร ประกอบด้วยสวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติ อุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ และประกอบด้วยระบบปรับปรุง Power Factor ให้อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 0.90 Lagging
   2.2 สายเมนไฟฟ้าใช้สายชนิด THW ร้อยสายในท่อโลหะ หรือท่อโลหะ หรือร้อยสายใน Wire Way ชุบสังกะสี ซึ่งจะประหยัดและมีความคงทน โดยออกแบบให้มีแรงดันไฟฟ้าตกในส่วนของสายป้อนไม่เกิน 2%
3. **ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน** (Emergency Light & Exit Sign)
   3.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ทำงานโดยแบตเตอรี่ระยะเวลาสำรองไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง สำหรับการใช้งานในขณะเพลิงไหม้หรือขณะไฟฟ้าดับ ติดตั้งในบริเวณโถงทางเดินที่ใช้เป็นทางหนีภัย ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเครื่องสูบน้ำ และห้องอื่นๆซึ่งมีความสำคัญสูง
   3.2 ระบบไฟฟ้าป้ายทางหนีไฟ ทำงานโดยแบตเตอรี่ระยะเวลาสำรองไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง เพื่อใช้บอกเส้นทางหนีไฟ ติดตั้งตามแนวทางเดินที่ใช้หนีภัย
4. **ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า** (Lighting & Receptacle)
   5.1 หลอดไฟสำหรับภายในพื้นที่สำนักงานทั่วไปและพื้นที่ส่วนกลางทั่วไป ออกแบบให้ใช้หลอดไฟชนิด High Efficient Fluorescent (T5) และโคมไฟเพื่อการตกแต่งต่างๆภายในอาคารเลือกใช้โคมชนิด Compact Fluorescent หรือ LED เพื่อการประหยัดพลังงาน หลอดไฟสำหรับห้องเครื่องต่างๆ บันได พื้นที่จอดรถในอาคารออกแบบใช้โคมไฟชนิด Batten Type Fluorescent Lamp พร้อมด้วย Ballast ชนิด อิเลคทรอนิค
   5.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่วนสำนักงาน โถงทางเดินส่วนกลาง ลานจอดรถ และบริเวณภายนอกอาคาร ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างที่สามารถควบคุมได้อย่างอิสระ และโปรแกรมเวลาล่วงหน้าได้ หรือสามารถ

ควบคุมจากห้องควบคุมกลางได้ ขยายระบบเพิ่มความสามารถเพื่อต่อผ่านระบบ LAN และควบคุมจากที่อื่นๆได้

5.3 ระบบแสงสว่างภายในอาคารที่ส่องผ่านช่องแสงต่างๆออกไปภายนอกในเวลากลางคืน จะใช้โคมไฟซึ่งมีมุมการกระจายแสงเป็นมุมต่ำ แบบไม่มีแสงรบกวนออกไปภายนอก ตลอดจนใช้การควบคุมอัตโนมัติที่เหมาะสม ส่วนพื้นที่จอดรถภายนอกอาคารและระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร ออกแบบระดับความสว่างตามมาตรฐาน(ANSI/ASHARE/IESNA) ใช้โคมไฟชนิดมุมการกระจายแสงแบบมุมต่ำ ไม่รบกวนท้องฟ้าในเวลากลางคืน โดยแบ่งกลุ่มให้สามารถเปิด-ปิดตามความเหมาะสมของการใช้งาน

5.4 ไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารในบริเวณที่มีช่องแสงนำแสงสว่างภายนอกอาคารเข้ามา ออกแบบให้มี Light Sensor เพื่อการ Shut off ไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน

5.5 เต้ารับไฟฟ้าออกแบบให้ใช้แบบมีขั้วสายดิน รองรับทั้งแบบหัวกลมและหัวแบน (Duplex Universal Type with Ground) ตาม มอก.166

5.6 ฝาครอบเต้ารับไฟฟ้าและสวิทซ์ไฟฟ้าใช้แบบพลาสติก ชนิดทนต่อแรงกระแทก ซึ่งจะประหยัดและคงทน

5.7 สายวงจรย่อยของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับ และวงจรย่อยอื่นๆ ออกแบบให้มีแรงดันตกไม่เกิน 3%

5. **ระบบสายดินและระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า (Grounding & Lightning Protection System)**

6.1 ออกแบบให้มีระบบสายดิน (Grounding System) และออกแบบให้มีระบบสายดินสำหรับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด (Equipments Grounding) เพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับอุปกรณ์

6.2 ออกแบบให้มีระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System) ซึ่งประกอบด้วย หลักดิน ตัวนำลงดิน จุดตรวจสายดิน ตัวนำประสานศักย์ ตัวนำล่อฟ้า โดยอ้างอิงตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) หรือตามมาตรฐาน NFPA 780

6. **ระบบตู้สาขาโทรศัพท์และสายโทรศัพท์ (PABX & Telephone Cabling)**

7.1 การออกแบบระบบเครือข่ายสายโทรศัพท์จะประกอบด้วยแผงต่อสายรวมในอาคาร (MDF) กับดักฟ้าผ่า (Surge Protector) แผงต่อสายย่อย (MTC) และแผงต่อสายโทรศัพท์ภายนอกอาคาร (OTC)

7.2 สายเมนโทรศัพท์เข้าอาคารออกแบบให้ใช้สายร้อยท่อฝังดิน โดยใช้สายแบบ AP สายเมนในอาคารใช้สาย Multi Core (TPEV) ร้อยใน Wire Way แบบชุบสังกะสีเพื่อความคงทน สายโทรศัพท์ไปยังจุดใช้งานใช้สายแบบ Station Wire 4 Core (TIEV) ขนาด 0.65 มม. ร้อยในท่ออโลหะหรือโลหะ

7.3 เต้ารับโทรศัพท์ใช้ชนิด RJ11 (4 Wire) ตามมาตรฐานโทรศัพท์ของประเทศไทย ฝาครอบเต้ารับใช้ชนิดพลาสติกแบบเดียวกับเต้ารับไฟฟ้า

7. **ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ (Fire Alarm System)**

7.1 ออกแบบให้มีระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ประกาศของกระทรวงมหาดไทย และตามมาตรฐาน วสท. ซึ่งประกอบด้วยแผงควบคุม อุปกรณ์ตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ และอุปกรณ์แจ้งเหตุ

7.2 แผงควบคุม (Fire Alarm Control panel) และแผนผังแสดงตำแหน่ง (Graphic Annunciator) ติดตั้งในห้องควบคุมบริเวณชั้นล่างของอาคาร หรือบริเวณที่มีคนประจำตลอดเวลา

7.3 อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) ติดตั้งในสำนักงานทุกห้อง โถงทางเดิน ห้องเครื่องต่างๆ และห้องที่มีความสำคัญสูง ห้องอื่นๆทั่วไปติดเครื่องตรวจจับความร้อน (Heat Detector) บริเวณโถงทางเดินหน้าทางออกติดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณชนิดใช้มือดึง (Pull Station)

7.4 อุปกรณ์แจ้งเหตุใช้กระดิ่งสามารถส่งเสียงเตือน

8. **ระบบเสาอากาศทีวีรวม (MATV)**

8.1 ออกแบบให้มีชุดรับสัญญาณทีวีจากดาวเทียมไทยคมติดไว้บนชั้นหลังคา หรือบริเวณอื่นๆที่สะดวกต่อการตรวจบำรุงรักษา และติดเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมจำนวน 6 ช่อง (3,5,7,9, NBT, PBTV)

8.2 ออกแบบให้มีอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Line Amplifier) เพื่อขยายสัญญาณ และส่งผ่านสาย Coaxial และอุปกรณ์แยกสัญญาณไปยังเต้ารับ TV ภายในห้องต่างๆ โดยระดับสัญญาณที่เต้ารับต้องอยู่ในช่วง 60 – 80 dB

8.3 อุปกรณ์แยกสัญญาณ (Splitter & Tap-off) ทั้งหมดใช้แบบ Power Pass เพื่อให้สามารถต่อร่วมใช้งานกับผู้ให้บริการระบบ Cable TV โดยใช้ระบบสายชุดเดียวกัน

8.4 ฝาครอบเต้ารับใช้แบบพลาสติกรูปแบบเดียวกับเต้ารับไฟฟ้า

9. **ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television System)**

9.1 ออกแบบให้มีระบบทีวีวงจรปิดเพื่อจุประสงค์การรักษาความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้พักอาศัยในอาคาร ระบบประกอบด้วยเครื่องบันทึกภาพ (DVR) และกล้องโทรทัศน์แบบ IP Camera

9.2 เครื่องบันทึกภาพเป็นแบบ Digital Video Recorder (DVR) บันทึกภาพแบบ Digital ลงยัง Hard Disk โดยมีขนาดความจุการบันทึกภาพได้ไม่น้อยกว่า 15 วัน สามารถต่อผ่านระบบเครือข่าย (LAN) เพื่อดูภาพจากกล้องต่างๆที่บันทึกไว้ใน DVR ได้ หรือเพิ่มขีดความสามารถโดยจัดทำเป็น Media Server แบบความจุสูงผ่าน LAN

9.3 ติดตั้งกล้องทีวีวงจรปิดบริเวณรอบอาคาร โถงทางเข้า โถงทางเดิน ทางเข้า – ออกที่จอดรถ ลานจอดรถ

9.4 การแสดงภาพผ่านจอ LCD Monitor จำนวน 2 จอ ติดตั้งในห้องควบคุมโดยมี UPS สำรองระบบจ่ายไฟฟ้าตลอดเวลา

10. **ระบบเครือข่ายสัญญาณคอมพิวเตอร์ และ High Speed Internet**

10.1 ออกแบบให้มีระบบข่ายสายสัญญาณคอมพิวเตอร์ (LAN)

10.2 ระบบสายภายในประกอบด้วย Data Rack , Patch Panel, Switch Hub ใช้สาย UTP Cat-6 รองรับ Gigabit Ethernet เดินร้อยสายในท่อหรือใน Wire way

11. **ระบบเสียงประกาศ (Public Address & Background Music)**

11.1 ออกแบบระบบประกาศเรียกและมีระบบ Background Music & Paging สำหรับบริเวณพื้นที่สำนักงานและห้องประชุมต่างๆ

11.2 เครื่องควบคุมระบบเสียงติดตั้งที่ห้องควบคุมกลางของอาคารหรือส่วนต้อนรับ ลำโพงเป็นแบบ Ceiling Speaker

ภาคผนวก ข–7 ราคางานก่อสร้างโครงการสำนักงาน 2 ชั้น

โครงการ : ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

สถานที่ก่อสร้าง : ปทุมธานี

รายละเอียดราคา : งานโครงสร้างและสถาปัตยกรรม

Item	Description	Baht								
		Zone 1 อาคาร N	Zone 2 อาคาร W 2 ชั้น	Zone 3 อาคาร S 2 ชั้น	Zone 4 อาคาร E 2 ชั้น	Zone 5 ที่จอดรถ ผู้บริหาร	Zone 6 ห้องอาหาร 1 ชั้น	Zone 7 ถนนและ ที่จอดรถ	Zone 8 งานบริเวณ และอื่น ๆ	Grand Total
1	General Work	337,000	457,000	932,000	683,000	47,000	67,500	1,830,000	1,880,888	6,234,388
2	Structural	1,486,135	2,659,895	4,044,695	2,997,665	365,590	424,640	1,498,310		13,476,930
3	Architectural	2,405,490	2,076,800	4,219,565	3,466,560	429,760	474,705	1,603,185		14,676,065
Total		4,228,625	5,193,695	9,196,260	7,147,225	842,350	966,845	4,931,495	1,880,888	34,387,383

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–7 (ต่อ)

โครงการ : ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

สถานที่ก่อสร้าง : ปทุมธานี

รายละเอียดราคา : งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (Split Type)

Item	Description	Quantity	Unit	Material		Labour		Total Amount
				U/P	Amount	U/P	Amount	
1	Main Equipment	1	เที่ยว		1,985,000		238,200	2,223,200
2	Piping Work				993,250		192,750	1,186,000
3	Drain Work				232,000		82,500	314,500
4	Duck Work				113,000		12,750	125,750
5	Electrical System				213,000		30,000	243,000
6	Misc.				407,000		28,500	435,500
	Total							4,527,950

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข–7 (ต่อ)

โครงการ : ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

สถานที่ก่อสร้าง : ปทุมธานี

รายละเอียดราคา : งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (VRV)

Item	Description	Quantity	Unit	Material		Labour		Total Amouont
				U/P	Amount	U/P	Amount	
1	Main Equipment	1	Lot		4,366,187		393,916	4,760,103
2	Piping Work				825,706		162,200	987,906
3	Drain Work				184,500		51,750	236,250
4	Duck Work				139,500		13,025	152,525
5	Electrical System				188,000		25,000	213,000
6	Misc.				350,000		13,000	363,000
	Total							6,712,784

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงการ : ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

สถานที่ก่อสร้าง : ปทุมธานี

รายละเอียดราคา : งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

Item	Description	Quantity	Unit	Material		Labour		Total Amouont
				U/P	Amount	U/P	Amount	
1	MDB	1	Lot		2,150,000		245,000	2,395,000
2	Load Center Panel	1	Lot		270,000		39,000	309,000
3	Lighting System	1	Lot		2,745,370		830,810	3,576,180
4	Switch & Outlets	1	Lot		112,050		26,760	138,810
5	Fire Alarm System	1	Lot		1,459,320		135,945	1,595,265
6	Telephone System	1	Lot		678,025		124,790	802,815
7	MATV System	1	Lot		74,080		17,730	91,810
8	Lighting Protection System	1	Lot		194,400		25,500	219,900
9	Access Control System	1	Lot		91,405		2,950	94,355
10	CCTV System	1	Lot		52,965		1,900	54,865
11	การป้องกันไฟและควันลาม (Fire Barrier)	1	Lot		150,000		20,000	170,000
	Total							9,448,000

ภาคผนวก ข–7 (ต่อ)

โครงการ : ก่อสร้างอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

สถานที่ก่อสร้าง : ปทุมธานี

รายละเอียดราคา : งานระบบสุขาภิบาลและระบบป้องกันไฟ

Item	Description	Quantity	Unit	Material		Labour		Total Amouont
				U/P	Amount	U/P	Amount	
1	Equipment				1,446,000		193,000	1,639,000
2	Water Supply System				167,150		79,688	246,838
3	Soil, Waste, Vent & Kitchen Waste System				469,607		226,428	696,035
4	Rain Leader System				525,722		239,574	765,296
5	Sanitary Fixtures Installation				-		29,400	29,400
6	Fire Protection System				692,509		173,341	865,850
	Total							4,242,419

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-1

VisualDOE 4.0 – Results April 29, 2011

(Base line)

Project Information

Name: CAP THAILAND

Address: PHATUMTHANI

Description: No exterior shading such as N S window overhang, W fin, tree

Custom holiday, Single Clear SS 14 6 mm, Custom roof 0.068, 70%, U 0.38

Analysis done by: POCHE LERTCHANVUTH @ ERI Chulalongkorn University

Weather File: bkk99

Project File: C:\program files\gdt4\work folder\5.1.1\1.3.54 cap 5.1, 6.gph

Calculation Engine: DOE-2.1E-119

Electrical Use Summary

Alternative	Lights	Equipment	Cooling	Fans	Total
Electrical End-use Totals (kWh)					
Base Case	116,800	44,558	181,015	43,303	385,676

VisualDOE 4.0 – Results April 29, 2011

(Proposed Design)

Project Information

Name: CAP THAILAND

Address: PHATUMTHANI

Description:

Custom holiday, Single Clear SS 14 6 mm, Custom roof 0.049, 70%, U 0.27

Analysis done by: POCHE LERTCHANVUTH @ ERI Chulalongkorn University

Weather File: bkk99

Project File: C:\program files\gdt4\work folder\5.1.1\1.3.54 cap 5.1, 6.gph

Calculation Engine: DOE-2.1E-119

Electrical Use Summary

Alternative	Lights	Equipment	Cooling	Fans	Total
Electrical End-use Totals (kWh)					
Proposed Design	116,478	44,558	150,327	35,549	346,912

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

VisualDOE 4.0 – Architectural Summary April 29, 2011

(Proposed Design)

Project Information

Name: CAP THAILAND

Address: PHATUMTHANI

Description:

Custom holiday, Single Clear SS 14 6 mm, Custom roof 0.049, 70%, U 0.27

Analysis done by: POCHE LERTCHANVUTH @ ERI Chulalongkorn University

Project File: C:\program files\gdt4\work folder\5.1.1\1.3.54 cap 5.1, 6.gph

Case Name: Propose Design

Case Description: PROPOSE OH/FIN/DIM

Gross Area: 1,838 m?

Conditioned Area: 1,125 m?

Window-Wall-Ratio: 0.222

Skylight-Roof-Ratio: 0

Number of Blocks: 2

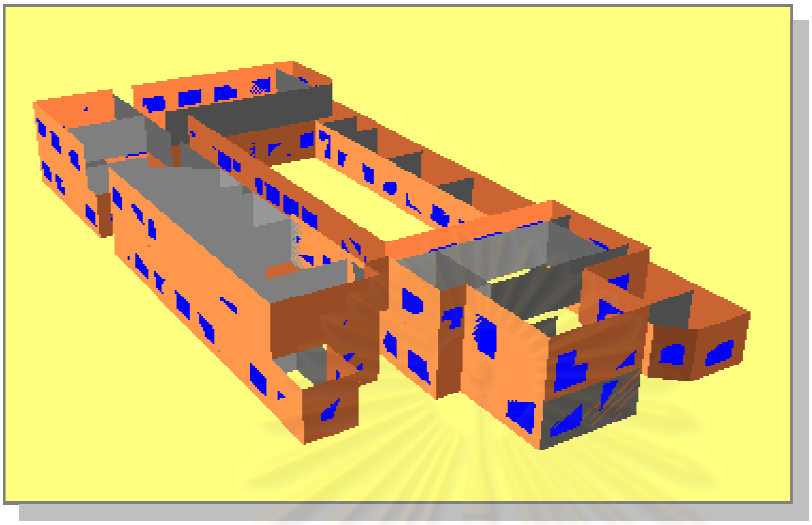
Note: This report includes floor multipliers

Occupancies Summary

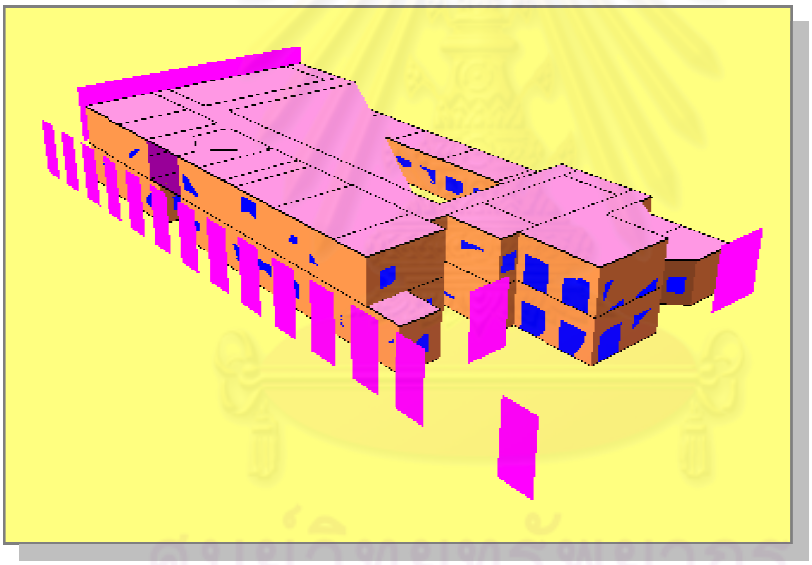
Name	Area (m?)	Avg. LPD(W/m?)	Avg. EPD (W/m?)
Office TH	1,313	11	8.07
Laboratories for testing and research	40	14	10.76
MEETING TH	593	13	8.07
Building Totals & Average	1,946	12.41	8.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

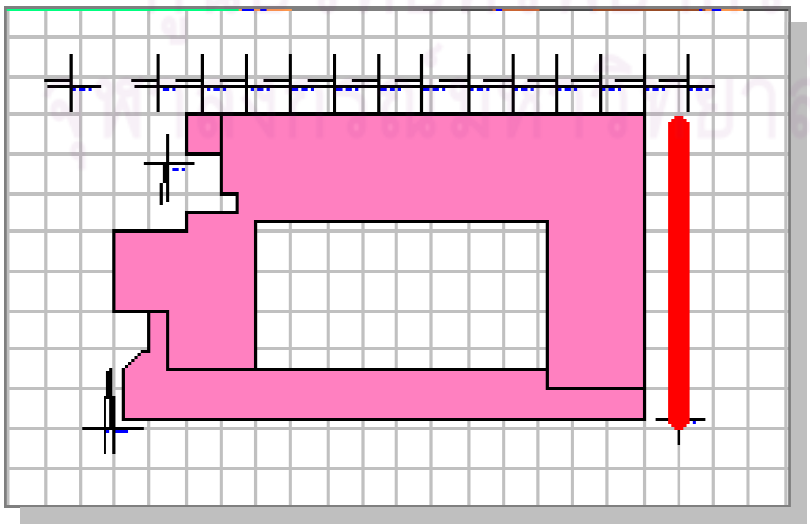
ภาคผนวก ค-1 (ต่อ)



ภาพจำลองอาคาร
กรณีศึกษาใน
โปรแกรม VisualDOE



ภาพจำลองอาคารและ
ตำแหน่งต้นไม้



ภาพตำแหน่งต้นไม้
และระแนงบังแดด

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

พจจิตร เลิศชาญวุฒิ

ภาคีสถาปนิก สาขาสถาปัตยกรรมหลัก เลขที่ ภ-สถ. 3386

การศึกษา

University of Oregon, USA.	ปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2534
University of Liverpool, UK.	นักศึกษาแลกเปลี่ยน พ.ศ. 2532
Lane Community College, USA.	Associated of Art พ.ศ. 2528

งานวิชาชีพ

ปัจจุบัน	Freelance Architect
พ.ศ. 2542-2547	หจก. FromtheEdge
พ.ศ. 2537-2543	บริษัท SJA+3D จำกัด
พ.ศ. 2536	บริษัท Design & Develop จำกัด
พ.ศ. 2534-2536	บริษัท K&B Construction จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย