การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

โดย

นายวรวิช ปิ่นปิติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

โดย
นายวรวิช ปิ่นปิติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

FEASIBILITY STUDY OF CONSTRUCTING OFFICE BUILDINGS TO COMPLY WITH GREEN BUILDING STANDARDS

By

Mr. Worawit Pinpiti

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

Master of Engineering Program in Energy Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว” เสนอโดย นายวรวิช ปิ่นปิติ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทสพล เขตเจนการ

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิบดินทร์ แสงสว่าง)
...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล)
...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทสพล เขตเจนการ)
...../...../.....

54406223 : สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน
คำสำคัญ : LEED 2009/LEED v.4/TREES-NC/มาตรฐานอาคารเขียว/ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
วรวิช ปิ่นปิติ : การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.ทสพล เขตเจนการ. 246 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่างที่มีพื้นที่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร จำนวน 5 อาคาร ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 โดยการกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยให้การประเมินเป็นไปตามข้อกำหนด และจัดลำดับมาตรการที่ใช้ประเมินในแต่ละมาตรฐานออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การประเมินข้อบังคับและมาตรการที่ไม่มีการลงทุนมีผลประหยัด, กลุ่มที่ 2 มาตรการที่ไม่มีการลงทุนไม่มีผลประหยัด, กลุ่มที่ 3 มาตรการที่มีการลงทุนมีผลประหยัด และกลุ่มที่ 4 มาตรการที่มีการลงทุนไม่มีผลประหยัด เมื่อประเมินอาคารตามมาตรฐานครบทั้ง 4 กลุ่มแล้ว จะนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อทำตามมาตรฐานอาคารเขียว เพื่อหาระดับที่มีความคุ้มค่าที่สุดในการลงทุน โดยใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) โดย NPV จะต้องมีค่าเป็นบวก, IRR จะต้องมากกว่าอัตราดอกเบี้ยของเงินลงทุน และมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดจึงจะถือว่าเป็นระดับที่มีความน่าสนใจในการลงทุน จากการวิจัยพบว่าอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ทำตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold โดยจะต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้น 0.62-2.53% ของมูลค่าอาคาร มีผลประหยัด 17.80-115.94% และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยพิจารณาจาก NPV 515,112.64-3,314,990.79 บาท, IRR 15.79-113.94% และระยะเวลาคืนทุน 0.88-2.19 ปี การประเมินในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 มีความคุ้มค่าในการลงทุนในระดับ Silver และ Gold ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้มาตรการที่มีผลประหยัด โดยมาตรฐาน LEED 2009 จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 1.32-3.45% ของมูลค่าอาคาร มีผลประหยัด 13.77-55.45% และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยมีค่า NPV 293,767.36-3,079,126.12 บาท, IRR 11.72-53.45% และมีระยะเวลาคืนทุน 1.87-8.50 ปี ส่วนมาตรฐาน LEED v.4 จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 2.15-4.65% ของมูลค่าอาคาร มีผลประหยัด 9.88-35.07% และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยมีค่าNPV 66,010.32-2,806,527.94 บาท, IRR 7.69-33.07% และมีระยะเวลาคืนทุน 3.02-12.69 ปี ตามลำดับ การประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนก็ต่อเมื่อใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 ที่มีผลประหยัดจากการลงทุน โดยผลประหยัดที่ได้เกิดจากการลดการใช้พลังงาน, ลดปริมาณการใช้น้ำ และการใช้โซล่าเซลล์ผลิตพลังงานใช้ในอาคาร และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงเมื่อใช้กลุ่มการประเมินที่ 4 ที่ไม่มีผลประหยัดจากการลงทุน แต่จะมุ่งเน้นทำคะแนนเพื่อให้ได้ระดับอาคารเขียวตามที่ต้องการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา ..... ปีการศึกษา 2559
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

54406223 : MAJOR : ENERGY ENGINEERING
KEY WORD : LEED 2009/LEED v.4/TREES-NC/GREEN BUILDING STANDARD/FINANCIAL FEASIBILITY.
WORAWIT PINPITI : FEASIBILITY STUDY OF CONSTRUCTING OFFICE BUILDINGS TO COMPLY WITH GREEN BUILDING STANDARDS. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.THOSAPON KATEJANEKARN, D.Eng. 246 pp.

This research was to study feasibility of constructing office buildings to comply with green building standards which are TREES-NC, LEED 2009 and LEED v.4. Five sample buildings with a total area of less than 2,000 sq.m. were chosen. Four groups of green measures (according to the green building standards) were assumed to be implemented to earn credits in the following order: group 1 measures with prerequisites and no investment & provide benefits, group 2 measures with no investment & no benefits, group 3 measures with investment & provide benefits, and group 4 measures with investment & no benefits. Feasibility analysis tools used were net present value (NPV), internal rate return (IRR), and payback period. It was found that sample buildings which complied with TREES-NC standard and had gold label were financially feasible, the investment would be 0.62-2.53% higher than the building value. The operating cost saving would be 17.80-115.94%. The NPV, IRR, and payback period were found to be 293,767.36-3,079,126.12 baht, 11.72-53.45%, and 1.87-8.50 years, respectively. When applying LEED 2009 and LEED v.4, it was found that both silver and gold labels were financially feasible depending on benefits earned from measures in group 3. For LEED 2009, the investment would be 1.32-3.45% higher than the building value. The operating cost saving would be 13.77-55.45%. The NPV, IRR, and payback period were found to be 293,767.36-3,079,126.12 baht, 11.72-53.45%, and 1.87-8.50 years, respectively. For LEED v.4, the investment would be 2.15-4.65% higher than the building value. The operating cost saving would be 9.88-35.07%. The NPV, IRR, and payback period were found to be 66,010.32-2,806,527.94 baht, 7.69-33.07%, and 3.02-12.69 years, respectively. For green measures, group 3 has potential to be financially feasible by reducing energy and water consumption, and using solar photovoltaic cells to produce electricity. The investment would turn to be non-feasible when applying group 4 measures because they provide no benefits but emphasizing on earning point only.

Department of Mechanical Engineering Graduate School, Silpakorn University
Student's signature ..... Academic Year 2016
Thesis Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทสพล เขตเจนการ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำตลอดจนถ่ายทอดประสบการณ์ความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัยและงานวิจัยในครั้งนี้ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัวที่คอยสนับสนุน ส่งเสริมและให้กำลังใจซึ่งช่วยเป็นพลังและแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาและทำงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จ

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ที่ร่วมเรียนร่วมศึกษามาด้วยกัน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจซึ่งกันและกันจนสามารถทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าหรือประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแก่พระคุณบิดามารดา ครูบาอาจารย์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาและอบรมสั่งสอน แนะนำ ให้การสนับสนุนและกำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ฏ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญ 1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 12
ขอบเขตการศึกษา 12
ขั้นตอนการทำวิจัย 12
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 14
มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009 14
LEED v4 for building design and construction 27
สถาบันอาคารเขียวไทย 39
มาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC 40
การเปรียบเทียบมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 51
โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus 60
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 67
3 วิธีดำเนินการวิจัย 71
การวางแผนการวิจัย 71
เครื่องมือสำหรับงานวิจัย 101
การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย 102
สถานที่ทำการจิจัย 102
ระยะเวลาการวิจัย 102
4 ผลการวิจัย 103
การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 1 103
การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 2 124
การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 3 144
การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 4 164
การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 5 184
ภาพรวมของการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐานอาคารเขียว 204

บทที่ หน้า
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 206
ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารสำนักงานที่เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว 206
ข้อเสนอแนะ 209
รายการอ้างอิง 210
ภาคผนวก 215
ภาคผนวก ก. วิธีการประเมินอาคารตามสมมติฐานลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 - 4 216
ภาคผนวก ข. ผลการจำลองการใช้แสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ 233
ภาคผนวก ค. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้ในงานวิจัย 239
ประวัติผู้วิจัย 247

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 จำนวนอาคารและพื้นที่ของสิ่งก่อสร้างอาคารโรงเรือน ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 .. 5
1.2 การใช้พลังงานในประเทศไทยจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ 5
1.3 จำนวนสมาชิกและอาคารทั่วโลกที่เข้าร่วมการประเมินอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน .. 7
1.4 จำนวนอาคารในประเทศไทยที่รับรองมาตรฐาน LEED และ TREES-NC..... 8
1.5 การเปรียบเทียบผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
2.1 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นที่ดาดแข็ง 18
2.2 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ตามความลาดเอียงของหลังคา..... 18
2.3 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของวัสดุหลังคา 19
2.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร 19
2.5 ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงภายในอาคารของแต่ละสุขภัณฑ์..... 20
2.6 การเปรียบเทียบคะแนนของมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับ Baseline building ของ LEED 2009 22
2.7 การเปรียบทียบพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในโครงการเทียบกับพลังงานที่ใช้ภายในอาคารตลอดทั้งปี ของ LEED 2009 22
2.8 คุณสมบัติสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศ 23
2.9 เกณฑ์ขั้นต่ำของคุณภาพอากาศภายในอาคาร..... 26
2.10 ระดับคะแนนของรถยนต์มาตรฐาน ACEEE รุ่นรถยนต์ในปี ค.ศ. 2016..... 30
2.11 การปรียบเทียบคะแนนของมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับ Baseline building ของ LEED v.4 35
2.12 การเปรียบทียบพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในโครงการเทียบกับพลังงานที่ใช้ภายในอาคารตลอดทั้งปี ของ LEED v.4 35
2.13 อัตราส่วนจำนวนพื้นที่ทั้งหมด ต่อ พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บวัสดุ..... 36
2.14 การเปรียบคะแนนการลดค่าใช้จ่ายพลังงานอาคาร ของ TREES-NC 45
2.15 การคิดค่าวัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง หมวดการประเมิน MR 47
2.16 การเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ใช้งานประจำที่ได้แสงธรรมชาติและคะแนนที่ได้ 50
2.17 การเปรียบเทียบพื้นที่ภาวะน่าสบายและคะแนนที่ได้ 50
2.18 การจัดกลุ่มข้อกำหนดในมาตรฐาน TREEs-NC, LEED 2009 และ LEED v.4..... 58
2.19 เปรียบเทียบการคำนวณในด้านต่างๆ ของแต่ละโปรแกรม..... 65
3.1 สมมติฐานก่อนการประเมินอาคาร.....74
3.2 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 75
3.3 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 76
3.4 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 77
3.5 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 78
3.6 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 79

ตารางที่ หน้า

3.7 สมมติฐานมูลค่าก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่าง 80
3.8 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 การประเมินตามสมมติฐานที่กำหนด 82
3.9 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด 86
3.10 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 2 การประเมินในกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด 90
3.11 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและมีผลประหยัด 92
3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด 93
3.13 ความสามารถในการใช้มาตรการในการประเมินของในแต่ละมาตรฐาน 99
4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC 105
4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 110
4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 116
4.4 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 1 123
4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC 125
4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 130
4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 136
4.8 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 2 143
4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC 145
4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 150
4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 156
4.12 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 3 163
4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC 165
4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 170
4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 176
4.16 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 4 183
4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC 185
4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 190
4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 196
4.20 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 5 203
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารสำนักงานที่เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว 208

ตารางภาคผนวก

ก.1 แหล่งสาธารณูปโภค 10 ประเภท ภายในรัศมี 500 เมตร 218
ก.2 ชนิดไม้ยืนต้นที่อยู่ภายในโครงการ 220
ก.3 ตัวอย่างรายชื่อไม้ยืนต้นที่ใช้ในงานด้านภูมิทัศน์ 220

ตารางที่ หน้า

ก.4 ค่าคะแนนสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน....221
ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินในแต่ละชนิดพื้นผิว....221
ก.6 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ Split type Daikin Smash FTM SERIES-R32....222
ก.7 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำในอาคารสำนักงาน....224
ก.8 จำนวนพนักงานที่ใช้อาคารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 ชั่งโมง/สัปดาห์ (FTE) ...224
ก.9 ความถี่การใช้สุขภัณฑ์ต่อวัน....225
ก.10 ร้อยละของการลดค่าใช้จ่ายพลังงานเมื่อใช้มาตรการประหยัดพลังงานที่ 1-6....226
ก.11 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการระบายอากาศโดยวิธีกลตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007....227
ก.12 ตัวอย่างค่าความส่องสว่าง ในทางเลือกที่ 2 การใช้วิธีการจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Dialux program)....228
ก.13 การคำนวณพื้นที่ภาวะสบายตามาตรฐาน ASHRAE 55-2004 ภายในอาคาร....228
ก.14 การประเมินค่าสารระเหยของแต่ละผลิตภัณฑ์....229
ก.15 การประเมินค่าสารระเหยโดยใช้วิธี VOC budget....230
ก.16 ตัวอย่างการคำนวณมูลค่าวัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน....231
ก.17 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองฉลากเขียว....232

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แนวโน้มการใช้พลังงานของโลกในปี ค.ศ. 1980 - ค.ศ. 2035	1
1.2	แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก ในปี ค.ศ. 1990 – ค.ศ. 2015	2
1.3	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก ค.ศ. 2015	3
1.4	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของเอเชีย ค.ศ. 2015	3
1.5	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกาแยกตามประเภทธุรกิจ ค.ศ. 2015	4
1.6	การสำรวจจำนวนอาคารโดยแยกประเภทอาคารในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2012	4
1.7	การสำรวจขนาดอาคารในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2012	5
1.8	การสำรวจขนาดอาคารสำนักงานในประเทศไทย	6
1.9	จำนวนอาคารในสหรัฐอเมริกาที่ผ่านการประเมิน LEED ในแต่ละปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000 - 2011	7
2.1	Leadership in Energy and Environmental Design	15
2.2	เอกสารการประเมิน LEED 2009	16
2.3	สัญลักษณ์ของสถาบันอาคารเขียวไทย (Thai Green Building Institute)	40
2.4	เอกสารการประเมิน TREES–NC Version 1.1	41
2.5	ภาพรวมของโปรแกรม EnergyPlus	62
2.6	การทำงานร่วมกันระหว่างส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศและระบบปรับอากาศ	64
2.7	ตัวอย่างของโปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน EnergyPlus version 8.0	64
2.8	ส่วนประกอบย่อยของส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศ	66
3.1	แผนการวิจัยก่อนการประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว	72
3.2	แผนการวิจัยการประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว	73
3.3	สมมติฐานพื้นที่โครงการ	74
3.4	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 1	75
3.5	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 2	76
3.6	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 3	77
3.7	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 4	78
3.8	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 5	79

รูปภาคผนวก

ก.1	การเลือกสถานที่ตั้งโครงการ	217
ก.2	ผังแสดงแหล่งสาธารณูปโภค ภายในรัศมี 500 เมตร	218
ก.3	ผังแสดงระบบขนส่งมวลชน ภายในรัศมี 500 เมตร	219
ก.4	ผังพื้นที่ภายในโครงการ	219
ก.5	ตำแหน่งการวางเครื่องระบายความร้อน	223

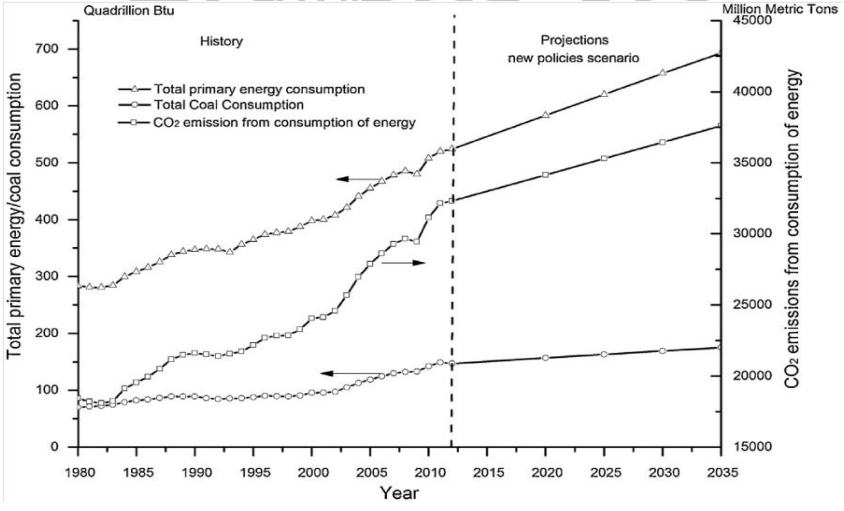
รูปที่ หน้า
ก.6 ระดับฉลากรับรองวัสดุที่มีสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) 230
ก.7 ฉลากรับรองพรมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 230
ก.8 ฉลากรับรองผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้วัสดุประสานระดับ E0 230
ก.9 ฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของประเทศไทย 231
ก.10 ฉลาก SCG ECO VALUE 231

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

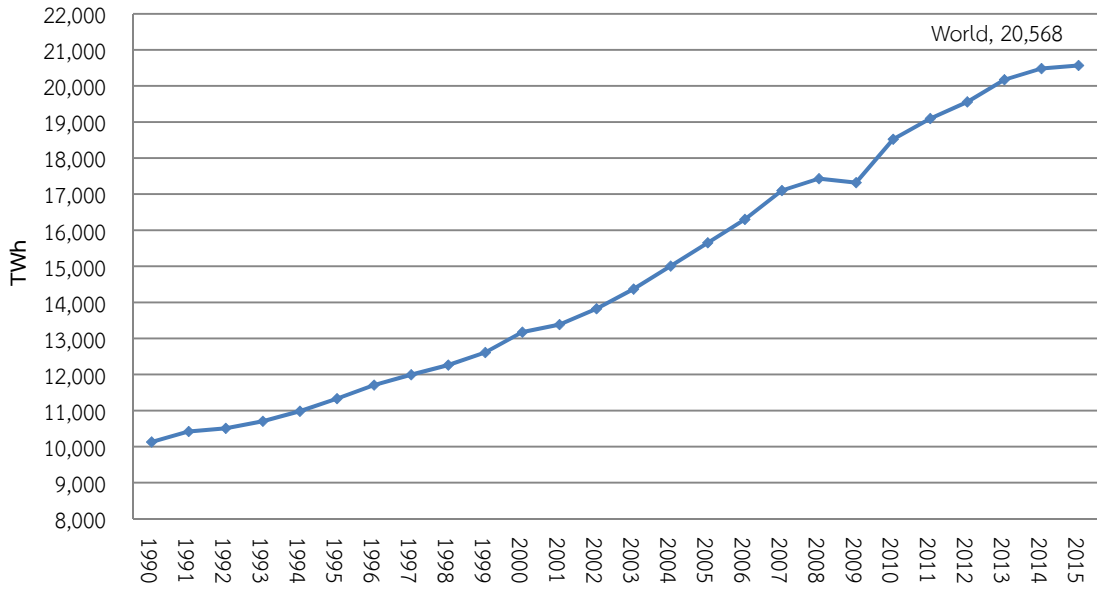
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากสถิติการใช้พลังงานของโลกในปี ค.ศ. 2012 พบว่ามีความต้องการใช้พลังงานมากกว่า 500 Quadrillion BTU ซึ่งความต้องการในการใช้พลังงานจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ จากข้อมูลในอดีตพบว่าความต้องการพลังงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง ปี ค.ศ. 2012 ความต้องการในการใช้พลังงานมีค่าสูงขึ้นถึง 85% เฉลี่ยปีละ 2% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึง 700 Quadrillion BTU ในปี ค.ศ. 2035 คิดเป็น 32% เมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงานในปี ค.ศ. 2012 [1] จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามความต้องการในการใช้พลังงาน ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวการหลักของการเกิดภาวะเรือนกระจก เนื่องจากก๊าซคาร์บอกไดออกไซด์มีอายุสะสมเฉลี่ยยาวนาน และสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ซึ่งก๊าซเรือนกระจกนั้นมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนหรือดูดกลืนรังสีความร้อน โดยเฉพาะรังสีความร้อนที่โลกคายออกไป ดังนั้นเราควรตระหนักถึงการใช้พลังงาน เพื่อช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ



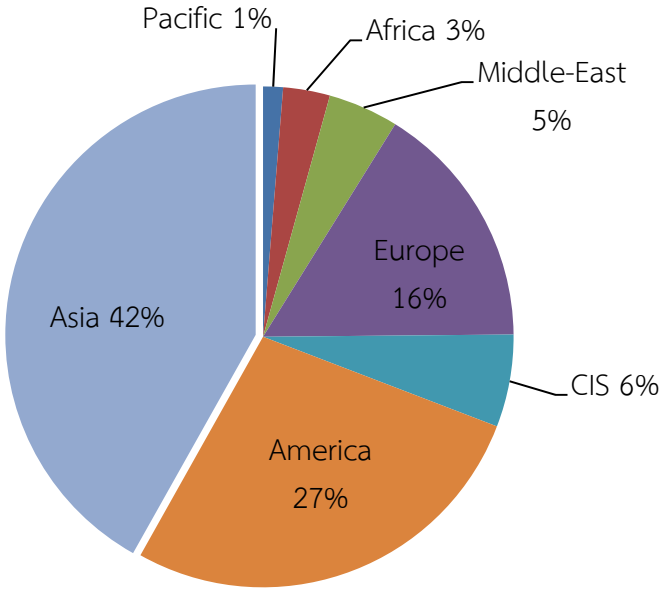
รูปที่ 1.1 แนวโน้มการใช้พลังงานของโลกในปี ค.ศ. 1980 - ค.ศ. 2035 [1]

เมื่อพิจารณาในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า จากสถิติพบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วโลก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 ถึง ปี ค.ศ. 2015 มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3% ต่อปี ซึ่งในปี ค.ศ. 2015 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 20,568 TWh [2] โดยเอเชียมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คิดเป็น 42% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลกทั้งหมด ถัดมาเป็นอเมริกาและยุโรป มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 27% และ 16% ตามลำดับ และประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 2% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของเอเชีย [2] สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่จะมีการแบ่งสัดส่วนออกตามประเภทของธุรกิจในแต่ละท้องที่ โดยแบ่งออกเป็นการใช้ไฟฟ้าในภาคธุรกิจขนส่ง การใช้ไฟฟ้าในภาคอุสาหกรรม และการใช้ไฟฟ้าในภาคอาคารและครัวเรือน เป็นต้น

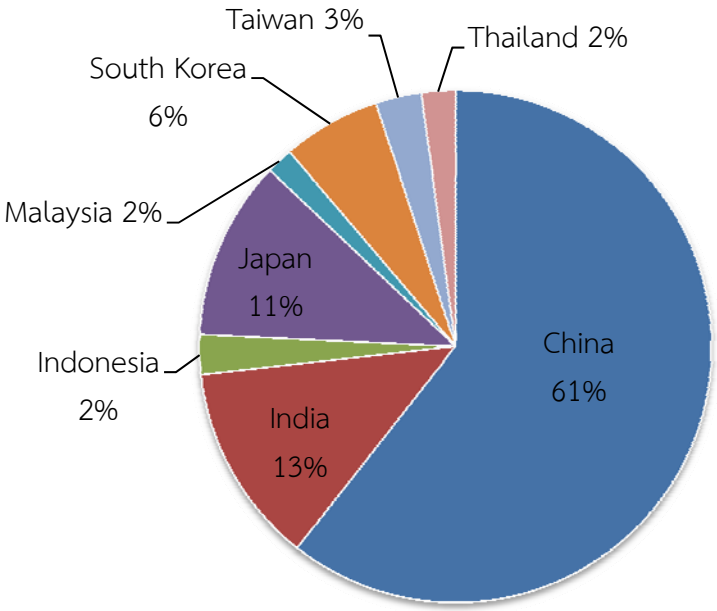


รูปที่ 1.2 แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก ในปี ค.ศ. 1990 – ค.ศ. 2015 [2]

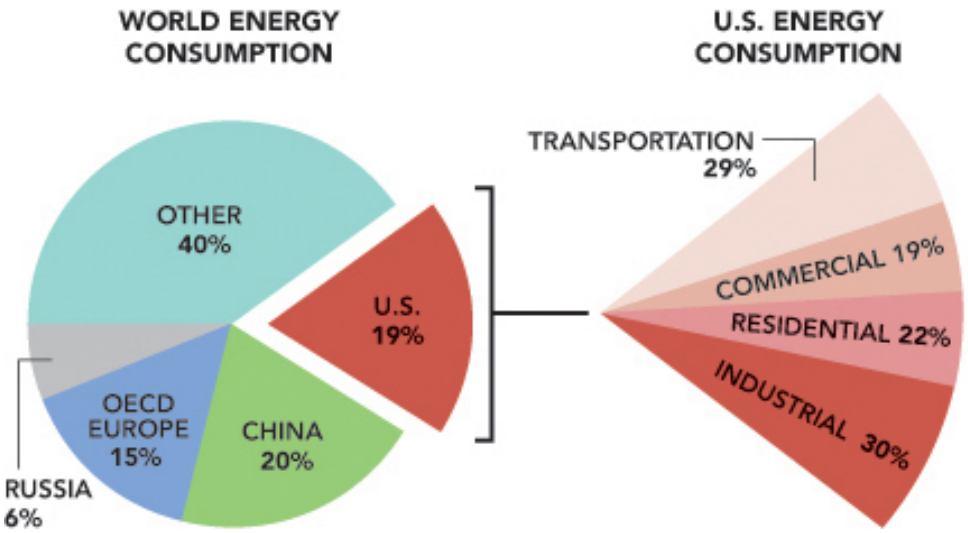
จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งตามประเภทของอาคาร ในสหรัฐอเมริกาพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอาคารและครัวเรือนมีการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็น 41% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในสหรัฐอเมริกา [3] ในปี ค.ศ. 2012 มีการสำรวจอาคารจำนวน 5,557 อาคาร ในสหรัฐอเมริกา พบว่าจำนวนอาคารประเภทอาคารสำนักงานมี 1,012 อาคาร คิดเป็น 18% ของอาคารที่สำรวจทั้งหมด [4] ซึ่งจะเห็นว่าอาคารสำนักงานมีจำนวนมากกว่าอาคารประเภทอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 1.6 และจะเห็นว่าอาคารในสหรัฐอเมริกาส่วนใหญ่ มีพื้นที่ไม่เกิน 2,500 ตารางเมตร [4] แสดงดังรูปที่ 1.7



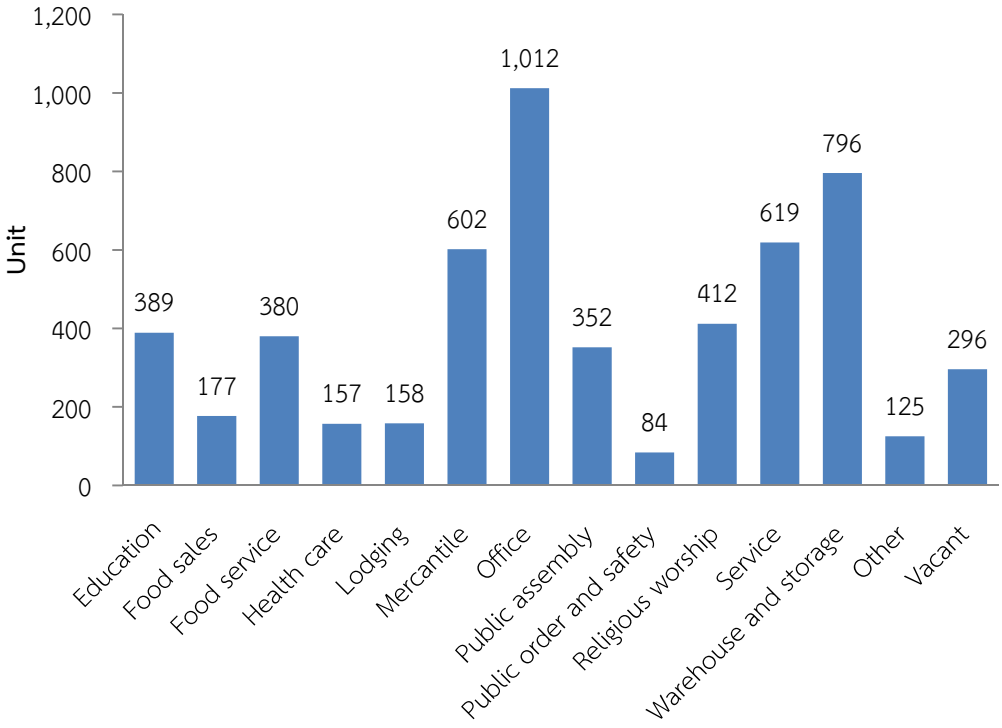
รูปที่ 1.3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก ค.ศ. 2015 [2]



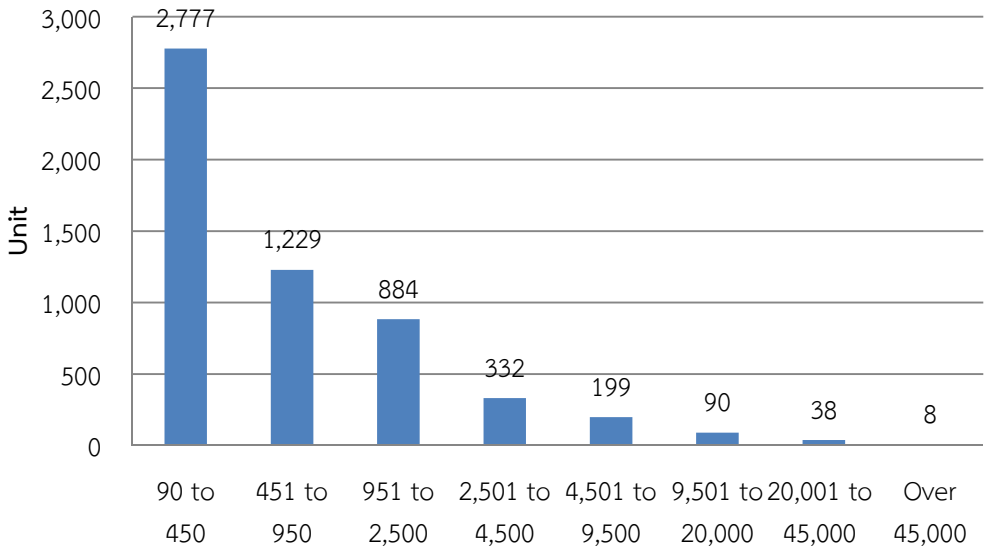
รูปที่ 1.4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของเอเชีย ค.ศ. 2015 [2]



รูปที่ 1.5 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกาแยกตามประเภทธุรกิจ ค.ศ. 2015 [3]



รูปที่ 1.6 การสำรวจจำนวนอาคารโดยแยกประเภทอาคารในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2012 [4]



รูปที่ 1.7 การสำรวจขนาดอาคารในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2012 [4]

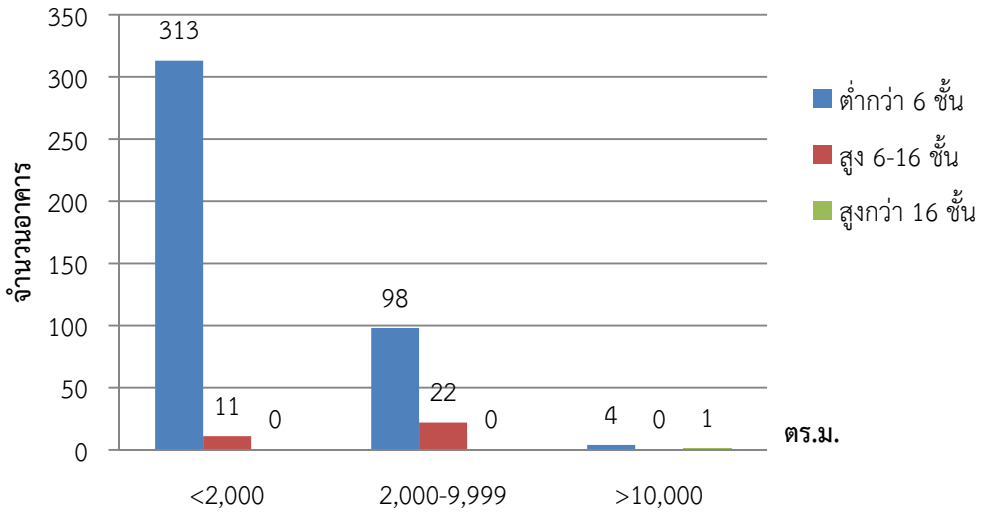
ตารางที่ 1.1 จำนวนอาคารและพื้นที่ของสิ่งก่อสร้างอาคารโรงเรือน ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 [5]

ชนิดของอาคาร	ก่อสร้างใหม่		ตารางเมตรต่อหน่วย
	จำนวนอาคาร (หน่วย)	พื้นที่สิ่งก่อสร้าง (ตร.ม.)	
อาคารอยู่อาศัย	215,439	42,114,051	195.48
อาคารพาณิชย์	11,470	6,787,613	591.77
อาคารสำนักงาน	449	1,050,532	2,339.71
อาคารโรงแรม	1,694	2,387,369	1,409.31
อาคารอุตสาหกรรมและโรงงาน	2,803	6,656,646	2,374.83
อาคารสถานศึกษา	237	456,151	1,924.69

ตารางที่ 1.2 การใช้พลังงานในประเทศไทยจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ [6]

การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ						หน่วย : ktoe	
สาขาเศรษฐกิจ	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556
เกษตรกรรม	3,448	3,446	3,477	3,499	3,686	3,790	3,906
บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า	14,015	14,926	15,029	16,584	16,551	16,386	17,172
เหมืองแร่	131	121	110	123	130	139	142
อุสาหกรรม	23,536	24,195	23,798	25,281	24,603	26,653	26,930
ก่อสร้าง	114	105	152	167	112	118	121
ขนส่ง	23,622	23,097	24,132	24,594	25,480	26,230	26,943
รวม	64,866	65,890	66,698	70,248	70,562	73,316	75,214

จากตารางที่ 1.1 การสำรวจข้อมูลอาคารจากสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่าในปี พ.ศ.2554 อาคารที่ได้รับอนุญาตก่อสร้างมากที่สุดเป็นอาคารประเภทอยู่อาศัย มีจำนวน 215,439 อาคาร คิดเป็นพื้นที่ 42,114,051 ตารางเมตร [5] ซึ่งหากดูจากพื้นที่ก่อสร้างคิดเป็นพื้นที่ตารางเมตรต่อหน่วย จะเห็นว่าอาคารประเภทอาคารสำนักงาน มีพื้นที่ก่อสร้างต่ออาคารมากกว่าอาคารประเภทอื่นๆ โดยอาคารสำนักงานมีพื้นที่ก่อสร้าง 2,339.71 ตารางเมตรต่อหนึ่งอาคาร รองจากอาคารอุตสาหกรรมและโรงงาน เช่นเดียวกันกับตารางที่ 1.2 จะเห็นว่าในปี พ.ศ. 2556 มีการใช้พลังงานในสาขาเศรษฐกิจบ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า คิดเป็น 22.83% ของการใช้พลังงานทั้งหมด รองจากสาขาธุรกิจขนส่งและอุตสาหกรรม [6] และอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีขนาดไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร [5] ดังรูปที่ 1.8



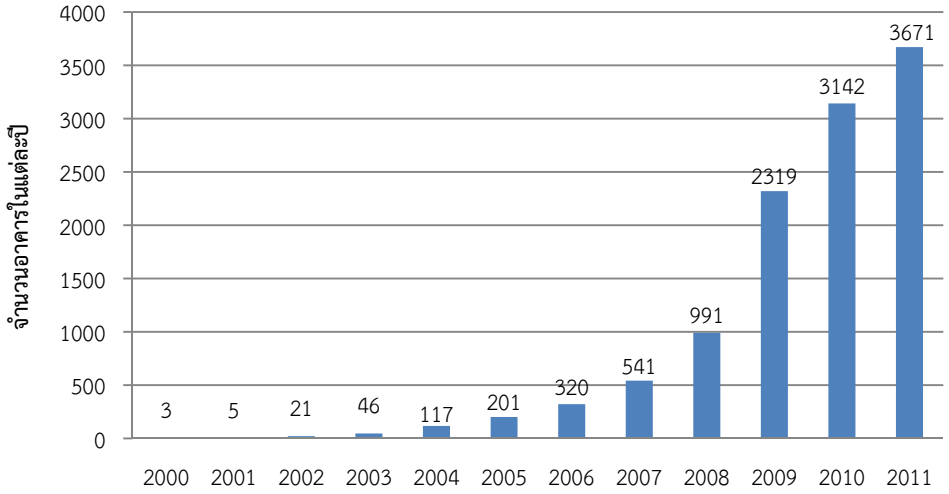
รูปที่ 1.8 การสำรวจขนาดอาคารสำนักงานในประเทศไทย [5]

จากข้อมูลการใช้พลังงานข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ส่งผลกระทบทั้งในด้านแหล่งกำเนิดพลังงานและสภาพแวดล้อม โดยการใช้พลังงานส่วนหนึ่งเป็นการใช้พลังงานในภาคอาคาร ในหลายๆ ประเทศได้เห็นถึงความสำคัญของการใช้พลังงานในอาคาร จึงได้มีการจัดตั้งองค์กรเพื่อช่วยในการก่อสร้างอาคารให้ลดปริมาณความต้องการในการใช้พลังงานในอาคาร มีการใช้วัตถุดิบในการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และส่งผลให้ศักยภาพในการทำงาน การอยู่อาศัย และสุขภาพของผู้ใช้อาคารเป็นไปในทางที่ดีขึ้น โดยในประเทศอังกฤษได้มีการจัดตั้งองค์กร Building Research Establishment (BRE) ในปี ค.ศ. 1990 และจัดทำระบบอาคารเขียวที่มีชื่อว่า BRE Environmental Assessment Method (BREEAM) ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1993 [7] โดยมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและมีการปรับปรุงครั้งล่าสุดและประกาศใช้ในปี ค.ศ. 2014 ต่อมาในปี ค.ศ. 1996 ประเทศฮ่องกงได้มีการพัฒนาระบบอาคารเขียวที่มีชื่อว่า Hong Kong Building Enviromental Assessment Method (HK-BEAM) [7] โดยมีการพัฒนาล่าสุดในปี ค.ศ. 2010 โดยใช้ชื่อว่า BEAM Plus 2010 ส่วนในสหรัฐอเมริกาได้จัดตั้งองค์กรเอกชน โดยใช้ชื่อว่า US Green Building Council (USGBC) ขึ้นในปี ค.ศ. 1993 โดยมีสมาชิกเข้าร่วมโครงการมากกว่า

180,000 ราย โดยมีจุดมุ่งหมาย คือ การที่จะปรับเปลี่ยนการออกแบบอาคาร การก่อสร้าง และการใช้สอยจากรูปแบบเดิม ไปสู่รูปแบบที่ยั่งยืนบนผลตอบแทนที่ดีทั้งในด้านของธุรกิจและในด้านของสิ่งแวดล้อม โดยมีการพัฒนาแบ่งลำดับขั้นเป็นมาตรฐานและลำดับคะแนน ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ชื่อเรียกว่า Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) โดย LEED เวอร์ชั่นแรกที่ใช้คือ LEED 1.0 สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1998 และพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเป็น LEED 2.0 ในปี ค.ศ. 2000, LEED 2.2 ในปี ค.ศ. 2005 [7] และLEED v.3 หรือ LEED 2009 ได้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2008 จนถึงปัจจุบันได้พัฒนาเป็น LEED v.4 ซึ่งอาคารที่ยื่นขอประเมินหลังจากเดือนตุลาคม ค.ศ. 2016 จะต้องใช้เกณฑ์การประเมิน LEED v.4 [8]

ตารางที่ 1.3 จำนวนสมาชิกและอาคารทั่วโลกที่เข้าร่วมการประเมินอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน [8, 9, 10]

	BREEAM	LEED	BEAM Plus
Certifield	547,721	>202,500	384
Registered	2,247,638	N/A	845
Contries	77	160	N/A



รูปที่ 1.9 จำนวนอาคารในสหรัฐอเมริกาที่ผ่านการประเมิน LEED ในแต่ละปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000 - 2011 [11]

จากตารางที่ 1.3 แสดงให้เห็นว่าสมาชิกที่เข้าร่วมการประเมินอาคารเขียว โดยใช้เกณฑ์การประเมิน LEED มีความนิยมไปหลายๆ ประเทศ โดยในประเทศสหรัฐอเมริกามีอาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน LEED เป็นอาคารแรกในปี ค.ศ. 2000 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องคิดเป็น 103% ต่อปี ดังรูปที่ 1.9 และข้อมูลของ USGBC พบว่าใน 1 วัน จะมีอาคารที่ผ่านการประเมิน LEED คิดเป็นพื้นที่ 1.85 ล้านตารางฟุต [8] ซึ่งข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่ามาตรฐาน LEED ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

“อาคารเขียว” หรือ Green building คืออาคารที่มีความรับผิดชอบในการรักษาสิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพตลอดวงจรอายุอาคาร [12] เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงาน ประหยัดการใช้น้ำ และใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการดำเนินการทั้งหมดไม่มีกฎหมายหรือกฎเกณฑ์บังคับ แต่จะเกิดจากความต้องการของผู้ประกอบการเอง โดยในประเทศไทยได้เริ่มโครงการอาคารเขียวขึ้นในปี พ.ศ. 2552 เป็นความร่วมมือของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ก่อตั้ง “สถาบันอาคารเขียวไทย” ขึ้น เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาโครงการอาคารเขียว และได้จัดทำแนวทางการประเมินอาคารเขียวของไทยขึ้นมา ชื่อว่า Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation (TREES-NC) [13] จะมุ่งเน้นในเรื่องการก่อสร้างอาคารใหม่หรือการปรับปรุงอาคารครั้งใหญ่ ซึ่งในปี พ.ศ. 2559 จำนวนอาคารในประเทศไทยที่ขอการรับรองมาตรฐาน TREES-NC มีทั้งหมด 68 อาคาร เป็นอาคารที่ผ่านการประเมินแล้ว 10 อาคาร โดยอาคารที่ได้รับรองมาตรฐาน TREES-NC เป็นอาคารแรกในปี พ.ศ. 2555 [14] และมีอาคารที่ยื่นขอรับรองมาตรฐานอาคารเขียว LEED ทั้งหมด 50 อาคาร เป็นอาคารที่ผ่านการประเมินแล้ว 20 อาคาร โดยมีอาคารที่ได้รับรองมาตรฐาน LEED เป็นอาคารแรกในปี พ.ศ. 2550 [15] แสดงดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 จำนวนอาคารในประเทศไทยที่รับรองมาตรฐาน LEED และ TREES-NC [14, 15]

Rating	LEED	TREES-NC
Register	50	68
Certified	1 (พ.ศ. 2550)	2
Silver	6	1
Gold	8	5 (พ.ศ. 2555)
Platinum	5	2

มาตรฐานอาคารเขียวของไทย (TREES-NC) [13] จะแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ระดับ คือ Certified 30-37 คะแนน, Silver 38-45 คะแนน, Gold 46-60 คะแนน และ Platinum 61 คะแนนขึ้นไป ซึ่งคะแนนที่ได้จะประเมินโดยหมวดการประเมิน 8 หมวด คือ

หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building management)
หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and landscape)
หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water conservation)
หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere)
หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรการก่อสร้าง (Material and resources)
หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality)
หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)
หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green innovation)

รวมทั้ง 8 หมวด มีคะแนนทั้งหมด 85 คะแนน ซึ่งแต่ละหมวดจะมีคะแนนไม่เท่ากันและมีเกณฑ์บังคับในแต่ละหมวด รวม 9 ข้อบังคับ การผ่านมาตรฐานอาคารเขียวจะต้องผ่านข้อบังคับทั้ง 9 ข้อนี้ จึงจะสามารถประเมินคะแนนในระดับต่างๆ ได้

มาตรฐานอาคารเขียว LEED ในปัจจุบันอาคารที่ยื่นขอการรับรองมาตรฐานก่อนเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2016 จะใช้เกณฑ์การประเมิน LEED 2009 ส่วนอาคารที่ยื่นขอประเมินหลังจากเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2016 จะต้องเปลี่ยนมาใช้เกณฑ์การประเมิน LEED v.4 ซึ่งมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะแบ่งระดับการประเมินออกเป็น 4 ระดับเหมือนกัน คือ Certified 40-49 คะแนน, Silver 50-59 คะแนน, Gold 60-79 คะแนน และ Platinum มากกว่า 80 คะแนนขึ้นไป

มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009 [16] มีเกณฑ์ข้อบังคับทั้งหมด 8 ข้อบังคับและแบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 7 หมวด ดังนี้

หมวดที่ 1 Sustainable sites
หมวดที่ 2 Water efficiency
หมวดที่ 3 Energy and atmosphere
หมวดที่ 4 Material and resources
หมวดที่ 5 Indoor environmental quality
หมวดที่ 6 Innovation in design
หมวดที่ 7 Regional priority

เกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียว LEED v.4 [17] มีเกณฑ์ข้อบังคับทั้งหมด 12 ข้อบังคับและแบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 9 หมวด ดังนี้

หมวดที่ 1 Integrative process
หมวดที่ 2 Location and transportation
หมวดที่ 3 Sustainable sites
หมวดที่ 4 Water efficiency
หมวดที่ 5 Energy and atmosphere
หมวดที่ 6 Material and resources
หมวดที่ 7 Indoor environmental quality
หมวดที่ 8 Innovation in design
หมวดที่ 9 Regional priority

การทำอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ลดปริมาณการใช้น้ำ เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร และยังสามารถเพิ่มมูลค่าของอาคารได้อีกด้วย ซึ่งการสำรวจอาคารในประเทศไทย พบว่าอาคารที่ทำตามมาตรฐาน LEED สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 40% - 59% [18, 19] ลดปริมาณการใช้น้ำได้ 20% - 30% [18] โดย จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ แสดงถึงเงินลงทุนในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 5% - 8% มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 3 - 5 ปี [18] ส่วนเกชา ธีรโกเมน และพิริยะ ผลพิรุฬห์ แสดงถึงเงินลงทุนในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 15% - 17.60% และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 1 – 7 ปี [19, 20]

อาคารเขียวจะสามารถช่วยให้คุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารเป็นไปในทางที่ดีขึ้น มีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น และมีการเจ็บป่วยหรือการขาดงานลดน้อยลงด้วย [18, 19] ทั้งนี้ อาคารเขียวยังสามารถเพิ่มมูลค่าของอาคารได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งพบว่าอาคารที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอาคารเขียว สามารถเก็บค่าเช่าเพิ่มจากอาคารทั่วไปได้ 300 บาทต่อตารางเมตร หรือคิดเป็น 42.90% จากราคาปกติ (ราคาค่าเช่าอาคารทั่วไป 700 บาทต่อตารางเมตร) [19]

นอกจากนี้ยังมีการสำรวจอาคารที่ทำตามมาตรฐานอาคารเขียวในต่างประเทศ โดยใช้เกณฑ์ประเมินอาคารเขียวหรือเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารในลักษณะต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยในการประหยัดพลังงาน ประหยัดการใช้น้ำ ได้เช่นเดียวกับการประเมินอาคารเขียวในประเทศไทย โดยจากการสำรวจพบว่า อาคารที่ทำตามมาตรฐานอาคารเขียว LEED จะสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้ 15% - 34% [21, 22, 23] ลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 30% และลดการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 50% [21] โดยมีมูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้น 0.66% - 6.5% (Certified <1%, Silver 2.1%, Glod 1.8% (4.41%), Platinum 6.5%) [21, 24]

มีการศึกษาถึงอาคารที่ทำตามมาตรฐาน HK-BEAM จะสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้ 2.7% - 21% โดยมีการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่ช่วยในการลดปริมาณการใช้พลังงาน พบว่าการใช้พัดลมในระบบปรับอากาศที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ (Variable flow volume) มีผลต่อการใช้พลังงาน 21.5%, การใช้ระบบระบายอากาศภายในอาคาร (Fresh air rate) มีผลต่อการใช้พลังงาน 11.0%, การปรับอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ (Indoor temperature) มีผลต่อการใช้พลังงาน 11.9%, ระบบแสงสว่างภายในอาคาร (Lighting power intensity) มีผลต่อการใช้พลังงาน 7.4% [25]

อาคารที่มีการออกแบบระบบการใช้พลังงานในอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่มีการอ้างถึงในมาตรฐานอาคารเขียว LEED และ TREES-NC โดยอาคารที่ออกแบบตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2004 และ ASHRAE 90.1-2007 สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้ 15% - 20% และอาจสารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 30% ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศของอาคารนั้นๆ [26]

การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารในมาตรฐานอาคารเขียว LEED จะมีการกำหนดชนิดและประเภทของวัสดุในแต่ละชนิดให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน เช่น การเลือกใช้วัสดุที่มีส่วนประกอบของการรีไซเคิล การเลือกใช้วัสดุประสาน ยาแนว ที่มีส่วนผสมของสารอินทรย์ระเหยง่าย (VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีการวิเคราะห์ถึงการเลือกใช้วัสดุให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว LEED โดยมีการรวบรวมคะแนนในหมวดการประเมินที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้วัสดุภายในอาคาร ได้ทั้งหมด 11 คะแนน พบว่าการลงทุนในด้านวัสดุจะมีความคุ้มค่ามากที่สุดอยู่ที่ 7 คะแนน โดยมีการลงทุนเพิ่มขึ้นเพียง 1% ของวัสดุอาคารเดิม และหากมีความต้องการประเมินในด้านวัสดุอาคารให้ได้คะแนนเต็ม 11 คะแนน จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้นอีก 14.02% ของมูลค่าวัสดุอาคารเดิม โดยวัสดุที่มีผลต่อการลงทุนมากที่สุดคือ วัสดุจำพวกไม้และวัสดุที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด [27]

การใช้วัสดุกรอบอาคารที่เป็นพืช (Green wall, Green roof) จะสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารลงได้ 3.2% จากการใช้ผนังอาคารที่เป็นพืช (Green wall) และ

7.3% จากการใช้หลังคาที่เป็นพืช (Green roof) [28] โดยมีการศึกษากับอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา 5 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอย 6,320 ตารางเมตร ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน LEED ในระดับ Gold ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการลงทุนในการใช้ผนังและหลังคาอาคารที่ปกคลุมด้วยพืช คิดเป็น 350 บาทต่อตารางเมตร และมีมูลค่าการบำรุงรักษา 16,800 บาทต่อปี [28]

ตารางที่ 1.5 การเปรียบเทียบผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียน	มาตรฐานที่ใช้วิจัย	เงินลงทุน	ระยะเวลาคืนทุน	ลดพลังงาน	ลดการใช้น้ำ
เกชา ธีรโกเมน [20]	LEED	15-17%	1-7 ปี	-	-
พิริยะ ผลพิรุฬห์ [19]	LEED	17.60%	5 ปี	59%	-
จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ [18]	LEED	5-8%	3-5 ปี	40-50%	20-30%
Castro-Lacouture [27]	LEED 2009	14.02%	-	-	-
Kats et al. [21] Tatari et al. [24]	LEED 2.1	0.66% - 6.5%	-	33%	30-50%
Sabapathy et al. [22]	LEED India	-	-	34%	-
Lee et al. [25]	HK-BEAM	-	-	2.7-21%	-
Lee [23]	LEED 2009	-	-	28%	-
Joshua Kneifel [26]	ASHRAE 90.1	-	-	15-35%	-
Feng and Hewage [28]	LEED Gold	$10/sqf	-	3.2%-7.3%	-

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่ามูลค่าการลงทุนอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากการก่อสร้างอาคารทั่วไป 0.66% - 17.60% โดยข้อมูลของ เกชา ธีรโกเมน, พิริยะ ผลพิรุฬห์ และ Castro Lacouture มีมูลค่าการลงทุน มากถึง 14.02% - 17.60% ส่วนในด้านจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์, Kats et al. และ Tatari et al. มีมูลค่าการลงทุน 0.66% - 8% ซึ่งเห็นว่ามีความไม่สอดคล้องกัน และยังไม่มีข้อมูลใดที่กล่าวถึงการก่อสร้างตามมาตรฐาน TREES-NC จึงเป็นที่น่าสนใจในการวิจัยถึงการก่อสร้างอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวในประเทศไทย

ในงานวิจัยนี้จะมีการเปรียบกันระหว่างมาตรฐาน TREES-NC, LEED ในการประเมินอาคาร โดยจะพิจารณาว่าเมื่อปฏิบัติตามมาตรฐานอาคารเขียวแล้วจะมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าผลประโยชน์ที่จะได้รับกลับมา และควรทำอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ระดับใดจึงจะคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด โดยในงานนี้จะทำการวิจัยกับอาคารสำนักงานตัวอย่าง จำนวน 5 อาคาร ขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร โดยในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารตัวอย่างจะใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร EnergyPlus version 8.0 และใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดจากการลงทุนในอาคารสำนักงานตัวอย่าง ที่ทำตามมาตรฐานอาคารเขียวกับอาคารที่ก่อสร้างทั่วไปที่ไม่ได้ทำตามมาตรฐานอาคารเขียว โดยพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาจุดคุ้มค่าในการลงทุนที่เหมาะสมของเกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC ว่าระดับความเป็นอาคารเขียวระดับใดในแต่ละมาตรฐานมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษามาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC

1.3.2 ใช้อาคารสำนักงานตัวอย่าง (อาคารใหม่) จำนวน 5 อาคาร ในการประเมินผลและทำตามมาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC เพื่อหาระดับของความเป็นอาคารเขียวที่เหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดในการลงทุน

1.3.3 อาคารสำนักงานที่ใช้ในงานวิจัย จะมีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร

1.3.4 มีการตั้งสมมติฐานที่จำเป็น เช่น การเลือกพื้นที่โครงการ การเลือกใช้วัสดุในการสร้างอาคาร ประเภทของสุขภัณฑ์ที่ใช้ เป็นต้น เพื่อใช้ในการประเมินระดับคะแนนของความเป็นอาคารเขียว ซึ่งจะระบุอย่างชัดเจนไว้ในวิธีการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

1.3.5 เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความค้มค่าในการลงทุน คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) และ อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate of return, IRR)

1.3.6 ลำดับการประเมินมาตรฐานอาคารเขียว จะพิจารณาขั้นตอนการประเมินอาคารเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การประเมินตามข้อบังคับและกลุ่มไม่มีการลงทุนมีผลประหยัด, กลุ่มที่ 2 กลุ่มไม่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด, กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการลงทุนและมีผลประหยัด และกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด

1.3.7 ใช้โปรแกรม EnergyPlus version 8.0 ในการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัย

1.4.1 ศึกษามาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREE-NC

1.4.2 นำอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 อาคาร มาประเมินระดับความเป็นอาคารเขียวให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยตั้งสมมติฐานที่จำเป็นเพื่อให้ครอบคลุมตามหมวดประเมินทั้งหมด

1.4.3 คำนวณหาค่าการใช้พลังงานและการใช้น้ำในอาคาร แล้วนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างอาคารที่ทำตามมาตรฐานอาคารเขียว (Proposed building) และอาคารที่ไม่ได้ทำตามมาตรฐานอาคารเขียว (Reference building)

1.4.4 คำนวณมูลค่าอาคารที่ทำตามมาตรฐานอาคารเขียวและนำไปวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

1.4.5 วิเคราะห์หาจุดเหมาะสมของอาคารในด้านความคุ้มค่าต่อการลงทุน ว่าการทำตามมาตรฐานอาคารเขียวที่ระดับใดในแต่ละมาตรฐานเหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงเกณฑ์การประเมินมาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC

1.5.2 ทราบถึงจุดเหมาะสมในการลงทุนสร้างอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวว่าในระดับคะแนนในขั้นใด ในแต่ละมาตรฐานมีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

1.5.3 รู้แนวทางและวิธีการที่จะเพิ่มระดับคะแนนในแต่ละมาตรฐาน เมื่อต้องการเพิ่มระดับความเป็นอาคารเขียว

1.5.4 สามารถจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างครอบคลุมด้วยโปรแกรม EnergyPlus version 8.0

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานอาคารเขียวที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้ คือมาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อกำหนดต่างๆ ในแต่ละมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินความเป็นอาคารเขียว, เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ในการหาความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างและประเมินอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว ตั้งแต่ระดับ Certified, Silver, Gold และ Platinum ว่าอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐานมีความคุ้มค่ามากที่สุดในระดับใด และโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนหลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1 มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009
2.2 มาตรฐานอาคารเขียว LEED v.4
2.3 สถาบันอาคารเขียวไทย
2.4 มาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC
2.5 โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus version 8.0
2.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.1 มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009 [16]

การออกแบบเพื่อความเป็นผู้นำทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) คือ เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา พัฒนาขึ้นโดย United Stated Green Building Council หรือ USGBC โดยเกิดจากการรวมตัวกันของผู้เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างและออกแบบอาคาร เพื่อพัฒนาให้เกิดมาตรฐานอาคารเขียว เกิดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 จนถึงปัจจุบัน มีสมาชิกมากกว่า 180,000 ราย มีทั้งหน่วยงานของรัฐ เอกชน ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ สถาปนิก วิศวกร และผู้รับเหมา โดยมีพันธกิจหลักในการเปลี่ยนแปลงวิธีการออกแบบ ก่อสร้างและใช้อาคารให้มีความใส่ใจรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมมากขึ้น เกณฑ์นี้ได้ใช้ประเมินอาคารต่างๆ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและในประเทศอื่นๆ เกือบทั่วโลกมานานกว่า 10 ปี และมีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยได้จัดทำเกณฑ์เพื่อให้สามารถใช้ประเมินอาคารได้หลากหลายประเภท ผู้ใช้จึงต้องเลือกประเภทของเกณฑ์การประเมินให้เหมาะสม ดังนี้

- LEED for Building Design and Construction (LEED BD+C) ใช้สำหรับประเมินอาคารที่สร้างใหม่หรืออาคารที่มีการปรับปรุงครั้งใหญ่ โดยออกแบบสำหรับอาคารสำนักงานเป็นหลัก แต่สามารถใช้กับอาคารประเภทอื่นๆ ได้ด้วย เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม และโรงงาน เป็นต้น

รูปที่ 2.1 Leadership in Energy and Environmental Design [29]

- LEED for Interia Design & Construction เป็นแนวทางการออกแบบภายในสำหรับผู้เช่าอาคารและผู้ออกแบบ

- LEED for Operation and Maintenance (LEED O+M) สำหรับอาคารที่สร้างเสร็จแล้ว ที่ต้องการการดูและรักษาอาคารให้เป็นอาคารเขียว โดยอาคารที่ผ่านการรับรองประเภท LEED BC+D แล้ว จะสามารถขอการรับรองประเภทนี้ต่อได้

- LEED for Neighborhood Development เป็นแนวทางการพัฒนาชุมชน หมู่บ้าน การเข้าถึงบริการขนส่งสาธารณะ และการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับพื้นที่พาณิชยกรรม

- LEED for Home สำหรับบ้านพักอาศัย

ตามที่ได้กล่าวข้างต้น เกณฑ์การประเมิน LEED มีหลายระบบ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเนื้อหาของ LEED for Building Design and Construction (เดิมเรียกว่า LEED for New Construction and Major Renovations) ซึ่งสามารถใช้กับอาคารสำนักงานและอาคารประเภทอื่นได้หลายประเภท และมีการนำมาใช้มากกว่าแบบอื่นๆ โดย LEED 2009 หรือ LEED v.3 ได้ปรับปรุงขึ้นแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2008 ซึ่งการประเมินจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทเกณฑ์ข้อบังคับ (Prerequisite) และเกณฑ์ที่มีคะแนน (Credit) สำหรับอาคารที่จะผ่านการรับรองได้นั้นจะต้องผ่านเกณฑ์ข้อบังคับให้ครบทุกข้อและได้คะแนนในหมวดต่างๆ รวมกันอย่างน้อย 40 คะแนน โดยแบ่งระดับความเป็นอาคารเขียวออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รูปที่ 2.2 เอกสารการประเมิน LEED 2009 [16]

LEED 2009 ได้แบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 7 หมวด ดังนี้

- หมวดที่ 1 Sustainable sites (26 คะแนน)
- หมวดที่ 2 Water efficiency (10 คะแนน)
- หมวดที่ 3 Energy and atmosphere (35 คะแนน)
- หมวดที่ 4 Material and resources (14 คะแนน)
- หมวดที่ 5 Indoor environmental quality (15 คะแนน)
- หมวดที่ 6 Innovation in design (6 คะแนน)
- หมวดที่ 7 Regional priority (4 คะแนน)

2.1.1 หมวดที่ 1 สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable sites, SS)

SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention (ข้อบังคับ) เป็นการป้องกันมลภาวะที่เกิดจากการก่อสร้างอาคาร โดยมีการป้องกันการสูญเสียหน้าดินของโครงการก่อสร้าง การป้องกันเศษดินและตะกอนต่างๆ ไหลลงสู่ท่อรับน้ำฝน คูคลอง หรือพื้นที่ใกล้เคียง และป้องกันมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากฝุ่นละอองในระหว่างการก่อสร้าง

SS Credit 1 Site Selection (1 คะแนน) การเลือกพื้นที่โครงการ จะต้องไม่เลือกเอาพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติมาใช้เป็นพื้นที่โครงการ เช่น พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่า หรือพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะไม่ต้องการให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น ที่อยู่อาศัยของสัตว์ตามธรรมชาติ

SS Credit 2 Development density and community connectivity (5 คะแนน) ให้เลือกพื้นที่โครงการอยู่ในพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว และมีสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ชุมชน ภายในระยะ 800 เมตร เพราะไม่ต้องการให้เมืองขยายไปลุกล้ำพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ที่ยังไม่มีการพัฒนานอกเมืองอย่างรวดเร็ว เพราะจะต้องขยายระบบสาธารณูปโภคเพื่อรองรับตามไปด้วย เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากรมากขึ้น

SS Credit 3 Brownfiled redevelopment (1 คะแนน) การพัฒนาพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมทางธรรมชาติ เป็นการนำพื้นที่ที่มีสภาพปนเปื้อนสารพิษหรือติดเชื้อมาพัฒนา เพราะอาจถูกทิ้งร้างเป็นปัญหากับเมือง ซึ่งหากได้รับการพัฒนาก็จะทำให้พื้นที่ที่เป็นปัญหาอยู่ หายไปจากเมือง แต่ทั้งนี้ผู้ลงทุนจะต้องแก้ไขสภาพดินด้วย

SS credit 4.1 Alternative transportation - Public transportation access (6คะแนน) การเลือกพื้นที่โครงการให้อยู่ติดกับขนส่งสาธารณะ เพื่อลดมลพิษจากการใช้รถยนต์ โดยเลือกพื้นที่โครงการให้อยู่ติดกับสถานีรถไฟ ภายในระยะ 800 เมตร หรือการขนส่งรถโดยสารสาธารณะ ภายในระยะ 400 เมตร วัดจากทางเข้าโครงการ

SS credit 4.2 Alternative transportation - Bicycle storage and changing rooms (1 คะแนน) มีการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับจอดรถจักรยานอย่างน้อย 5% ของผู้ใช้อาคาร เพื่อสนับสนุนให้ผู้ใช้อาคารลดการใช้รถยนต์ในการเดินทาง และมีการจัดเตรียมห้องสำหรับอาบน้ำหรือเปลี่ยนเสื้อผ้า คิดเป็น 0.5% ของ Full-time equivalent (FTE) ของจำนวนผู้ใช้อาคาร

SS credit 4.3 Alternative transportation - Low-emitting and fuel-efficient vehicles (3 คะแนน) มีการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับจอดรถประหยัดพลังงาน Eco-car อย่างน้อย 5% ของพื้นที่จอดรถทั้งหมด และติดตั้งอุปกรณ์หรือสถานีบริการเชื้อเพลิงสำหรับรถประหยัดพลังงานอย่างน้อย 3% ของพื้นที่จอดรถ หรือจัดเตรียมรถประหยัดพลังงานที่สามารถรับส่งผู้ใช้อาคารได้อย่างน้อย 3% FTE ของจำนวนผู้ใช้อาคาร

SS Credit 4.4 Alternative transportation - Parking capacity (2 คะแนน) การจัดพื้นที่สำหรับจอดรถ จำนวนพื้นที่จอดรถให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด สำหรับโครงการที่ไม่มีการกำหนดจำนวนที่จอดรถขั้นต่ำ ให้ที่จอดรถมีพื้นที่ไม่เกิน 3.5 ช่องต่อพื้นที่ 95 ตารางเมตร และจัดพื้นที่สำหรับจอดรถรับส่งผู้ใช้อาคาร (Carpool) อย่างน้อย 5% ของจำนวนที่จอดรถทั้งหมด และไม่มีการสร้างพื้นที่จอดรถเพิ่มในโครงการ

SS Credit 5.1 Site development - Protect or restore habitat (1 คะแนน) การป้องกันและฟื้นฟูพื้นที่ทางธรรมชาติ คิดเป็น 50% ของพื้นที่อาคาร หรือ 20% ของพื้นที่โครงการ โดยการป้องกันและฟื้นฟูพื้นที่ทางธรรมชาติโดยรอบโครงการ ซึ่งในข้อประเมินนี้ไม่เหมาะสมกับโครงการที่ก่อสร้างนอกสหรัฐอเมริกา

SS Credit 5.2 Site development - Maximum open space (1 คะแนน) การกำหนดพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สำหรับปลูกต้นไม้จัดสวนภายในโครงการ โดยออกแบบโครงการให้มีพื้นที่เปิดโล่ง 20% ของพื้นที่โครงการ และเป็นพื้นที่สำหรับปลูกต้นไม้จัดสวน 25% ของพื้นที่เปิดโล่ง เพื่อให้พื้นที่ภายในโครงการสามารถนำความเป็นธรรมชาติเข้ามาอยู่ใกล้ชิดผู้คนในตัวเมืองมากขึ้น

SS Credit 6.1 Stormwater - Quantity control (1 คะแนน) มีการควบคุมปริมาณน้ำฝนที่ตกภายในโครงการ เพื่อป้องกันการชะล้างตะกอนหรือมลภาวะภายในโครงการออกไปสู่ภายนอกโครงการ ได้อย่างน้อย 95% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกในโครงการ โดยการจัดพื้นที่โครงการให้มีการซับน้ำหรือระบายลงสู่ใต้ดินได้อย่างคล่องตัว เช่นการจัดพื้นที่สนามหญ้า หรือการปูบล็อกหญ้าสำหรับทางเดินภายในโครงการ

SS Credit 6.2 Stormwater - Quality control (1 คะแนน) การควบคุมคุณภาพน้ำฝนที่ตกภายในโครงการ โดยสามารถกรอง กักเก็บ และบำบัด น้ำฝนที่ตกภายในโครงการให้ได้อย่างน้อย 90% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกภายในโครงการเฉลี่ยต่อปี

SS Credit 7.1 Heat island effect - Nonroof (1 คะแนน) พื้นที่ในโครงการที่ไม่มีหลังคาปกคลุม จะต้องใช้วัสดุปูพื้นมีค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ตามมาตรฐานกำหนด โดย 50% ของพื้นที่ไม่มีหลังคาปกคลุมจะต้องมีค่า SRI ไม่ต่ำกว่า 29 ตามตารางที่ 2.1

SS Credit 7.2 Heat island effect - Roof (1 คะแนน) พื้นที่ที่มีหลังคาปกคลุมจะต้องใช้วัสดุหลังคาที่มีค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ไม่เกินข้อกำหนด ตามตารางที่ 2.2 - 2.3 คิดเป็นพื้นที่อย่างน้อย 75% ของพื้นที่หลังคาทั้งหมด

SS Credit 8 Lighting pollution reduction (1 คะแนน) การใช้แสงสว่างภายในและภายนอกอาคารในเวลากลางคืน จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด โดยแสงสว่างภายในอาคารจะต้องมีการปรับความสว่างลงอย่างน้อย 50% ในช่วงเวลา 23.00 น. - 05.00 น. ซึ่งหากในช่วงเวลาดังกล่าวมีผู้ใช้อาคารอยู่สามารถใช้สวิตช์ควบคุมเฉพาะจุดได้ไม่เกิน 30 นาที ตามเวลาที่กำหนด และแสงสว่างภายนอกอาคารจะต้องมีค่ากำลังไฟฟ้า ที่ใช้ในแต่พื้นที่โครงการตามข้อกำหนด ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นที่ดาดแข็ง [16]

ชนิดวัสดุ	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสี	ค่าการสะท้อนรังสี	SRI
พื้นคอนกรีตสร้างใหม่	0.9	0.35	35
พื้นคอนกรีตที่ผ่านการใช้งานแล้ว*	0.9	0.20	19
พื้น White concrete ที่สร้างใหม่	0.9	0.70	86
พื้น White concrete ที่ผ่านการใช้งานแล้ว*	0.9	0.50	45
พื้นยางมะตอย	0.9	0.05	0
พื้นยางมะตอยที่ผ่านการใช้งานแล้ว	0.9	0.10	6
* พื้นที่ที่มีการตรวจสอบการสะท้อนรังสีอาทิตย์ จะต้องทำความสะอาดก่อนการทดสอบ โดยใช้ค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นฐานในการประเมิน			

ตารางที่ 2.2 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ตามความลาดเอียงของหลังคา [16]

ชนิดหลังคา	ค่าความลาดเอียง	SRI
ความลาดเอียงน้อย	≤ 2:12 (15%)	78
ความลาดเอียงมาก	> 2:12 (15%)	29

ตารางที่ 2.3 ค่าคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของวัสดุหลังคา [16]

ชนิดหลังคาและสารเคลือบผิว	ค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์	ค่าการแผ่รังสีอินฟราเรด	อุณหภูมิ	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-Coating 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	25°F	84
White cement tile	0.73	0.9	21°F	90
White coating , 1 coat , 8 mils	0.8	0.91	14°F	100
PVC white	0.83	0.92	11°F	104
White coating , 2 coats , 20 mils	0.85	0.91	9°F	107

ตารางที่ 2.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร [16]

พื้นที่ทั่วไป	พื้นที่ถนนหรือพื้นที่จอดรถ	1.6 วัตต์ต่อตารางเมตร
	ทางเดินที่มีความกว้างไม่เกิน 3 เมตร	3.3 วัตต์ต่อความยาว (เมตร)
	ทางเดินที่มีความกว้างมากกว่า 3 เมตร	2.2 วัตต์ต่อตารางเมตร
	บันได	10.8 วัตต์ต่อตารางเมตร
	ทางเข้าหลักอาคาร	99 วัตต์ต่อเมตร
	บริเวณประตูทั่วไป	66 วัตต์ต่อเมตร
	บริเวณที่มีหลังคาปกคลุม	13.5 วัตต์ต่อตารางเมตร
	พื้นที่เปิดโล่ง	5.4 วัตต์ต่อตารางเมตร
	พื้นที่ถนนด้านหน้าโครงการ	66 วัตต์ต่อเมตร
พื้นที่ใช้งานเฉพาะ	ผิวผนังกรอบอาคาร	2.5 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือ 16.5 วัตต์ต่อเมตร
	พื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ หรือคลังเก็บของ	270 วัตต์ หรือ 360 วัตต์ สำหรับพื้นที่ที่มีการติดตั้ง ATM
	พื้นที่ทางเข้าโครงการ	13.5 วัตต์ต่อเมตร
	พื้นที่สำหรับให้บริการฉุกเฉิน	5.4 วัตต์ต่อเมตร
	พื้นที่ร้านสะดวกซื้อ (Drive through)	400 วัตต์ต่อร้าน
	ทางเข้าพื้นที่เช่าจอดรถ 24 ชม.	800 วัตต์

2.1.2 หมวดที่ 2 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water efficiency, WE)

WE Prerequisite Water use reduction (ข้อบังคับ) สามารถลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารได้อย่างน้อย 20% ของปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง ซึ่งปริมาณการใช้น้ำนี้ยังไม่รวมการใช้น้ำภายนอกอาคาร โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานการใช้น้ำอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 2.5

WE Credit 1 Water efficient landscaping (2-4 คะแนน) สามารถลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารได้อย่างน้อย 50% ของปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง โดยใช้ปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางฤดูร้อน หรือแสดงให้เห็นว่าไม่มีความต้องการใช้น้ำภายนอกอาคาร

WE Credit 2 Innovative wastewater technologies (2 คะแนน) สามารถลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโครงการได้ 50% เช่น น้ำจากการชำระล้างภายในอาคาร น้ำจากระบบสุขภัณฑ์ น้ำที่เกิดจากการชะล้างจากน้ำฝน เป็นต้น โดยมีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นภายในโครงการ

WE Credit 3 Water use reduction (2-4 คะแนน) เป็นการลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารต่อยอดจากข้อกำหนด WE Prerequisite Water use reduction ซึ่งจะต้องลดปริมาณการใช้น้ำให้ได้ 30%-40% ของปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงภายในอาคารของแต่ละสุขภัณฑ์ [16]

ชนิดสุขภัณฑ์ที่เลือกใช้	ปริมาณการใช้น้ำที่กำหนด
โถสุขภัณฑ์	6 ลิตรต่อครั้ง และ 13 ลิตรต่อครั้ง สำหรับการ Blow-out
โถปัสสาวะ	4 ลิตรต่อครั้ง
ก๊อกน้ำล้างมือ	ก๊อกน้ำในห้องพักส่วนตัว (โรงแรม, โรงพยาบาล, ห้องพัก) อัตราการไหล 8.5 ลิตรต่อนาที ที่แรงดัน 4 bar ก๊อกน้ำที่อยู่นอกเหนือจากพื้นที่ส่วนตัว อัตราการไหล 2.0 ลิตรต่อนาที ที่แรงดัน 4 bar
ฝักบัวอาบน้ำ	9.5 ลิตรต่อนาที ที่แรงดัน 5 bar
สำหรับอาคารที่ใช้ระบบสเปรย์วาล์ว จะต้องผ่านมาตรฐาน ASME A112.18.1 Standard of 1.6 gpm.	

2.1.3 หมวดที่ 3 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere, EA)

EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy system (ข้อบังคับ) มีการทดสอบการทำงานระบบพลังงานในอาคาร (Fundamental commissioning) จะต้องแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการทดสอบ (Commissioning authority) ที่มีประสบการณ์ด้านการทดสอบอย่างน้อย 2 ปี และต้องไม่เป็นบุคคลเดียวกันกับผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมา และรายงานผลการตรวจสอบให้เจ้าของโครงการทราบโดยตรง ระบบที่ต้องทดสอบประกอบไปด้วย ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ, ระบบแสงสว่าง, ระบบน้ำร้อน (ถ้ามี) และระบบพลังงานหมุนเวียน (ถ้ามี)

EA Prerequisite 2 Minimum energy performance (ข้อบังคับ) การใช้พลังงานในอาคารได้ตามมาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนด ซึ่งสามารถทำได้โดยการจำลองค่าพลังงานของอาคารทั้งหมด (Whole building simulation) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบระหว่างอาคารที่ออกแบบ (Proposed building) และอาคารอ้างอิง (Baseline building) ตามวิธีการคำนวณที่ระบุใน ASHRAE 90.1-2007 Appendix G ทั้งนี้อาคารที่ออกแบบต้องมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำกว่าอาคารอ้างอิงอย่างน้อย 10% หรือใช้วิธีตามข้อกำหนดที่ระบุใน ASHRAE Advance Energy Design Guide สำหรับอาคารสำนักงาน หรือ ร้านค้าปลีกที่มีขนาดไม่เกิน 20,000 ตารางฟุต (1,858 ตารางเมตร) หรือ คลังสินค้าขนาดไม่เกิน 50,000 ตารางฟุต (4,645 ตารางเมตร) โดยไม่ต้องใช้วิธีจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ หรือทำตามข้อกำหนดใน Advanced Buildings Core Performance Guide ซึ่งสามารถใช้ได้กับอาคารขนาดไม่เกิน 100,000 ตารางฟุต (9,290 ตารางเมตร) ที่ไม่ใช่สถานพยาบาล คลังสินค้า หรือ ห้องปฏิบัติการ

EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management (ข้อบังคับ) ไม่ใช้สารทำความเย็นที่มี Chloroflurocarbon (CFC) ในระบบทำความเย็นสำหรับอาคารที่ก่อสร้างใหม่ หรืออาคารที่จำเป็นจะต้องใช้สาร CFC จะต้องมีปริมาณสารไม่เกิน 228 กรัม

EA Credit 1 Optimize energy performance (1-19 คะแนน) เป็นการประเมินต่อยอดจาก EA Prereqiusite 2 Minimum energy performance ซึ่งอาคารที่ออกแบบจะต้องมีปริมาณการใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline building ตั้งแต่ 12% - 48% ของมูลค่าด้านพลังงาน โดยสามารถเทียบตารางคะแนนได้ดัง ตารางที่ 2.6

EA Credit 2 On-site renewable energy (1-7 คะแนน) การใช้พลังงานหมุนเวียนในโครงการ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น โดยพลังงานที่ผลิตได้จะต้องนำไปเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมด โดยคิดเป็นมูลค่าพลังงาน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบมูลค่าพลังงานที่ผลิตได้ตามตารางที่ 2.7

EA Credit 3 Enhanced commissioning (2 คะแนน) มีการทดสอบการทำงานของระบบมากกว่าเกณฑ์บังคับ เช่น ระบบเครือข่าย, ระบบการปฏิบัติงานของผู้ดูแลอาคาร และระบบติดต่อสื่อสารภายในอาคาร เป็นต้น โดยให้ Commissioning authority เข้ามามีส่วนร่วมในโครงการตั้งแต่เริ่มออกแบบ, การตรวจสอบ, การส่งมอบงานของผู้รับเหมา และตรวจสอบความถูกต้องของระบบ หลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้วภายใน 10 เดือน

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบคะแนนของมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับ Baseline building ของ LEED 2009 [16]

อาคารใหม่	อาคารปรับปรุงครั้งใหญ่	คะแนน
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10
32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในโครงการเทียบกับพลังงานที่ใช้ภายในอาคารตลอดทั้งปี ของ LEED 2009 [16]

ร้อยละของพลังงานทดแทน	คะแนน
1%	1
3%	2
5%	3
7%	4
9%	5
11%	6
13%	7

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศ [16]

คลอโรฟลูออโรคาร์บอน	ODPs	GWPs	ประเภทการใช้งาน	การทำคะแนน
CFC-11	1.0	4,680	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	ไม่ได้
CFC-12	1.0	10,720	ตู้เย็นและระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	ไม่ได้
CFC-114	0.94	9,800	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	ไม่ได้
CFC-500	0.605	7,900	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และ ระบบดูดความชื้น	ไม่ได้
CFC-502	0.221	4,600	การทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ	ไม่ได้
ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน				
HCFC-22	0.04	1,780	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	ไม่ได้
HCFC-123	0.02	76	สารทดแทน CFC-11	ได้
ไฮโรฟลูออโรคาร์บอน				
HFC-23	~ 0	12,240	การทำความเย็นอุณหภูมิต่ำมาก	ได้
HFC-134a	~ 0	1,320	สารทดแทน CFC-12 และ HCFC-22	ได้
HFC-245fa	~ 0	1,020	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	ได้
HFC-404A	~ 0	3,900	การทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ	ได้
HFC-407C	~ 0	1,700	สารทดแทน HCFC-22	ได้
HFC-410A	~ 0	1,890	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	ได้
HFC-507A	~ 0	3,900	การทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ	ได้

EA Credit 4 Enhance refrigerant management (2 คะแนน) มีการจัดการสารทำความเย็นที่ดีกว่าข้อกำหนด EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management หรือไม่ใช้สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ หรือ เลือกใช้สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่มีระดับของการทำลายโอโซน (Ozone depletion potential) และทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และไม่ใช้สารดับเพลิงที่มี CFCs, HCFCs

EA Credit 5 Measurement and verification (3 คะแนน) การวัดค่าพลังงานและตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีการวัดและตรวจสอบผลการดำเนินงานของระบบต่างๆ ตามวิธีการที่ระบุใน Option B หรือ Option D ของ International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) โดยมีระยะเวลาการวัดและตรวจสอบหลังอาคารเปิดใช้งานไม่เกิน 1 ปี เพื่อดูว่าอาคารสามารถประหยัดพลังงานได้จริงตามที่ออกแบบหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามที่ออกแบบจะต้องมีวิธีการแก้ไข

EA Credit 6 Green power (2 คะแนน) การใช้พลังงานสะอาด (Green power) มีการทำสัญญาซื้อกระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 35% ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารเป็นระยะเวลา 2 ปี จากโรงไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้พลังงานหมุนเวียนที่เป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อมลภาวะ

2.1.4 หมวดที่ 4 วัสดุและการก่อสร้าง (Material & Resources, MR)

MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables (ข้อบังคับ) จัดพื้นที่สำหรับคัดแยกและจัดเก็บขยะภายในโครงการเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการขยะ และเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ใหม่ภายในโครงการหรือนำไปรีไซเคิล โดยจะต้องคัดแยกขยะประเภทกระดาษ, กระดาษลูกฟูก, แก้ว, พลาสติก และโลหะ

MR Credit 1.1 Building reuse - Maintain existing walls, floor and roof (1-3 คะแนน) การเก็บรักษาโครงสร้างอาคารเดิม ให้ได้ 55% - 95% เช่น พื้นที่ผนังกรอบอาคาร พื้น และหลังคา โดยไม่รวมวัสดุที่ติดตั้งอยู่ที่เปลือกอาคาร เช่น ฉนวน วงกบ และหน้าต่าง เป็นต้น

MR Credit 1.2 Building reuse - Maintain interia nonstructure elements (1 คะแนน) การเก็บรักษาส่วนประกอบภายในอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้างอาคารให้ได้อย่างน้อย 50% เช่น ผนังภายในอาคาร, ประตู, กระจก, หน้าต่าง, ฝ้าเพดาน เป็นต้น

MR Credit 2 Construction waste management (1-2 คะแนน) มีการบริหารจัดการขยะที่เกิดขึ้นในโครงการ 50% หรือ 75% ของปริมาณขยะในโครงการ โดยการนำไปรีไซเคิลนำกลับไปใช้ใหม่ หรือนำไปบริจาคหรือขายให้กับโครงการหรือองค์กรอื่น แทนการทำไปทิ้ง

MR Credit 3 Material reuse (1-2 คะแนน) การนำวัสดุที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น วงกบ ประตู หน้าต่าง ที่ได้มาจากโครงการอื่น นำกลับมาซ่อมแซมเพื่อนำมาใช้โครงการ คิดเป็น 5% หรือ 10% เมื่อเทียบราคาวัสดุก่อสร้างอาคาร

MR Credit 4 Recycled content (1-2 คะแนน) เลือกใช้วัสดุหรือวัตถุดิบในการก่อสร้างอาคารที่มีการใช้วัสดุรีไซเคิลผสมอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ คิดเป็น 10% หรือ 20% ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างอาคาร

MR Credit 5 Regional material (1-2 คะแนน) การใช้วัสดุท้องถิ่นโดยการเลือกซื้อวัสดุที่มีการผลิต ประกอบ หรือจัดจำหน่ายภายในท้องถิ่น คิดเป็น 10% หรือ 20% ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งจะช่วยลดค่าพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง โดยวัสดุที่เลือกใช้จะต้องอยู่ในรัศมีไม่เกิน 800 กิโลเมตรจากพื้นที่โครงการ

MR Credit 6 Rapid renewable material (1 คะแนน) การเลือกใช้วัสดุที่สามารถปลูกหรือสร้างทดแทนทางธรรมชาติได้ภายในระยะเวลา 10 ปี ซึ่งจะต้องเลือกใช้วัสดุที่สามารถสร้างทดแทนได้อย่างรวดเร็ว คิดเป็น 2.5% ของมูลค่าวัสดุในการก่อสร้างอาคาร

MR Credit 7 Certified wood (1 คะแนน) การเลือกใช้ไม้ในอาคาร จะต้องเลือกใช้ไม้ที่ผ่านการรับรองว่าที่มาของไม้นั้นมาจากการปลูกป่าที่มีการบริหารจัดการที่ดี เพื่อส่งเสริมการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม

2.1.5 หมวดที่ 5 คุณภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality, IEQ)

IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance (ข้อบังคับ) ออกแบบระบบระบายอากาศภายในอาคารให้ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของมาตรฐาน ASHRAE standard 62.1-2007 Section 4-7 สำหรับพื้นที่ระบายอากาศเชิงกล และมาตรฐาน ASHRAE standard 62.1-2007 Section 5 สำหรับพื้นที่ระบายอากาศโดยใช้วิธีทางธรรมชาติ หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control (ข้อบังคับ) การจัดเตรียมพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ จะต้องห่างจากทางเข้าอาคารอย่างน้อย 8 เมตร หรือหากมีพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ภายในอาคารจะต้องจัดสถานที่สูบบุหรี่ไว้โดยเฉพาะ โดยพื้นที่สูบบุหรี่จะต้องอยู่ในห้องที่มีความดันเป็นลบและมีท่อลำเลียงควันออกไปสู่ภายนอกอาคารที่ไม่อยู่ติดกับพื้นที่นำอากาศเข้ามาภายในอาคาร เพื่อป้องกันมลพิษออกไปสู่ตัวอาคารหรือมลพิษปนเปื้อนมากับการนำอากาศเข้ามาภายในอาคาร

IEQ Credit 1 Outdoor air delivery monitoring (1 คะแนน) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร ในพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารหนาแน่นมากกว่า 25 คนต่อ 95 ตารางเมตร ในพื้นที่ระบายอากาศทางกลและพื้นที่ระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบจะต้องมีค่าความละเอียดอย่างน้อย 15%

IEQ Credit 2 Increased ventilation (1 คะแนน) เพิ่มปริมาณอากาศระบาย 30% จากข้อกำหนด IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance ในพื้นที่ปรับอากาศโดยวิธีทางกล และใช้มาตรฐาน ASHRAE standard 62.1-2007 Section 6 สำหรับพื้นที่ระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ

IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan - During construction (1 คะแนน) มีแผนการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารในระหว่างการก่อสร้างและก่อนการใช้อาคาร โดยการติดตั้งกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพอย่างน้อย 30% หรือสามารถกรองอากาศได้อย่างน้อย 90% โดยกรองอากาศที่ใช้ระหว่างก่อสร้างหรือก่อนเปิดใช้อาคารทั้งหมดจะต้องเปลี่ยนก่อนเปิดใช้อาคาร

IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - Before construction (1 คะแนน) มีแผนการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารให้ผ่านเกณฑ์ในตารางที่ 2.9 โดยใช้วิธี Flush-out สำหรับอาคารที่มีการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารก่อนเปิดใช้อาคาร และวิธี Air testing สำหรับอาคารที่เปิดใช้งานไปก่อนแล้ว

IEQ Credit 4.1 Low-Emitting material - Adhesives and sealants (1 คะแนน) การเลือกใช้กาวและวัสดุอุดรอยต่อ ภายในอาคารที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

IEQ Credit 4.2 Low-Emitting material - Paint and coating (1 คะแนน) เลือกใช้สีและน้ำยาเคลือบผิวต่างๆ ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์ขั้นต่ำของคุณภาพอากาศภายในอาคาร [16]

ชนิดสิ่งเจือปนในอากาศ	ปริมาณสิ่งเจือปนที่กำหนด	มาตรฐานการตรวจสอบ	
Formaldehyde	27 ppm (parts per billion)	IP-6	ISO 16000-3
Particulates (PM10)	50 micrograms per cubic meter	IP-10	ISO 7708
Total volatile organic compounds (TVOCs)	500 micrograms per cubic meter	IP-1	ISO 16000-6
4-Phenylcyclohexene (4-PCH)*	6.5 micrograms per cubic meter	IP-1	ISO 16000-6
Carbon monoxide (CO)	9 ppm แต่ไม่เกิน 2 ppm ในพื้นที่เปิด	IP-3	ISO 4224
* ข้อกำหนดนี้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำเท่านั้น หากอาคารมีการใช้พรมหรือวัสุที่มีส่วนประกอบของ styrene butadiene rubber (SBR) จะต้องมีการตรวจสอบร่วมกับระบบอื่นๆ ในอาคาร			

IEQ Credit 4.3 Low-Emitting material - Floor system (1 คะแนน) ระบบพื้นภายในอาคารจะต้องใช้วัสดุ หรือวัสดุประสาน ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

IEQ Credit 4.4 Low-Emitting material - Composite wood and agrifiber products (1 คะแนน) การเลือกใช้ไม้สำเร็จรูปหรือวัสดุตกแต่งภายในสำเร็จรูป จะต้องมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control (1 คะแนน) มีการควบคุมแหล่งมลพิษภายในอาคารและห้องเก็บสารเคมี โดยบริเวณประตูทางเข้าอาคารต้องทำตะแกรงดักฝุ่นที่ติดมากับรองเท้า และห้องต่างๆ ที่เก็บสารเคมีที่มีกลิ่น เช่น น้ำยาทำความสะอาด จะต้องมีระบบดูดอากาศไปทิ้งออกสู่ภายนอกอาคาร โดยผ่านแผ่นกรองอากาศในระบบปรับอากาศที่มีค่า Minimum Efficiency Reporting Value (MERV) อย่างน้อย MERV 13

IEQ Credit 6.1 Controllability of system - Light (1 คะแนน) ผู้ใช้อาคารสามารถควบคุมความสว่างได้ด้วยตนเองอย่างน้อย 90% ของจำนวนผู้ใช้อาคาร เพื่อสร้างความสบายทางสายตาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

IEQ Credit 6.2 Controllability of system - Thermal comfort (1 คะแนน) ผู้ใช้อาคารสามารถควบคุมภาวะสบายได้ด้วยตนเองอย่างน้อย 50% ของจำนวนผู้ใช้อาคาร เช่น การปรับอุณหภูมิเฉพาะจุดที่ผู้ใช้อาคารต้องการ หรือควบคุมการเปิดปิดหน้าต่างเองได้ (1 คะแนน)

IEQ Credit 7.1 Design (1 คะแนน) การออกแบบให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในช่วงสภาวะสบายตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2004

IEQ Credit 7.2 Verification (1 คะแนน) มีการประเมินภาวะสบายของผู้ใช้อาคารหลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้ว 6-18 เดือน โดยสำรวจว่าผู้ใช้อาคารอยู่ในภาวะสบายหรือไม่ หากผลสำรวจแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้อาคารไม่อยู่ในภาวะสบาย ให้มีการวางแผนแก้ไข

IEQ Credit 8.1 Daylighting and view - Daylight (1 คะแนน) การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร พื้นที่ภายในอาคารอย่างน้อย 75% ของพื้นที่ใช้งานประจำ จะต้องมีค่าความสว่างไม่ต่ำกว่า 108 ลักซ์ โดยใช้วิธีการจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือวิธีการตรวจวัดจากพื้นที่ใช้งานจริง

IEQ Credit 8.1 Daylighting and view - View (1 คะแนน) ออกแบบพื้นที่ใช้งานประจำภายในอาคารให้ผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็นทิวทัศน์ภายนอกอาคารได้อย่างน้อย 90% ของพื้นที่ใช้งานประจำทั้งหมด

2.1.6 หมวดที่ 6 นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation in design)

คะแนนในหมวดนี้จะได้จากสองส่วน คือ ส่วนแรก เป็นนวัตกรรมในงานออกแบบ ซึ่งอาจเกิดจากการทำสิ่งใหม่ๆ ที่ไม่ได้อยู่ใน 5 หมวดข้างต้น แต่เป็นผลดีเชิงสิ่งแวดล้อม เช่น การนำเถ้าลอย (Fly ash) มาใช้แทนซีเมนต์ในการทำคอนกรีตบล็อก หรือสามารถออกแบบในหมวดต่างๆ ได้ถึงระดับที่ถือว่าเป็นตัวอย่างที่ดีเป็นพิเศษ (Exemplary)

2.1.7 หมวดที่ 7 การให้ความสำคัญระดับภูมิภาค (Regional Priority)

เป็นการจูงใจเพื่อให้ความสำคัญในระดับภูมิภาค สำหรับแต่ละข้อกำหนดภูมิภาคที่เป็นไปตาม USGBC สาขาย่อยแต่ละภูมิภาค ซึ่งจะกำหนดข้อกำหนดคะแนนพิเศษขึ้นให้คะแนนไม่เกิน 4 คะแนน แต่สำหรับโครงการอยู่นอกเหนือจากในสหรัฐอเมริกาจะไม่มีสิทธิ์ที่จะได้คะแนนนี้

2.2 LEED v4 for building design and construction [17]

LEED v.4 มีการพัฒนาขึ้นจาก LEED 2009 หรือ LEED v.3 ในปี ค.ศ. 2013 ซึ่งเป็นมาตรฐานใหม่ล่าสุดเพื่อการออกแบบอาคารเขียวที่มีประสิทธิภาพสูง โดย LEED v.4 จะมีความโดดเด่นและความจำเพาะเจาะจงมากขึ้น ซึ่งอาคารที่ยื่นขอการประเมิน LEED หลังจากเดือนตุลาคม ค.ศ. 2016 จะต้องใช้การประเมิน LEED v.4 ทั้งหมด

LEED v.4 for building design and construction จะแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 9 หมวด ดังต่อไปนี้

หมวดที่ 1 กระบวนการบูรณาการ (Integrative process)
หมวดที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งและการขนส่ง (Location and transportation)
หมวดที่ 3 สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable sites)
หมวดที่ 4 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water efficiency)
หมวดที่ 5 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere)
หมวดที่ 6 วัสดุและการก่อสร้าง (Material and resources)
หมวดที่ 7 คุณภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality)
หมวดที่ 8 นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation)
หมวดที่ 9 การจัดอันดับความสำคัญในระดับภูมิภาค (Regional priority)

โดยคะแนนในหมวดที่ 1 ถึง 7 รวมกันเป็น 100 คะแนน และในส่วนของหมวดที่ 8 นวัตกรรมในการออกแบบ ถือเป็นคะแนนโบนัส มีได้สูงสุด 6 คะแนน และหมวดที่ 9 การจัดอันดับความสำคัญในระดับภูมิภาคจะมีไว้สำหรับโครงการในสหรัฐอเมริกา จะมีคะแนนเพิ่มอีก 4 คะแนน หากสามารถออกแบบหรือพัฒนา ในสิ่งที่เป็นความเร่งด่วนของภูมิภาคที่ตั้งอยู่ได้

การประเมิณ LEED v.4 ตามเนื้อหาทั้ง 7 หมวดนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทเกณฑ์ข้อบังคับ (Prerequisite) และเกณฑ์ที่มีคะแนน (Credit) สำหรับอาคารที่จะผ่านการรับรองได้นั้นจะต้องผ่านเกณฑ์ข้อบังคับให้ครบทุกข้อและได้คะแนนในหมวดต่างๆ รวมกันอย่างน้อย 40 คะแนน โดยแบ่งระดับความเป็นอาคารเขียวออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

2.2.1 หมวดที่ 1 กระบวนการบูรณาการ (Integrative process, IP)

IP Credit 1 Integrative process (1 คะแนน) เป็นการประชุมตกลงกันระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้เกี่ยวข้องในการทำอาคารเขียว โดยมีการประชุมถึงการออกแบบ และโครงสร้างอาคาร เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว เช่น การเลือกพื้นที่โครงการ การออกแบบทิศทางอาคารเพื่อช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ระบบกรอบอาคาร ชนิดผนัง ชนิดกระจก สัดส่วนผนังต่อพื้นที่กระจก (window to wall ratio) การออกแบบระบบประปาสุขาภิบาลในอาคาร เป็นต้น โดยจัดทำข้อตกลงการออกแบบอาคารในรูปแบบของเอกสาร

2.2.2 หมวดที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งและการขนส่ง (Location and transportation, LT)

LT Credit 1 Sensitive land protection (1 คะแนน) หลีกเลี่ยงพื้นที่ก่อสร้างโครงการที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติ โดยการเลือกพื้นที่โครงการที่มีการพัฒนาอยู่ก่อนแล้ว หรือเลือกโครงการที่ไม่อยู่ในกลุ่มพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ (Prime farmland, Floodplains, Habitat, Water bodies, Wetlands) หรือมีระยะห่างจากพื้นที่ธรรมชาติตามที่กำหนด

LT Credit 2 High - priority site (1-2 คะแนน) มีการผลักดันให้โครงการมีการสร้างขึ้นในพื้นที่ที่มีการพัฒนาอยู่ก่อนแล้ว โดยเลือกพื้นที่ที่ตั้งอยู่ระหว่าง 2 โครงการที่สร้างอยู่ก่อนแล้ว, พื้นที่ที่มีองค์กรส่วนกลางกำหนดให้ หรือเลือกพัฒนาพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมทางธรรมชาติ

LT Credit 3 Surrounding density and diverse uses (1-5 คะแนน) การรักษาหรือไม่ไปรบกวนพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ โดยการสนับสนุนการเดินทางโดยใช้การเดินเท้าหรือเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการจราจร และลดปริมาณการใช้รถยนต์ในการเดินทาง ด้วยการเลือกพื้นที่โครงการที่อยู่ในพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่ที่มีการพัฒนาอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งต้องมีความหนาแน่นของ

อาคารหรือชุมชนตามที่กำหนดภายในรัศมี 400 เมตร และเลือกพื้นที่โครงการที่อยู่ใกล้แหล่งสาธารณูปโภคภายในระยะ 800 เมตร อย่างน้อย 4 สถานบริการหรือมากกว่า 8 สถานบริการ

LT Credit 4 Access to quality transit (1-5 คะแนน) เลือกพื้นที่โครงการที่อยู่ใกล้ระบบขนส่งสาธารณะ เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนตัว และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพื้นที่โครงการควรอยู่ใกล้กับระบบขนส่งมวลชนทางถนน ในระยะทางเดินเท้า 400 เมตร และอยู่ใกล้ระบบขนส่งแบบราง หรือระบบขนส่งทางน้ำ ภายในระยะทางเดินเท้า 800 เมตร โดยระบบขนส่งทั้ง 2 แบบ จะต้องมีความสามารถในการให้บริการ ตามที่กำหนด

LT Credit 5 Bicycle facilities (1 คะแนน) สนับสนุนให้มีการใช้จักรยาน และลดปริมาณการใช้รถยนต์ โดยออกแบบพื้นที่จอดรถจักรยานให้อยู่ห่างจากทางเข้าอาคาร ไม่เกิน 180 เมตร และมีพื้นที่ติดต่อกับแหล่งอำนวยความสะดวก อย่างน้อย 1 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- แหล่งสาธาณูปโภคหรือแหล่งบริการอย่างน้อย 10 แห่ง
- ถ้า 50% ของอาคารเป็นอาคารประเภทพักอาศัย จะต้องเป็นพื้นที่ที่ใกล้สถานศึกษาหรือแหล่งสถานที่ทำงาน
- ใกล้แหล่งระบบขนส่งสาธาณะหรือระบบขนส่งมวลชน ทางถนน ทางน้ำ หรือระบบขนส่งแบบราง ภายในระยะ 4.8 กิโลเมตร

ซึ่งจำนวนพื้นที่จอดจักรยานจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและมีห้องสำหรับอาบน้ำหรือเปลี่ยนเสื้อผ้าไว้สำหรับผู้ใช้จักรยาน โดยพื้นที่จอดจักรยานจะต้องอยู่ห่างจากทางเข้าอาคารหรือพื้นที่ทำงานไม่เกิน 30 เมตร

LT Credit 6 Reduce parking footprint (1 คะแนน) คำนวณปริมาณช่องจอดรถยนต์ภายในโครงการจากมาตรฐาน Parking consultants council. โดยช่องจอดรถยนต์จะต้องไม่เกิน 20% หรือ 40% ของมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งพื้นที่จอดรถที่คำนวณได้จะต้องจัดเตรียมไว้สำหรับพื้นที่จอดรถ Carpool จำนวน 5% ของพื้นที่จอดรถทั้งหมด

LT Credit 7 Green vehicles (1 คะแนน) จัดเตรียมพื้นที่จอดรถ Green vehicles จำนวน 5% ของพื้นที่จอดรถทั้งหมด โดย Green vehicles จะต้องได้คะแนนจากมาตรฐาน ACEEE อย่างน้อย 45 คะแนน และจัดเตรียมสถานีบริการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้าหรือสถานีบริการน้ำมันหรือแก๊ส จำนวน 2% ของจำนวนที่จอดรถ

2.2.3 หมวดที่ 3 สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable sites, SS)

SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention (ข้อบังคับ) ลดมลภาวะจากโครงการก่อสร้าง โดยการควบคุมการพังทลายของหน้าดิน การกัดเซาะของทางเดินน้ำและฝุ่นละอองของโครงการที่ลมสามารถพัดพาไปได้

SS Credit 1 Site assessment (1 คะแนน) การสำรวจพื้นที่ในการก่อสร้างโครงการเพื่อช่วยในการวางแผนการออกแบบโครงการ โดยการจัดทำเอกสารสำรวจพื้นที่โครงการดังต่อไปนี้

- แผนที่ภูมิประเทศ จัดทำแผนที่คอนทัวร์ ลักษณะเฉพาะของพื้นที่ และพื้นที่ลาดเอียง
- ภูมิประเทศทางน้ำ พื้นที่น้ำท่วมถึง, พื้นที่ชุ่มน้ำ, ทะเลสาบ เป็นต้น
- สภาพภูมิอากาศ ช่วงเวลาในการรับแสงอาทิตย์, ผลกระทบจากการเกิดเกาะความร้อน

- ชนิดของพืชส่วนใหญ่ที่ใช้ภายในโครงการ, พื้นที่ที่เป็นสนามหญ้า, พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น, พื้นที่ตระกูลไม้เลื้อยหรือพืชที่เป็นภัยคุกคาม และระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะ

- การสำรวจคุณลักษณะของดิน

- ผู้ใช้อาคาร มุมมองทัศนวิสัย โครงสร้างแผนการเดินทาง การใช้วัสดุโครงสร้างอาคารที่ได้มาจากการ Reuse หรือ Recycle

- ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ความเป็นไปได้ที่จะได้รับบาดเจ็บหรืออันตราย, ความสะดวกในการได้รับการรักษา และการได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ

SS Credit 2 Site development - Protect or restore habitat (1-2 คะแนน) เพื่อช่วยในการอนุรักษ์หรือการเก็บรักษาความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ โดยการปลูกพืชทดแทนให้ได้อย่างน้อย 30% ของพืชพรรณที่มีอยู่ก่อนสร้างโครงการหรือมีการบริจาคเงินให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวน US$4 ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 2.10 ระดับคะแนนของรถยนต์มาตรฐาน ACEEE รุ่นรถยนต์ในปี ค.ศ. 2016 [30]

ชื่อผู้ผลิตและรุ่นรถยนต์	รายละเอียดรุ่นรถยนต์	เกณฑ์มาตรฐาน	MPG city	MPG hwy	Green Score
Mercedez-Benz Smart Fortwo Elec. Drive Convertible / Coupe	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.61	2.77	63
Chevrolet Spark EV	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.81	3.24	63
Fiat 500E	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.59	3.07	62
Toyota Prius ECO	1.8L 4, auto	LEV III SULEV30	58	53	61
Volkswagen E-Golf	Electric (Li-ion bat.)	Tier 3 Bin 0	3.72	3.12	61
Nissan Leaf S / Leaf SV	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.75	3	61
Kia Soul Electric	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.55	2.73	59
Toyota Prius C	1.5L 4, auto	LEV II SULEV / Tier 2 Bin 3	53	46	59
Toyota Prius	1.8L 4, auto	LEV III SULEV30	54	50	58
Ford Focus Electric	Electric (Li-ion bat.)	Tier 2 Bin 1 / ZEV	3.27	2.94	57
Chevrolet Volt	Electric (Li-ion bat.) / 1.5L4, auto	Tier 3 Bin 30 / LEV III SULEV 30	2.95 / 43	3.23 / 42	56
Volkswagen Jetta Hybrid	1.4L 4, auto [P]	LEV II PZEV / Tier 2 Bin 3	42	48	56

SS Credit 3 Open space (1 คะแนน) ออกแบบพื้นที่โครงการให้เป็นพื้นที่เปิดโล่ง 30% ของพื้นที่โครงการทั้งหมด โดย 25% ของพื้นที่เปิดโล่งจะต้องเป็นพื้นที่สีเขียว หรือพื้นที่หลังคาที่มีพืชปกคลุม และพื้นที่เปิดโล่งจะต้องมีพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ อย่างน้อย 1 ข้อ

- พื้นที่ที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งหรือพื้นที่ปลูกพืช จะต้องเป็นพื้นที่สาธารณะที่ผู้ใช้อาคารสามารถใช้ทำกิจกรรมทางสังคมได้
- พื้นที่ที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งหรือพื้นที่ปลูกพืช จะต้องเป็นพื้นที่สารธารณะที่ผู้ใช้อาคารสามารถออกกำลังกายได้
- สวนหรือพืชพรรณสามารถทนต่อสภาพอากาศได้ตลอดทั้งปี
- พืชพรรณที่ใช้เป็นพืชพรรณท้องถิ่น
- ปกป้องหรือสร้างระบบนิเวศ

SS Credit 4 Rainwater management (1-3 คะแนน) ป้องกันการพัดพาตะกอนภายในโครงการออกสู่ภายนอก จากการไหลบ่าของน้ำฝนในโครงการ โดยการลดปริมาณการไหลบ่าของน้ำฝนได้ 95% - 98% ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกภายในโครงการ หรือมีระบบการจัดการพื้นที่โครงการให้ลดปริมาณการชะล้างหน้าดินโดยวิธีทางธรรมชาติหรือการใช้วัสดุปกคลุม

SS Credit 5 Heat island reduction (2 คะแนน) การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนภายในโครงการ โดยการเลือกวัสดุหลังคา (Roof) หรือวัสดุปูพื้นในโครงการ (Non-roof) ที่มีค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

SS Credit 6 Light pollution reduction (1 คะแนน) ลดมลภาวะของแสงสว่างจากอาคารในตอนกลางคืน โดยปิดไฟภายในอาคาร 50% ของไฟภายในอาคารทั้งหมด ในระยะเวลา 23.00 - 05.00 น. หากมีผู้ใช้อาคารในเวลา 23.00 - 05.00 น. ให้ใช้เป็นแสงสว่างเฉพาะจุดใช้งานได้ไม่เกิน 30 นาที หรือกรณีที่มีการเปิดไฟทั้งอาคาร ให้ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ โดยลดแสงสว่างลงให้น้อยกว่า 10% ของแสงว่างทั้งหมด ในระยะเวลา 23.00 - 05.00 น.

2.2.4 หมวดที่ 4 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water efficiency, WE)

WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction (ข้อบังคับ) ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารได้อย่างน้อย 50% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดของช่วงเดือนกลางฤดูร้อน โดยการใช้ระบบที่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคำนวณปริมาณการใช้น้ำโดยใช้วิธีของ Environmental Protection Agency (EPA) WaterSense Water Budget Tool หรือแสดงให้เป็นว่าพื้นที่ภายนอกอาคาร ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำประปา เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี

WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction (ข้อบังคับ) ลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารได้อย่างน้อย 20% เทียบกับปริมาณการใช้น้ำของอุปกรณ์ต่างๆ

WE Prerequisite 3 Building-level water metering ติดตั้งมาตรวัดน้ำ ในจุดแยกของแต่ละชั้น จนถึงชั้นล่าง และแสดงค่าเป็นข้อมูลสรุปรายเดือนและรายปี ซึ่งจะเป็นการอ่านข้อมูลแบบระบบอัตโนมัติหรือการจดข้อมูลด้วยตนเอง และส่งรายงานการใช้น้ำของอาคารให้กับ LEED เป็นระยะเวลา 5 ปี หลักจากอาคารได้รับการรับรอง

WE Credit 1 Outdoor water use reduction (1-2 คะแนน) เป็นการขยายผลจากข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction โดยการลดปริมาณความต้องการการใช้น้ำภายนอกอาคารได้ 50% - 100% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดของช่วงเดือนกลางฤดูร้อน

WE Credit 2 Indoor water use reduction (1-6 คะแนน) เป็นการขยายผลจากข้อกำหนด WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction โดยการลดปริมาณความต้องการการใช้น้ำภายในอาคารได้ 25% -50% เทียบกับปริมาณการใช้น้ำของอุปกรณ์ต่างๆ

WE Credit 3 Cooling Tower water use (1-2 คะแนน) มีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำใน Coolong tower และ Evaporative condensers

WE Credit 4 Water metering (1 คะแนน) ติดตั้งมาตรวัดน้ำในจุดที่ต้องการใช้น้ำอย่างน้อย 2 จุด ดังต่อไปนี้

- น้ำที่ใช้รดน้ำต้นไม้ ติดตั้งมาตรวัดน้ำที่สามารถวัดน้ำได้อย่างน้อย 80% ของจุดที่ใช้รดน้ำต้นไม้ทั้งหมด
- ระบบสุขภัณฑ์ภายในอาคาร ติดตั้งมาตรวัดน้ำที่สามารถวัดน้ำได้อย่างน้อย 80% ของจุดที่มีระบบสุขภัณฑ์ในอาคาร
- ระบบน้ำร้อน ติดตั้งมาตรวัดน้ำที่สามารถวัดน้ำได้อย่างน้อย 80% ของจุดที่ใช้ระบบน้ำร้อน
- หม้อต้ม (Boiler) ติดตั้งมาตรวัดที่หม้อต้มน้ำที่มีการใช้น้ำมากกว่า 378,500 ลิตรต่อปี หรือ หม้อต้มที่มีขนาดมากกว่า 500,000 BtuH (150 kW)
- ระบบบำบัด ติดตั้งมาตรวัดน้ำที่ระบบบำบัดน้ำเสีย
- ระบบอื่นๆ เช่น ระบบดูดความชื้น, ล้างจาน, ซักผ้า, สระน้ำ เป็นต้น จะต้องติดตั้งมาตรวัดน้ำอย่างน้อย 80% ของระบบทั้งหมด

2.2.5 หมวดที่ 5 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere, EA)

EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification (ข้อบังคับ) มีการทดสอบระบบพลังงานในอาคาร และแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการทดสอบระบบ (Commissioning authority, CxA) โดยผู้ทดสอบจะต้องมีประสบการณ์อย่างน้อย 2 โครงการ และไม่เป็นบุคคลเดียวกับผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมา สำหรับโครงการขนาดเล็กกว่า 20,000 ตารางฟุต (1,860 ตารางเมตร) CxA อาจเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของการออกแบบ หรือทีมงานก่อสร้าง และรายงานผลการดำเนินการโดยตรงกับเจ้าของโครงการ

EA Prerequisite 2 Minimum energy performance (ข้อบังคับ) อาคารจะต้องมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งทำได้โดยการจำลองค่าพลังงานทั้งหมดด้วยโปรแกรมการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Whole building simulation) แล้วนำประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่ออกแบบ มาเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง (Baseline building) ที่ทำตามวิธีของ ASHRAE 90.1-2010 Appendix G ให้อาคารที่ออกแบบมีมูลค่าการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารอ้างอิง อย่างน้อย 5% หรืออาคารที่มีขนาดเล็กกว่า 100,000 ตารางฟุต (9,290 ตารางเมตร) อาจปฏิบัติตาม ASHRAE 50% Advance energy design guide for small to medium office building หรือทำตามข้อกำหนดใน Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide

EA Prerequisite 3 Building - level energy metering (ข้อบังคับ) มีการติดตั้งระบบการวัดการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร หรือติดตั้งระบบการวัดการใช้พลังงานย่อยแล้วนำมารวมกันและเป็นตัวแทนแสดงการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร นำเสนอข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดและข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอาคารให้กับ USGBC เป็นเวลา 5 ปี นับตั้งแต่วันที่โครงการได้รับการรับรองโดย LEED และมีการติดตามการใช้พลังงานทุกๆ 1 เดือน ซึ่งการดำเนินการนี้จะต้องดำเนินการเป็นระยะเวลา 5 ปี หรือจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเจ้าของอาคารหรือผู้เช่า

EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management (ข้อบังคับ) ไม่ใช้สารทำความเย็นชนิดคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) ในระบบระบายความร้อน ระบบระบายอากาศ และเครื่องทำความเย็นระบบใหม่ หากใช้ระบบเก่าจะต้องนำสาร CFC ออกจากระบบเก่าให้หมดก่อนโครงการจะเสร็จสิ้น ยกเว้นเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กและระบบอื่นๆ ที่มีสารทำความเย็นน้อยกว่า 225 กรัม

EA Credit 1 Enhanced commissioning (2-6 คะแนน) เป็นกระบวนการทดสอบระบบเพิ่มเติม ซึ่งสามารถเลือกปฏิบัติได้ 2 ทางเลือก คือ ทางเลือก Enhance commissioning กระบวนการทดสอบระบบจะต้องเป็นไปตาม ASHRAE Guideline 0-2005 และ ASHRAE Guidline 1.1-2007 และทางเลือก Envelop commissioning เป็นการตรวจสอบกรอบอาคาร นอกเหนือไปจากการตรวจสอบระบบเครื่องกล ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่นๆ โดยขั้นตอนการทดสอบระบบกรอบอาคารจะปฏิบัติตาม ASHRAE Guideline 0–2005 and the National Institute of Building Sciences (NIBS) Guideline 3–2012, Exterior Enclosure Technical Requirements for the Commissioning Process

EA Credit 2 Optimize energy performance (1-19 คะแนน) เป็นการประเมินขยายผลจาก EA Prereqiusite 2 Minimum energy performance ซึ่งจะต้องสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานได้ต่ำกว่า Baseline building ตั้งแต่ 6% - 50% ของมูลค่าด้านพลังงาน โดยสามารถเทียบตารางคะแนนได้ดังตารางที่ 2.11

EA Credit 3 Advance energy metering (1 คะแนน) เพิ่มการติดตั้งระบบตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ของอาคารเช่น ระบบสื่อสาร ระบบเครือข่าย เป็นต้น โดยจะเป็นการวัดการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร ซึ่งค่าพลังงาน 10% ของพลังงานที่ใช้สูงสุด จะใช้เป็นค่าตัวแทนของพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งปี โดยเครื่องมือวัดจะต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

- มีการติดตั้งอย่างถาวร และบันทึกข้อมูลอย่างน้อยทุก 1 ชั่วโมง และส่งสัญญาณข้อมูลได้จากระยะไกล

- อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้า จะต้องบันทึกการใช้พลังงานและความต้องการการใช้พลังงาน อาจรวมถึงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ได้ตามความเหมาะสม

- การเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องเก็บเข้าสู่ข้อมูลส่วนกลาง ผ่านระบบอัตโนมัติของอาคาร หรือโครงสร้างพื้นฐานของระบบการสื่อสาร

- ระบบจะต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างน้อย 36 เดือน

- การเข้าถึงข้อมูล สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระยะไกล (Remotely accessible)

- เครื่องมือวัดทั้งหมดจะต้องสามารถรายงานข้อมูลพลังงานได้ เป็นรายชั่วโมง รายเดือน และรายปีได้

EA Credit 4 Demand response (1-2 คะแนน) เพิ่มกระบวนการตรวจสอบความต้องการการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งอาคารที่มีการออกแบบระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการการใช้พลังงาน ให้มีการออกแบบระบบที่สามารถใช้งานได้จริง และตอบสนองต่อความต้องการการใช้พลังงาน หรือการออกแบบระบบแบบกึ่งอัตโนมัติ และอาคารที่ไม่มีการออกแบบระบบเพื่อสนองความต้องการการใช้พลังงาน ให้ติดตั้งเครื่องมือวัดที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อเข้ากับระบบของอาคารได้อัตโนมัติ เพื่อทำการบันทึกการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลา มีแผนพัฒนาที่ครอบคลุม 10% ของความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร และมีการติดต่อตัวแทนจากท้องถิ่นเพื่อหารือและมีส่วนร่วมเกี่ยวกับการออกแบบระบบเพื่อใช้ในอนาคต

EA Credit 5 Renewable energy production (1-3 คะแนน) การใช้พลังงานหมุนเวียนในโครงการ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น โดยพลังงานที่ผลิตได้จะต้องคิดเทียบเป็นจำนวนมูลค่าด้านพลังงานกับปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร โดยเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ 1% - 10% ตามตารางที่ 2.12

EA Credit 6 Enhanced refrigerant management (1 คะแนน) ไม่ใช้สารทำความเย็นหรือใช้สารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ โดยการไม่ใช้สารทำความเย็นหรือใช้สารทำความเย็นที่มีศักยภาพทำลายโอโซน (ODP) เป็น 0 และมีศักยภาพของภาวะโลกร้อน (GWP) น้อยกว่า 50 หรือใช้วิธีคำนวณผลกระทบของสารทำความเย็น หากมีการเลือกใช้สารทำความเย็นในระบบ

EA Credit 7 Green power and carbon offsets (1-2 คะแนน) มีสัญญาซื้อขายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนหรือ Green power ได้อย่างน้อย 50-100% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ตารางที่ 2.11 การเปรียบเทียบคะแนนของมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับ Baseline building ของ LEED v.4 [17]

อาคารก่อสสร้างใหม่	อาคารที่มีการปรับปรุงครั้งใหญ่	คะแนน
6%	4%	1
8%	6%	2
10%	8%	3
12%	10%	4
14%	12%	5
16%	14%	6
18%	16%	7
20%	18%	8
22%	20%	9
24%	22%	10
26%	24%	11
29%	27%	12
32%	30%	13
35%	33%	14
38%	36%	15
42%	40%	16
46%	44%	17
50%	48%	18

ตารางที่ 2.12 การเปรียบเทียบพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในโครงการเทียบกับพลังงานที่ใช้ภายในอาคารตลอดทั้งปี ของ LEED v.4 [17]

ร้อยละของพลังงานทดแทน	คะแนน
1	1
5	2
10	3

2.2.6 หมวดที่ 6 วัสดุและการก่อสร้าง (Material and resources, MR)

MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables (ข้อบังคับ) จัดพื้นที่สำหรับคัดแยกและจัดเก็บขยะภายในโครงการเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการขยะ และสามารถนำไปใช้ใหม่ภายในโครงการหรือนำไปรีไซเคิล โดยจะต้องคัดแยกประเภทขยะอย่างน้อยตามรายการต่อไปนี้ ขยะประเภทกระดาษ, กระดาษลูกฟูก, แก้ว, พลาสติก และโลหะ และมีพื้นที่สำหรับคัดแยกขยะเป็นไปตามอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคาร ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 อัตราส่วนจำนวนพื้นที่ทั้งหมด ต่อ พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บวัสดุ [17]

พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตร.ฟ.)	พื้นที่จัดเก็บขยะ (ตร.ฟ.)
ตั้งแต่ 0 ถึง 5,000	82
5,001 ถึง 15,000	125
15,001 ถึง 50,000	175
50,001 ถึง 100,000	225
100,001 ถึง 200,000	275
มากกว่า 200,001 ขึ้นไป	500

MR Prerequisite 2 Construction and demolition waste management (ข้อบังคับ) มีแผนการจัดการขยะทั้งที่เป็นขยะที่เกิดจากโครงสร้างและไม่ได้เกิดจากโครงสร้าง โดยมีการคัดแยกขยะอย่างน้อย 5 จำพวก โดยการคัดแยกขยะจะต้องครอบคลุม ตามที่แสดงจำพวกขยะที่เกิดขึ้นภายในโครงการ และแผนการนำขยะที่เกิดภายในโครงการกลับมาใช้ใหม่หรือแผนการนำไปรีไซเคิล โดยแสดงเป็นรายงานชี้แจงรายละเอียดตามชนิดของขยะที่เกิดขึ้นภายในโครงการ รวมถึงปริมาณขยะที่สามารถกำจัดหรือสามารถนำกลับไปใช้ได้

MR Credit 1 Building life - cycle impact reduction (1-5 คะแนน) มีการเลือกใช้โครงสร้างอาคารเก่าที่ก่อสร้างเดิมอยู่แล้ว โดยไม่มีการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง หรือมีการปรับปรุงโดยเก็บรักษาส่วนประกอบของอาคารให้ได้อย่างน้อย 50% โดยคิดเป็นพื้นที่ผิว หรือนำส่วนประกอบที่ติดอยู่กับอาคาร เช่น ประตู หน้าต่าง ผนัง วัสดุปิดผนัง เป็นต้น โดยนำกลับมาใช้ให้ได้ 25% - 75% หรืออาคารที่ก่อสร้างใหม่ให้มีการคำนวณวงจรชีวิตอาคาร ให้ได้อย่างน้อย 10% โดยใช้อาคารที่ออกแบบเทียบกับอาคารอ้างอิง โดยใช้มาตรฐาน ISO 14044 ซึ่งคิดอายุการใช้งานอาคารที่ 60 ปี

MR Credit 2 Building product disclosure and optimization environmental product declaration (1-2 คะแนน) ใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองหรือประกาศว่าเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองอย่างน้อย 20 ชนิด ที่มีความแตกต่างจากวัสดุทั่วไปที่ผ่านมาตรฐาน ISO 14025, 14040, 14044, and EN 15804 หรือวัสดุที่ได้รับการรับรองจาก USGBC คิดเป็นมูลค่า 50% ของมูลค่าวัสดุที่ติดตั้งถาวรในอาคาร ซึ่งวัสดุที่ใช้ติดตั้งกับอาคารจะต้องได้รับการรับรองจากภายนอก และผ่านการตรวจสอบตามที่กำหนด

MR Credit 3 Building product disclosure and optimization sourcing of raw material (1-2 คะแนน) เลือกใช้ส่วนประกอบวัสดุที่มีการติดตั้งเข้ากับอาคารอย่างถาวร ที่มีการรับรองจากองค์กรภายนอกที่เชื่อถือได้ โดยจัดทำเป็นรายงานการใช้วัสดุ หรือเลือกวัสดุที่ผ่านการรับรองในคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ เช่น การเลือกใช้ไม้ที่ผ่านการรับรองจาก USGBC เป็นต้น ซึ่งมูลค่าวัสดุที่ผ่านการรับรองจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 25% ของราคาวัสดุที่ติดตั้งถาวรภายในอาคาร

MR Credit 4 Building product disclosure and optimization material ingredient (1-2 คะแนน) เลือกใช้วัสดุที่ผ่านการรับรองในกระบวนการผลิตว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือเลือกวัสดุที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน เช่น GreenScreen v1.2 Benchmark, Cradle to Cradle Certified, USGBC เป็นต้น

MR Credit 5: Construction and demolition waste management (1-2 คะแนน) นำซากจากการรื้อถอนหรือขยะจากโครงสร้าง กลับมาใช้ใหม่หรือนำไปรีไซเคิลได้ 50% - 75% เพื่อลดปริมาณขยะจากโครงสร้างหรือการรื้อถอน โดยคิดเป็นปริมาณน้ำหนักหรือปริมาตร หรือมีขยะที่เกิดจากการก่อสร้างไม่เกิน 12.2 กิโลกรัมต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร

วัสดุที่เลือกใช้กับอาคาร สามารถหาซื้อได้ในระยะ ไม่เกิน 160 กิโลเมตร จากโครงการ สามารถคิดราคาวัสดุตามข้อกำหนด MR2-MR4 ได้ 200% จากราคาวัสดุ

2.2.7 หมวดที่ 7 คุณภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality, EQ)

EQ Prerequisite 1 Minimun indoor air quality performance (ข้อบังคับ) พื้นที่ที่มีการระบายอากาศโดยวิธีกลและวิธีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ จะต้องมีระบบการนำอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคาร ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2010 Section 4-7 หรือตามมาตรฐานท้องถิ่นที่ใกล้เคียง โดยปริมาณอากาศระบายของแต่ละพื้นที่ จะต้องมีการตรวจวัดปริมาณอากาศระบายผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยอุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัดจะต้องมีค่าความละเอียด +/- 10% ของเกณฑ์การออกแบบระบบอากาศระบาย และมีสัญญาณเตือนเมื่อปริมาณอากาศระบายมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่า 15% ของการออกแบบ

EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control (ข้อบังคับ) จัดพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ให้มีระยะห่างจากทางเข้าอาคาร, ท่อนำอากาศเข้าอาคาร และหน้าต่างที่สามารถเปิด-ปิดได้ (Operate window) อย่างน้อย 8 เมตร หรือห้ามสูบบุหรี่ภายในอาคาร

EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies (1-2 คะแนน) มีแผนในการเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร คำนึงถึงภาวะสบายของผู้ใช้อาคารให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยปฏิบัติตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- ระบบประตูทางเข้าอาคาร
- การป้องกันสิ่งเจือปนที่อยู่ภายในอาคาร
- การกรองอากาศ
- การคำนวณการออกแบบระบบระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ
- การคำนวณระบบระบายอากาศที่มีการระบายอากาศทั้งสองวิธี

- การป้องกันฝุ่นละอองหรือมลพิษจากภายนอกอาคาร
- การเพิ่มปริมาณอากาศระบาย
- ติดตั้งอุปกรณ์แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- เพิ่มระบบควบคุมแหล่งที่มาของอากาศระบาย และชุดแสดงผล

EQ Credit 2 Low - emitting materials (1-3 คะแนน) เลือกใช้วัสดุประกอบภายในอาคารที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOC) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด หรือใช้วิธีคำนวณปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยใช้วิธี Budget calculation method

EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan (1 คะแนน) มีแผนการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพอากาศ ในระหว่างก่อสร้างและก่อนเปิดใช้อาคาร โดยจัดทำแผนการควบคุมและปรับปรุงดังต่อไปนี้

- ในระหว่างการก่อสร้าง จะต้องมีวิธีการควบคุม ตามข้อกำหนดของ The Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association (SMACNA) IAQ Guidelines for Occupied Buildings under Construction, 2nd edition, 2007, ANSI/SMACNA 008–2008, Chapter 3.
- มีการจัดเก็บวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากความชื้น
- จัดสถานที่สำหรับสูบบุหรี่ ห่างจากทางเข้าอาคารอย่างน้อย 7.5 เมตร
- ใช้ชุดระบบปรับอากาศชั่วคราวในการปรับอากาศภายในอาคาร ในขณะก่อสร้าง และมีตัวกรองอากาศระดับ MERV 8

EQ Credit 4 Indoor air quality assessment (1-2 คะแนน) มีการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารในระหว่างก่อสร้างและก่อนใช้อาคาร หรือมีแผนจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยใช้วิธี Flush-out สำหรับอาคารที่มีการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารก่อนเปิดใช้อาคาร และวิธี Air testing สำหรับอาคารที่เปิดใช้งานไปก่อนแล้ว

EQ Credit 5 Thermal comfort (1 คะแนน) ออกแบบระบบปรับอากาศในอาคารให้มีภาวะสบายตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 หรือ ISO 7730: 2005 Ergonomics of the Thermal Environments และ CEN Standard 15251: 2007 Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings

EQ Credit 6 Interior lighting (1-2 คะแนน) ผู้ใช้อาคารร้อยละ 90 สามารถเข้าถึงแสงสว่างและสามารถปรับความสว่างได้ด้วยตนเอง ทั้งหมด 3 ระดับ คือ เปิด, ปิด และหรี่ไฟ ซึ่งการหรี่ไฟ จะต้องหรี่ไฟได้ในระดับ 30%-70% ของแสงสว่าง ไม่รวมถึงแสงสว่างจากธรรมชาติ หรือใช้หลอดไฟและแสงสว่างตามเกณฑ์กำหนด

EQ Credit 7 Daylight (1-3 คะแนน) ใช้โปรแกรมจำลองปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในพื้นที่ใช้งานประจำตลอดทั้งปี โดยคิดเป็น 55% - 75% ของพื้นที่ใช้งานประจำ หรือใช้โปรแกรมจำลองปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในพื้นที่ใช้งาน โดยมีปริมาณแสงอยู่ในช่วง 300-3000 lux ในช่วงเวลา 9.00-15.00น. ในสภาพท้องฟ้า Clear sky day โดยคิดเป็น 75% - 90% ของพื้นที่ใช้งานประจำ

EQ Credit 8 Quality view (1 คะแนน) ออกแบบพื้นที่ใช้งานประจำภายในอาคารให้ผู้ใช้อาคาร สามารถมองเห็นทิวทัศน์ในระยะระหว่าง 0.8 - 2.3 เมตร พื้นที่อย่างน้อย 90% ของพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารและผู้ใช้อาคารสามารถมองออกไปด้านนอกอาคารได้ 75% ของช่องแสงเข้าอาคาร

EQ Credit 9 Acoustic performance (1 คะแนน) มีการควบคุมเสียงของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานต่อไปนี้

- 2011 ASHRAE Handbook, HVAC Application, Chapter 48 Table 1
- การตรวจวัดและวิธีการให้เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI S1.4 for type 1 (precision) or type 2 (general purpose) sound measurement instrumentation
- การออกแบบการควบคุมเสียงที่เกิดจากระบบทำความเย็น ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 2011 Applications Handbook, Table 6

สำหรับห้องขนาดใหญ่ที่มีคนอยู่มากกว่า 50 คน เช่น ห้องประชุม ห้อง Slope จะต้องทำตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- มีค่า Speech Transmission Index (STI) อย่างน้อย 0.6 หรือค่า Common intelligibility (CIS) อย่างน้อย 0.77
- ความดังของเสียงไม่เกิน 70 dBA
- ความดังเสียง +/- 3dBA ที่ 2000Hz

2.2.8 หมวดที่ 8 นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation, IN)

IN Credit 1 Innovation (1-5 คะแนน) คะแนนในหมวดนี้จะได้จากสองส่วน คือ ส่วนแรก เป็นนวัตกรรมในงานออกแบบ ซึ่งอาจเกิดจากการทำสิ่งใหม่ๆ ที่ไม่ได้อยู่ใน 7 หมวดข้างต้น แต่เป็นผลดีเชิงสิ่งแวดล้อม เช่น การนำเถ้าลอย (Fly ash) มาใช้แทนซีเมนต์ในการทำคอนกรีตบล็อก หรือสามารถออกแบบในหมวดต่างๆ ได้ถึงระดับที่ถือว่าเป็นตัวอย่างที่ดีเป็นพิเศษ (Exemplary)

IN Credit 2 LEED Accredited professional (1 คะแนน) มีบุคคลที่ผ่านการอบรมและได้รับใบประกาศผู้เชี่ยวชาญมาตรฐาน LEED อยู่ในคณะทำงานของโครงการที่ขอประเมิน

2.2.9 หมวดที่ 9 การจัดอันดับความสำคัญในระดับภูมิภาค (Regional priority, RP)

เป็นการจูงใจเพื่อให้ความสำคัญในระดับภูมิภาค สำหรับแต่ละข้อกำหนดภูมิภาคที่เป็นไปตาม USGBC สาขาย่อยแต่ละภูมิภาค ซึ่งจะกำหนดข้อกำหนดคะแนนพิเศษขึ้นให้คะแนนไม่เกิน 4 คะแนน แต่สำหรับโครงการอยู่นอกเหนือจากในสหรัฐอเมริกาจะไม่สามารถที่จะได้คะแนนนี้

2.3 สถาบันอาคารเขียวไทย [13]

เมื่อปี พ.ศ. 2551 มีการรวมตัวของกลุ่มอาสาสมัครที่ประกอบไปด้วยสถาปนิกและวิศวกรจากสมาคมวิชาชีพสองแห่งคือ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกันจัดตั้งหน่วยงานด้านอาคารเขียวของไทยขึ้น โดยมีเป้าหมายหลักคือ ต้องการพัฒนาองค์ความรู้และจัดทำมาตรฐานหลักเกณฑ์อาคารเขียวไทยขึ้นมาใช้

เพื่อใช้แทนเกณฑ์อาคารเขียวจากต่างประเทศ ลดการเสียเปรียบด้านการค้าและเศรษฐกิจของประเทศ และอีกเป้าหมายหนึ่งคือ ต้องการสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชนและสังคมไทยในด้านการออกแบบ ก่อสร้างและพัฒนาอาคารเขียวแบบยั่งยืน ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจเรื่องอาคารเขียวที่ถูกต้องให้กับสถาปนิก วิศวกร หน่วยงานรัฐบาลและประชาชนทั่วไป

หลังจากการประชุมและทำงานร่วมกันของกลุ่มสถาปนิกและวิศวกรชุดนี้มาได้ระยะหนึ่ง คณะทำงานจึงตัดสินใจที่จะจัดตั้ง “สถาบันอาคารเขียวไทย” ขึ้น โดยในวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2552 ตัวแทนจากสมาคมสถาปนิกสยามฯ และวิศวกรรมสถานฯ ได้ลงนามในข้อตกลงที่จะมาทำงานร่วมกัน โดยแนวทางการจัดตั้ง “สถาบันอาคารเขียว” นั้นจะเริ่มจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลในรูปของ “มูลนิธิอาคารเขียวไทย” เมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2553 สาเหตุที่จดทะเบียนเป็นมูลนิธินั้นเพราะต้องการให้เกิดความคล่องตัวในการบริหารงานและเกิดความชัดเจนในรูปแบบขององค์กรที่ไม่แสวงหากำไร จากนั้นคณะกรรมการมูลนิธิจึงมีมติให้ตั้งหน่วยงานชื่อ “สถาบันอาคารเขียว” ทำงานภายใต้มูลนิธิอาคารเขียวไทย โดยเป็นหน่วยงานอิสระไม่แสวงหาผลกำไรแต่สามารถหารายได้เลี้ยงตัวเองจากการประเมินอาคาร จัดอบรมสัมนา และกิจกรรมอื่นๆ ของสถาบันอาคารเขียวไทย

รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของสถาบันอาคารเขียวไทย (Thai Green Building Institute) [13]

2.4 มาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC [13]

เกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียวไทยใช้ชื่อว่า “เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างใหม่และปรับปรุงโครงการใหม่” (Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation, TREES-NC Version 1.0) มีการประกาศใช้เมื่อเดือน มกราคม พ.ศ. 2553 และในปัจจุบันมีการปรับปรุงขึ้นเป็น TREES-NC Version 1.1 ประกาศใช้เมื่อเดือน กันยายน พ.ศ. 2555 ซึ่งเกณฑ์ TREES-NC จัดทำขึ้นโดย คณะอนุกรรมการจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่มีตัวแทนจากสองสมาคม คือ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการเดินหน้าเรื่องอาคารเขียวในประเทศไทยอย่างเต็มรูปแบบเป็นครั้งแรก ซึ่งเกณฑ์การประเมิน TREES-NC นี้ เป็นจุดเริ่มต้นที่มุ่งเน้นการประเมินโครงการอาคารสาธารณะที่สร้างขึ้นใหม่หรือมีการปรับปรุงครั้งใหญ่

ในการผ่านเกณฑ์การประเมิน TREES-NC Version 1.1 นี้ ผู้เข้าร่วมประเมินต้องส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องในแต่ละข้อคะแนน เพื่อยืนยันว่าได้มีการดำเนินกิจกรรมในการทำคะแนนใน

ข้อกำหนดต่างๆ จริง (เอกสารที่ต้องนำส่งตลอดจนช่วงเวลาในการส่งจะถูกระบุไว้ในเอกสารการประเมินฉบับเต็ม) ทางสถาบันจะมีการตรวจสอบในรูปแบบต่างๆ เพื่อยืนยันว่ากิจกรรมต่างๆ เป็นไปตามที่ผู้เข้าร่วมประเมินได้กล่าวอ้าง ซึ่งหากว่าพบการบิดเบือน ปลอม หรือสร้างหลักฐานเท็จ สถาบันก็จะยกเลิกการรับรองและถอดถอนรางวัลที่ได้มอบให้กับโครงการ ซึ่งในการประเมินนั้นทางสถาบันอาคารเขียวจะทำหน้าที่ประเมินหลักฐานต่างๆ ตลอดจนวิธีการดำเนินการว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องต่อวัตถุประสงค์ของหมวดคะแนนต่างๆ และสมควรได้รับการรับรองคะแนนหรือไม่

รูปที่ 2.4 เอกสารการประเมิน TREES–NC Version 1.1 [13]

การรับรองอาคารที่เข้าร่วมการประเมินแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้ดังนี้

PLATINUM	61 คะแนนขึ้นไป
GOLD	46-60 คะแนน
SILVER	38-45 คะแนน
CERTIFIED	30-37 คะแนน

ซึ่งในการผ่านการประเมินทุกระดับนั้น ผู้เข้าร่วมประเมินต้องผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ 9 ข้อ หากไม่สามารถทำคะแนนข้อบังคับข้อใดข้อหนึ่ง จะถือว่าไม่สามารถเข้าร่วมการประเมินได้

TREES-NC Version 1.1 ได้แบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 8 หมวด ดังนี้

หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building management)
หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and landscape)
หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water conservation)
หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere)
หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and resources)
หมวดที่ 6 คุณภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality)
หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental protection)
หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green innovation)

2.4.1 หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building management, BM)

BM Prerequisite 1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว (ข้อบังคับ) เพื่อให้กระบวนการออกแบบก่อสร้างอาคารมีความเป็นระบบและราบรื่น ช่วยให้คณะทำงานและผู้รับผิดชอบโครงการ สามารถควบคุมการทำงานของโครงการให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่ต้องดำเนินการในข้อกำหนดนี้เป็นเพียงแผนไม่ใช่ผลการดำเนินการ ซึ่งแผนการดำเนินการต้องประกอบไปด้วย (1) รายชื่อคณะทำงานและหัวหน้าโครงการ, (2) กิจกรรมต่างๆ โดยระบุผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรมที่ตรงกับหมวดการประเมินในแต่ละหมวด, (3) รายละเอียดของกิจกรรมต่างๆ รวมถึงเทคนิคและวิธีการที่นำมาใช้โดยสังเขป, (4) ตารางเวลาของแต่ละกิจกรรมว่าจะดำเนินการกิจกรรมในช่วงใด และระยะเวลาของกิจกรรม

BM Credit 1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม (1 คะแนน) มีการกำหนดให้อาคารที่จะก่อสร้างเป็นอาคารเขียวทำการประชาสัมพันธ์สู่สังคม โดยการติดป้ายประชาสัมพันธ์หน้าพื้นที่ก่อสร้าง โดยระบุถึงเจตนารมณ์ในการเข้าร่วมการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นทางการ และจัดทำข้อมูลนำเสนอเกี่ยวกับอาคาร หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเป็นอาคารเขียว

BM Credit 2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและการบำรุงรักษาอาคาร (1 คะแนน) จัดทำคู่มือและให้การอบรมแนะนำในการใช้อาคารและการบำรุงรักษาระบบต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและผู้ใช้อาคาร โดยคู่มือดังกล่าวจะต้องครอบคลุมระบบต่างๆ ที่ใช้ภายในอาคาร ซึ่งจะต้องมีคู่มือระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าสุขาภิบาล ระบบทำน้ำร้อนภายในอาคาร ระบบอำนวยความสะดวก และระบบพลังงานหมุนเวียน (ถ้ามี) เป็นอย่างน้อย และสามารถเพิ่มเติมคู่มือระบบอื่นได้ตามความเหมาะสม

BM Credit 3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบก่อสร้างเมื่ออาคารแล้วเสร็จ (1 คะแนน) มีการติดตามขยายผลการประเมินตามแผนการประเมินในข้อ BM Prerequisite 1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว อย่างเป็นระบบ โดยมีการสรุปถึงความคืบหน้าในหัวข้อแต่ละกิจกรรมเป็นระยะ และมีการรวบรวมเอกสารจากการประชุมความคืบหน้าแต่ละครั้งของคณะทำงานอาคารเขียว ในหมวดการประเมินที่ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว ทั้งนี้คณะทำงานควรสรุปถึงแนวทางที่ทำให้กิจกรรมประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว เพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองและจัดทำฐานข้อมูลความรู้โดยสถาบันอาคารเขียวต่อไปในอนาคต

2.4.2 หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and landscape, SL)

SL Prerequisite 1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะสมกับการสร้างอาคาร (ข้อบังคับ) หลีกเลี่ยงการก่อสร้างอาคารบนพื้นที่ที่มีระบบนิเวศทางธรรมชาติที่สมบูรณ์เพื่อลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างอาคาร ทั้งนี้จึงควรเลือกพื้นที่ก่อสร้างอาคารบนพื้นที่ที่มีระบบนิเวศต่ำหรือพื้นที่ตามกฎหมายกำหนดไว้ในผังเมือง พื้นที่ที่ไม่สมควรเลือกใช้เป็นพื้นที่โครงการหรืออาคาร เช่น พื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าสงวน สัตว์ใกล้สูญพันธ์ เขตป่าสงวน เขตอนุรักษ์ หรือเขต

อนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าตามกฎหมายไทย, พื้นที่ที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาที่อยู่ภายในระยะ 15 เมตร จากแหล่งน้ำธรรมชาติ พื้นที่ที่เป็นสวนสาธารณะ เป็นต้น

SL Prerequisite 2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ (ข้อบังคับ) จะต้องออกแบบพื้นที่โครงการให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ อย่างน้อย 10% ของพื้นที่โครงการ ซึ่งพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศจะต้องมีพื้นที่สีเขียว อย่างน้อย 25% เพื่อลดผลกระทบจากการพัฒนาโครงการต่อพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ที่มีระบบนิเวศสมบูรณ์ และฟื้นฟูพื้นที่สีเขียวในโครงการที่มีการพัฒนาไปแล้วให้มีคุณค่าต่อระบบนิเวศ ตลอดจนเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร

SL Credit 1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว (1 คะแนน) เลือกพื้นที่โครงการที่มีระบบสาธารณูปโภค ให้อยู่ภายในรัศมี 500 เมตร วัดจากทางเข้าหลักของโครงการให้ครบ 10 ประเภท และสาธารณูปโภคเหล่านี้ต้องสามารถเข้าถึงได้ในรัศมีที่กำหนด (ไม่ถูกปิดกั้นด้วยคลองหรือรั้ว เป็นต้น)

SL Credit 2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว (4 คะแนน) เลือกพื้นที่ตั้งอาคารภายในระยะ 500 เมตร ที่อยู่ติดกับระบบขนส่งมวลชนแบบราง หรือระบบขนส่งมวลชนทางถนน หรือระบบขนส่งมวลชนประเภทอื่นๆ ที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวก หรือมีบริการรับส่งไปยังสถานีบริการ มีการกำหนดพื้นที่สำหรับจอดจักรยานและห้องสำหรับเปลี่ยนเสื้อผ้าหรืออาบน้ำ และจัดพื้นที่สำหรับจอดรถประสิทธิภาพสูง (Eco car, CNG, Hybrid, E20+, ไฟฟ้า)

SL Credit 3.1 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่า 25% ของพื้นที่ฐานอาคาร หรือ 20% ของพื้นที่โครงการ (1 คะแนน) ออกแบบโครงการให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ (Ecological open space) ไม่น้อยกว่า 25% ของพื้นที่ฐานอาคาร (Building footprint) โดยพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศต้องมีพื้นที่สีเขียวอย่างน้อย 40% ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการมีพื้นที่สีเขียว เพิ่มแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ ลดปัญหาน้ำท่วม ลดปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban heat island) และเพิ่มพื้นที่กิจกรรมสาธารณะภายนอกอาคาร

SL Credit 3.2 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น) (1 คะแนน) มีพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่า 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร มีร่มเงาปกคลุมอย่างคงทนถาวรภายใน 5 ปีแรก รักษาต้นไม้เดิม และ/หรือ ปลูกไม้ยืนต้นเพิ่มเติม โดยต้นไม้นั้นต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่มเมื่อโตเต็มที่ไม่น้อยกว่า 4.5 เมตร หรือสูงเกินกว่า 6 เมตร และต้องไม่ใช่ต้นไม้ที่ย้ายโดยการขุดล้อมมาจากพื้นที่อื่นเพื่อนำมาปลูกในโครงการ ยกเว้นต้นไม้ที่มีการจำหน่ายอย่างถูกกฎหมายหรือที่เพาะขึ้นจากเรือนเพาะชำเท่านั้น

SL Credit 3.3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม (1 คะแนน) เลือกใช้พืชพรรณในงานภูมิสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศที่ทนแล้งและทนโรค ทั้งโครงการ พืชพรรณที่เลือกใช้ต้องไม่เป็นสายพันธุ์รุกราน (Invasive alien species) หรือวัชพืช

SL Credit 4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม (4 คะแนน) ออกแบบโครงการให้มีพื้นที่น้ำซึมผ่านได้ โดยเลือกใช้วัสดุปูพื้น เช่น บล็อกหญ้า (ที่มีพื้นที่หญ้าอย่างน้อยร้อยละ 50 ของพื้นผิว) แผ่นปูพื้นที่มีการเว้นร่องระหว่างแผ่น หรือวัสดุปูพื้นที่มีช่องหรือรูให้น้ำซึมผ่านลงสู่ดินได้ เพื่อลดปัญหาน้ำท่วมที่เกิดจากการพัฒนาโครงการ

SL Credit 5.1 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง (2 คะแนน) ปลูกพืชพรรณบนหลังคาหรือผนังภายนอกอาคาร ซึ่งอาจทำเป็น ซุ้มไม้เลื้อย ไม้กระถางกึ่งถาวร และสวนแนวตั้ง เป็นต้น คิดเป็นพื้นที่สัดส่วนของหลังคาเขียวหรือสวนแนวตั้งต่อพื้นที่หลังคาทั้งหมด (GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด) โดย GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด จะต้องมีค่ามากกว่า 0.5 หรือ 0.8 ดังสมการที่ 2-1

$$GSA = GRA + GWA \times 0.5 \quad (2\text{-}1)$$

โดย GSA = Green surface area
GRA = Green roof area (พื้นที่สวนหลังคา)
GWA = Green wall area (พื้นที่สวนแนวตั้ง)

SL Credit 5.2 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ (1 คะแนน) ให้ร่มเงาแก่พื้นที่ดาดแข็งที่อยู่ภายนอกอาคาร โดยใช้พืชพรรณหรือลดผลกระทบจากพื้นที่ดาดแข็งจากการเลือกใช้โครงสร้างและวัสดุที่เหมาะสมโดยใช้วิธี การร่มเงาแก่พื้นที่ดาดแข็งเพื่อลดรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ด้วยต้นไม้ใหญ่, ใช้วัสดุปูพื้นที่มีดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูง มากกว่าร้อยละ 30, ใช้หลังคาคลุมที่มีดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูง มากกว่าร้อยละ 30, ใช้พืชหรือเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหลังคาคลุม, การใช้บล็อกหญ้า (พื้นที่ปลูกพืชร้อยละ 50 ของพื้นผิวบล็อกหญ้า) เป็นต้น โดยเลือกวัสดุให้ร่มเงาหรือวัสดุปูพื้นกับพื้นที่ดาดแข็งมากกว่าร้อยละ 50 ของโครงการ เพื่อลดผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากพื้นที่ดาดแข็ง

SL Credit 5.3 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ก่อความเสียหายกับตัวอาคาร (1 คะแนน) ปลูกต้นไม้ยืนต้นใน ทิศใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันออก โดยมีการวางตำแหน่งให้รัศมีทรงพุ่มของต้น (อายุ 5 ปี) ให้สัมผัสกันหรือห่างกันไม่เกิน 1 เมตร เพื่อการบังแดดอย่างมีประสิทธิภาพ รัศมีทรงพุ่มและรากต้องมีระยะห่างที่เหมาะสมและไม่รบกวน หรือก่อความเสียหายให้กับตัวอาคาร เพื่อลดผลกระทบความร้อนที่เกิดขึ้นกับอาคารจากรังสีดวงอาทิตย์

2.4.3 หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water conservation, WC)

WC Credit 1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (6 คะแนน) มีการใช้โถสุขภัณฑ์และก๊อกประหยัดน้ำ, มีการติดตั้งมาตรวัดน้ำย่อย และติดตั้งถังเก็บน้ำฝนไว้เพื่อใช้งานหรือมีความต้องการการใช้น้ำลดลงได้ร้อยละ 15 - 35 จากปริมาณการใช้น้ำตามกรณีอ้างอิง

FTE (Full-Time Equivalent)

2.4.4 หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere, EA)

EA Prerequisite 1 การประกันคุณภาพอาคาร (ข้อบังคับ) เจ้าของโครงการต้องจัดหาผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบที่มีประสบการณ์ และความชำนาญในลักษณะงานดังต่อไปนี้ งานออกแบบติดตั้ง และใช้งานระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน งานบริหารจัดการควบคุมการทดสอบและปรับแต่งระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ซึ่งผู้ออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงในการใช้พลังงาน โดยมีการออกแบบและเลือกใช้ระบบเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับภูมิอากาศ และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานทั่วไป เพื่อให้อาคารมีการใช้พลังงานรวม ต่ำกว่าอาคารอ้างอิงตามข้อกำหนดการใช้พลังงานตามกฎหมายสำหรับอาคารสร้างใหม่ตามทางเลือกที่กำหนดไว้

EA Prerequisite 2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ (ข้อบังคับ) ต้องทำคะแนนให้ได้อย่างน้อย 4 คะแนนในข้อ EA Credit 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

EA Credit 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (16 คะแนน) พัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารให้สูงกว่าอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2007 หรือกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ภายใต้ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 หรือการเทียบค่าจากการประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดมาจากการใช้พลังงาน โดยคิดเป็นมูลค่าของพลังงานที่ลดได้ ซึ่งเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละได้ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.14 การเปรียบเทียบคะแนนการลดค่าใช้จ่ายพลังงานอาคาร ของ TREES-NC [13]

คะแนน	กระทรวงพลังงาน 2552 (ค่าพลังงาน)		ASHRAE 90.1-2007 Appendix G (ค่าใช้จ่ายพลังงาน)		คะแนนประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM)	
	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่
4	0-5	6-10	0-5	6-10	51-55	51-55
6	6-10	11-15	6-10	11-15	56-60	56-60
8	11-15	16-20	11-15	16-20	61-65	61-65
10	16-20	21-25	16-20	21-25	66-70	66-70
12	21-25	26-30	21-25	26-30	≥71	≥71
14	26-30	31-35	26-30	31-35		
16	31-35	36-40	31-35	36-40		

EA Credit 2 การใช้พลังงานทดแทน (2 คะแนน) ใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อผลิตพลังงานใช้ในโครงการ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น คิดเป็นมูลค่าร้อยละ 0.5-1.5 ของค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคารต่อปี ที่อาจคำนวณได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

EA Credit 3 การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน (1 คะแนน) จัดให้มีแผนการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงพร้อมกับติดตั้งเครื่องวัดการใช้พลังงานอย่างเพียงพอที่จะใช้ในการตรวจสอบ ตามหลักการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับ IPMVP Option B หรือกำหนดวิธีการประเมินผลการใช้พลังงานจริงโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการใช้พลังงานจริง ทำการปรับแต่งแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ให้ค่าพลังงานมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดจริง ตามหลักการตรวจสอบ IPMVP Option D

EA Credit 4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ (1 คะแนน) ไม่ใช้สาร CFC และ HCFC-22 ในเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องที่ใช้สารความเย็นมากกว่า 0.3 กิโลกรัม ขึ้นไป เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นน้อยกว่า 0.3 กิโลกรัม ให้ถือเป็นข้อยกเว้น ในกรณีที่อาคารใหม่มีการต่อเติมเข้ากับอาคารเก่า (ที่มีการประเมินอาคารเก่าร่วมด้วย) อาคารเก่าต้องเปลี่ยนสารทำความเย็นให้เป็นแบบไม่ใช้สาร CFC และ HCFC-22 เว้นแต่มีการจัดทำแผนการลดปริมาณการรั่วไหลของสารทำความเย็น เพื่อลดการใช้สารทำความเย็นที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

2.4.5 หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and resources, MR)

MR Credit 1 การใช้อาคารเดิม เก็บรักษาพื้นหรือหลังคาของอาคารเดิมไว้ร้อยละ 50-75 ของพื้นที่ผิว (2 คะแนน) เลือกพื้นที่โครงการที่มีอาคารเดิมตั้งอยู่แล้ว สำรวจสภาพโครงสร้างพื้นและหลังคาของอาคารว่ายังอยู่ในสภาพดี ทำการออกแบบให้ใช้ประโยชน์และเก็บรักษาพื้นอาคารและหลังคาให้ได้มากที่สุด และไม่ควรให้ส่วนต่อเติมมีขนาดใหญ่กว่า 2 เท่าของพื้นที่อาคาร

MR Credit 2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง นำขยะไปใช้หรือรีไซเคิล ร้อยละ 50-75 ของปริมาตรหรือน้ำหนัก (2 คะแนน) กำหนดเป้าหมายในการเปลี่ยนจากการทิ้งขยะและการเผาขยะ มาเป็นวิธีการจัดการกับเศษวัสดุที่มาจากการก่อสร้างเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมาย โดยการคัดแยกและรวบรวมวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ระบุผู้รับเหมาในการบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้างอย่างเป็นระบบ โดยสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนำกลับมาใช้ใหม่, บริจาคให้องค์กรไม่แสวงหาผลกำไร, หรือนำไปใช้กับอาคารอื่น

MR Credit 3 การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว เป็นมูลค่าร้อยละ 5-10 (2 คะแนน) พยายามแสวงหาวัสดุใช้แล้วจากแหล่งต่างๆ หรือ ใช้เศษวัสดุก่อสร้างในพื้นที่ก่อสร้างหรืออาคารเดิมมาซ่อมแซมแล้วใช้งานในอาคารที่สร้างใหม่

MR Credit 4 การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิลเป็นมูลค่าร้อยละ 10-20 (2 คะแนน) ใช้วัสดุที่มีองค์ประกอบของวัสดุรีไซเคิล และหาผู้แทนจำหน่ายวัสดุประเภทนั้นๆ ที่จำหน่ายวัสดุดังกล่าว ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าวัสดุที่นำมาใช้มีองค์ประกอบของวัสดุก่อสร้างที่ผ่านการรีไซเคิลในปริมาณที่ระบุไว้จริง

MR Credit 5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ การใช้วัสดุที่ ขุด ผลิต ประกอบ พื้นถิ่นหรือในประเทศไม่น้อยกว่าร้อยละ 10-20 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด (2 คะแนน) ใช้วัสดุก่อสร้างหรือสินค้าที่ ขุด ผลิต ประกอบไม่ไกลเกินกว่ารัศมี 500 กิโลเมตร จากที่ตั้งโครงการ หรือผลิต ขุด ประกอบ ในประเทศไทย

MR Credit 6.1 วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของไทยร้อยละ 10-20 (2 คะแนน) ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้รับฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน ที่มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีสารพิษต่ำหรือไม่มีเลย

MR Credit 6.2 วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด (1 คะแนน) ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลตามความต้องการของวัสดุเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 2 (Eco product type 2 - self declaration environmental claims) โดยรูปแบบของฉลากนั้นขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย แต่ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนด International organization for standardization หลังจากนั้นทำการหาผู้แทนจำหน่ายวัสดุประเภทนั้นๆ โดยใช้ฐานข้อมูลที่ต่างๆ ในประเทศ เช่น ฐานข้อมูล Eco market เป็นต้น

ตารางที่ 2.15 การคิดค่าวัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง หมวดการประเมิน MR [13]

	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6.1	MR6.2
MR1 การใช้อาคารเดิม							
MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	×						
MR3 การเลือกวัสดุที่ใช้แล้ว	×	×					
MR4 การเลือกวัสดุรีไซเคิล	×	×	×				
MR5 การเลือกใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	×	×	✓	✓			
MR6.1 การใช้วัสดุฉลากอาคารเขียวและฉลากคาร์บอนของไทย	×	×	×	✓	✓		
MR6.2 ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	×	×	×	✓	✓	✓	

× ไม่สามารถประเมินซ้ำกันได้ / ✓ สามารถประเมินซ้ำกันได้

2.4.6 หมวดที่ 6 คุณภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality, IE)

IE Prerequisite 1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร อัตราการระบายอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน (ข้อบังคับ) อัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานการระบายอากาศ (Ventilation) เพื่อคุณภาพ

อากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IAQ) ที่ยอมรับได้ เช่น วสท (วสท.-3003) หรือผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007

IE Prerequisite 2 ความส่องสว่างภายในอาคาร ความส่องสว่างขั้นต่ำผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน (ข้อบังคับ) ค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ไม่รวมแสงธรรมชาติ) ผ่านเกณฑ์ตามที่กฎกระทรวงกำหนด มาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง รวมถึงผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่ระบุโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย โดยใช้ค่าจากการวัดจริง, ใช้การจำลองภาพจากคอมพิวเตอร์ หรือการแสดงรายการคำนวณด้วยมือ

IE Credit 1.1 การลดผลกระทบมลภาวะ ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ (1 คะแนน) ควรกำหนดตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าในที่ที่เป็นพื้นที่สีเขียว ในกรณีอาคารหรือที่ตั้งอาคารมีความหนาแน่นสูง ควรพิจารณาช่องนำอากาศเข้าจากด้านบนของอาคารเพื่อหลีกเลี่ยงมลภาวะจากถนนหรืออาคารข้างเคียง หรือห่างจากตำแหน่งที่มีมลภาวะไม่น้อยกว่า 10 เมตร และสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร

IE Credit 1.2 การลดผลกระทบมลภาวะ ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และห้องเก็บสารทำความสะอาด (1 คะแนน) ออกแบบพื้นที่ที่มีมลภาวะสูงด้วยระบบการระบายอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อลดผลกระทบจากสิ่งปนเปื้อนภายในอาคาร การระบายอากาศในแต่ละพื้นที่ ต้องมีการส่งผ่านลมโดยที่ไม่มีการเก็บกักหรือนำอากาศจากพื้นที่ดังกล่าวกลับมาหมุนเวียน อีกทั้งต้องมีประตูที่ปิดอัตโนมัติ และมีอัตราการระบายอากาศอย่างน้อย 2.5 ลิตรต่อวินาที ต่อ 1 ตารางเมตร (lps/sq.m) มีความดันน้อยกว่าพื้นที่โดยรอบโดยเฉลี่ยอย่างน้อย 5 ปาสกาล และมากกว่า 1 ปาสกาล เมื่อประตูห้องเปิด

IE Credit 1.3 การลดผลกระทบมลภาวะ ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร (1 คะแนน) ติดตั้งระบบการเก็บฝุ่นละอองบริเวณพื้นของทางเข้าอาคารหลัก โดยระบบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปคือ การทำประตู 2 ชั้นร่วมกับการติดตั้งระบบตะแกรงถาวร ซึ่งมีช่องทำความสะอาดด้านล่างได้ หากใช้พรมต้องมีการยืนยันโดยใช้สัญญาการจ้างทำความสะอาดพรมจากบริษัททำความสะอาดสัปดาห์ละครั้ง โดยตัวสัญญาต้องกำหนดระยะเวลาในการทำความสะอาดไว้อย่างน้อย 1 ปี นับจากวันที่เปิดใช้อาคาร

IE Credit 1.4 การลดผลกระทบมลภาวะ พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร (1 คะแนน) มีพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่โดยเฉพาะโดยห่างจากประตูหลักต่าง ๆ หรือช่องนำอากาศเข้า ไม่น้อยกว่า 10 เมตร หรือห้ามสูบบุหรี่ภายในอาคาร

IE Credit 1.5 การลดผลกระทบมลภาวะ ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน (1 คะแนน) เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ที่มีอัตราการส่งลมเย็นตั้งแต่ 1,000 ลิตรต่อวินาที ขึ้นไป ตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. (วสท.-3003) ต้องมีแผ่นกรองอากาศที่มีค่าประสิทธิภาพ อย่างน้อย MERV 7 (มาตรฐาน ASHRAE Standard 52.2) หรือ อย่างน้อยร้อยละ 25-30 (มาตรฐาน ASHRAE standard 52.1 Dust spot) หรือแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานอื่นที่มีความน่าเชื่อถือเทียบเท่า ทั้งนี้ควรติดตั้งในตำแหน่งของอากาศที่ดูดกลับ (Return air) และอากาศภายนอก (Outdoor air)

IE Credit 2.1 การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ การใช้วัสดุประสาน วัสดุยาแนว และรองพื้นที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร (1 คะแนน) วัสดุประสาน วัสดุยาแนว และรองพื้นที่ใช้ภายในอาคาร ต้องอ้างอิงตามมาตรฐาน South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule # 1168

IE Credit 2.2 การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ การใช้สี และวัสดุเคลือบผิว ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร (1 คะแนน) สีและวัสดุเคลือบผิวที่ใช้ภายในอาคาร จะต้องได้รับการรับรองฉลากเขียวหรือมีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (Low-VOC)

IE Credit 2.3 การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร (1 คะแนน) พรมภายในอาคาร (Indoor carpet systems) ทั้งหมดต้องผ่านการทดสอบและรับรองจาก Carpet and RugInstitute's Green Label Plus program หรือ NFS / ANSI Standard 140-2007 Sustainable Carpet Assessment หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

IE Credit 2.4 การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ การใช้ผลิตภัณฑ์ภายในอาคาร ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่มีสารพิษต่ำ (1 คะแนน) ระบุผลิตภัณฑ์จากไม้และวัสดุทดแทนจากพืชที่ไม่มีการผสมของ Urea-formaldehyde resins หรือเป็น Ureaformaldehyde resins ที่ระดับ E0 ทั้งในเนื้อของวัสดุและวัสดุประสาน ซึ่งในข้อกำหนดนี้จะยกเว้น เฟอร์นิเจอร์ที่ซื้อมาทั้งชิ้น (เฟอร์นิเจอร์ที่ผู้รับเหมาสามารถเลือกวัสดุเพื่อมาประกอบขึ้นต้องเลือกไม้ และวัสดุทดแทนตามข้อกำหนด) และยกเว้นผลิตภัณฑ์เก่าหรือวัสดุใช้แล้วที่นำมาใช้ใหม่ในโครงการ

IE Credit 3: การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร (1 คะแนน) ออกแบบอาคารโดยจัดเตรียมระบบควบคุมแสงสว่างแยกตามพื้นที่ย่อยต่างๆ โดยอาจเตรียมเป็นแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป และแสงสว่างเฉพาะที่ เมื่อพิจารณาวงจรควบคุมต่อพื้นที่ภายในอาคาร ควรมีวงจรควบคุมไม่เกิน 250 ตารางเมตร ต่อ 1 วงจร หรือใช้ระบบควบคุมแสงสว่างตามความต้องการ (Task and ambient) สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำ

IE Credit 4: การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร (4 คะแนน) ใช้การจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor, DF) ในสภาพฟ้าหลัว (Overcast sky) มากกว่า 2% เทียบกับพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำทั้งหมด (วัดที่แนวราบ ความสูง 75 ซม. จากพื้น) โดยคะแนนจะคำนวณจากค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุดในห้องที่มากกว่า 2 % (เมื่อค่าต่ำสุดในห้องมากกว่า 2% ให้ถือว่าพื้นที่ของห้องทั้งห้องได้แสงธรรมชาติ) ซึ่งสามารถเทียบคะแนนได้ตามตารางที่ 2.16

IE Credit 5: สภาวะน่าสบาย (3 คะแนน) ออกแบบอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นไปตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. (วสท.-3003) หรือมาตรฐาน ASHRAE 55-2004 Section 5.3 สามารถเทียบคะแนนได้ตามตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.16 การเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ใช้งานประจำที่ได้แสงธรรมชาติและคะแนนที่ได้ [13]

พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2%	คะแนน
45-55%	1
56-65%	2
66-75%	3
76-100%	4

ตารางที่ 2.17 การเปรียบเทียบพื้นที่ภาวะน่าสบายและคะแนนที่ได้ [13]

สัดส่วนพื้นที่ใช้งานประจำที่ผ่านภาวะน่าสบาย	คะแนน
มากกว่าร้อยละ 80	1
มากกว่าร้อยละ 90	2
ร้อยละ 100	3

2.4.7 หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental protection, EP)

EP Prerequisite 1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง (ข้อบังคับ) มีแผนดำเนินการป้องกันมลพิษและสิ่งรบกวนจากการก่อสร้าง เพื่อป้องการการกัดกร่อนของดินจากการชะล้าง การระบายน้ำฝนไหลล้น (Stormwater runoff) ของโครงการ หรือกระแสลม รวมถึงการป้องกันการสูญเสียดินชั้นบน โดยการเก็บพักหน้าดินเพื่อนำมาใช้ใหม่, ป้องกันการตกตะกอนของดินลงในทางระบายน้ำและแหล่งน้ำใกล้เคียง และป้องกันมลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง เขม่า ควัน เป็นต้น

EP Prerequisite 2 การบริหารจัดการขยะ (ข้อบังคับ) ออกแบบอาคารหรือโครงการให้มีพื้นที่หรือห้องคัดแยกขยะและเก็บเศษวัสดุ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยพื้นที่ดังกล่าวต้องมีความมิดชิดและเข้าถึงได้ง่าย มีจุดทิ้งขยะที่ระบุไว้อย่างชัดเจนในแต่ละชั้นของอาคาร หรือส่วนของอาคาร โดยจุดทิ้งขยะดังกล่าวต้องมีถังคัดแยกขยะ ได้แก่ ขยะเปียก ขยะอันตราย และขยะแห้งที่มีการแยกเป็นประเภท เช่น กระดาษ โลหะ แก้ว และพลาสติก เป็นอย่างน้อย

EP Credit 1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง (1 คะแนน) ไม่ใช้สารฮาลอน (Halon) หรือ ซีเอฟซี (CFC) หรือ เอชซีเอฟซี (HCFC) ในระบบดับเพลิง

EP Credit 2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน (1 คะแนน) ไม่วางคอมเพรสเซอร์และเครื่องระบายความร้อนชนิดต่างๆ ติดกับที่ดินข้างเคียงน้อยกว่าระยะ 4 เมตร ในกรณีเป็นอาคารสูงหรือใหญ่พิเศษต้องเว้นระยะหอระบายความร้อนหรือเครื่องระบายความร้อน (คอมเพรสเซอร์) ห่างจากขอบที่ดินไม่น้อยกว่า 8 เมตร

EP Credit 3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร (1 คะแนน) กระจกที่ใช้ภายนอกอาคาร (เปลือกอาคาร) ทุกชนิด ต้องมีการระบุค่าประสิทธิภาพของกระจกอันได้แก่ ค่าสะท้อนแสง (Visible light reflectance; Rvis) โดยต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 15 เมื่อวัดในมุมตั้งฉาก โดยค่าสะท้อนแสงดังกล่าวต้องได้รับการตรวจสอบจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

EP Credit 4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (1 คะแนน) ออกแบบและก่อสร้าง รวมทั้งจัดทำแผนการบำรุงรักษาหอระบายความร้อน ตามประกาศของกรมอนามัย เรื่องข้อปฏิบัติการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลา (Legionella) ในหอระบายความร้อนของอาคารในประเทศไทย (เฉพาะระบบปรับอากาศที่มีการติดตั้งหอระบายความร้อน)

EP Credit 5 ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย (1 คะแนน) ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าเพื่อใช้วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียแยกต่างหากจากระบบอื่นๆ ของอาคาร หรือติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่า บีโอดี5 และ ทีเอสเอส น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.8 หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green innovation, GI)

ดำเนินการตามหัวข้อคะแนนพิเศษที่ได้ระบุไว้หัวข้อคะแนนต่างๆ ซึ่งเกินกว่าประสิทธิภาพที่ระบุไว้หนึ่งระดับ หรือนำเสนอหัวข้อคะแนนใหม่ที่เป็นประเด็นทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ระบุไว้ในเกณฑ์ TREES-NC

2.5 การเปรียบเทียบมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4

มาตรฐานอาคารเขียว 3 มาตรฐาน มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับการก่อสร้างและการใช้งานอาคาร โดยในแต่ละมาตรฐานจะมีข้อกำหนด ที่มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือ เป็นอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้พลังงาน การใช้น้ำ และเลือกใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ซึ่งมาตรฐาน LEED v.4 เป็นการพัฒนามาจาก LEED 2009 เพื่อปรับปรุงมาตรฐานให้มีความทันสมัย และมีการแบ่งหมวดการประเมินที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนมาตรฐาน TREES-NC เป็นการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะกับการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย ซึ่งอาคารในประเทศไทยมีการประเมินทั้งมาตรฐาน TREES-NC และ LEED 2009 ส่วน LEED v.4 จะเป็นการประเมินภายหลังจากเดือนตุลาคม ค.ศ. 2016

การเปรียบเทียบมาตรฐานอาคารเขียวทั้ง 3 มาตรฐาน จะแสดงถึงการเปรียบเทียบภาพรวม และการเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆ ของแต่ละมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

2.5.1 เปรียบเทียบภาพรวมของแต่ละมาตรฐาน

ภาพรวมในแต่ละมาตรฐาน จะแสดงถึงระดับการให้คะแนน, หมวดการประเมิน, จำนวนข้อบังคับ และอายุการรับรอง ของแต่ละมาตรฐาน ซึ่งในแต่ละมาตรฐานจะมีภาพรวมที่คล้ายกันหรือแตกต่างกันออกไปตามข้อกำหนด โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ ระดับคะแนน, จำนวนหมวดการประเมิน, จำนวนข้อบังคับ และอายุการรับรอง ดังนี้

1) ระดับการให้คะแนน

มาตรฐาน TREES-NC แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

Certified 30-37 คะแนน

Silver 38-45 คะแนน

Gold 46-60 คะแนน

และ Platinum 61-80 คะแนน

มาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 แบ่งออกเป็น 4 ระดับเช่นเดียวกับมาตรฐาน TREES-NC แต่คะแนนในแต่ละระดับจะแตกต่างดังนี้

Certified 40-49 คะแนน

Silver 50-59 คะแนน

Gold 60-79 คะแนน

และ Platinum 80 คะแนนขึ้นไป

2) จำนวนหมวดการประเมิน

มาตรฐาน TREES-NC จะแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 8 หมวด, มาตรฐาน LEED 2009 จะแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 7 หมวด และมาตรฐาน LEED v.4 จะแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 9 หมวด

โดยมาตรฐาน LEED v.4 ได้แยกหมวดการประเมิน หมวดที่ 1 Sustainable sites ของมาตรฐาน LEED 2009 เพิ่มออกไปเป็น หมวดที่ 2 Location and transportation หมวดที่ 3 Sustainable sites และเพิ่มหมวดการประเมิน หมวดที่ 1 Integrative process มาอีก 1 หมวดการประเมิน โดยกล่าวถึงการประชุมหารือร่วมกัน ระหว่างเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบอาคาร และผู้รับเหมาก่อสร้างอาคาร เพื่อให้การดำเนินการในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน และไปในแนวทางเดียวกัน โดยจะคล้ายกับข้อกำหนด BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียวของมาตรฐาน TREES-NC ซึ่งใน LEED 2009 ไม่มีการกล่าวถึงข้อกำหนดนี้ไว้ในมาตรฐาน

3) จำนวนข้อบังคับ

มาตรฐาน TREES-NC จะมีข้อบังคับในการประเมินทั้งหมด 9 ข้อบังคับ มาตรฐาน LEED 2009 จะมีข้อบังคับทั้งหมด 8 ข้อบังคับ และ LEED v.4 จะมีข้อบังคับ 12 ข้อบังคับ

โดยทั้ง 3 มาตรฐานจะไม่สามารถประเมินร่วมกันได้ทั้งหมด เช่น ข้อกำหนด IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร ในมาตรฐาน TREES-NC จะไม่มีการกล่าวถึงในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 โดยใน LEED 2009 และ LEED v.4 จะกล่าวในเรื่องการใช้แสงสว่างจากอาคารในเวลากลางคืน ซึ่งในมาตรฐาน TREES-NC ก็ไม่มีการกล่าวถึงในข้อกำหนดนี้เช่นเดียวกัน

4) อายุการรับรอง

มาตรฐาน TREES-NC จะไม่มีอายุการรับรอง โดยการรับรองฉลากที่ได้จะเป็นอายุการรับรองตลอดอายุอาคาร ส่วนใน LEED 2009 จะมีอายุการรับรอง 5 ปี ซึ่งในมาตรฐาน TREES-NC

และ LEED 2009 จะมีข้อกำหนดในเรื่องการตรวจสอบพิสูจน์ยืนยันผลการใช้พลังงานอาคาร หลังจากการใช้งานอาคารไปแล้ว 1 ปี แต่ไม่ได้กำหนดไว้เป็นข้อบังคับ

ส่วนในมาตรฐาน LEED v.4 จะมีอายุการรับรอง 5 ปี เช่นเดียวกับ LEED 2009 แต่ในระยะเวลาที่ได้รับการรับรอง LEED v.4 ตลอด 5 ปีนั้น จะต้องส่งผลการใช้พลังงาน การใช้น้ำ ภายในอาคารให้กับสถาบัน USGBC อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 5 ปี

2.5.2 การเปรียบเทียบหมวดการประเมินโดยแยกในแต่ละหมวด

การเปรียบเทียบหมวดการประเมิน จะนำหมวดการประเมินของแต่ละมาตรฐาน มาเรียบเรียงในกลุ่มของ การบริหารจัดการอาคาร, การเลือกสถานที่ตั้งและการขนส่ง, การจัดการพื้นที่ภายในโครงการ, การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ, พลังงานและบรรยากาศ, การเลือกใช้วัสดุและการบริหารจัดการขยะในการก่อสร้าง และการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งในแต่ละมาตรฐานจะมีความคล้ายกันและแตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

1) การบริหารจัดการอาคาร

เป็นการกล่าวถึงการเตรียมความพร้อม ตั้งแต่กระบวนวางแผนก่อสร้าง ไปจนถึงเมื่ออาคารก่อสร้างแล้วเสร็จ เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและการใช้งานอาคารหลังเปิดใช้งานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งทั้ง 3 มาตรฐาน จะกล่าวถึงการบริหารจัดการดังต่อไปนี้

- มาตรฐานอาคารเขียวทั้ง 3 มาตรฐานจะต้องมีการทดสอบระบบที่ติดตั้งภายในอาคารก่อนอาคารเปิดใช้งาน โดยมีการจัดฝึกอบรมและการจัดทำคู่มือการใช้งานในระบบต่างๆ ที่ติดตั้งภายในอาคาร

- มาตรฐาน LEED v.4 และ TREES-NC กำหนดให้มีการจัดประชุมกันระหว่างเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบอาคาร ผู้รับเหมาก่อสร้าง และผู้รับผิดชอบในโครงการ ถึงแนวทางในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยมาตรฐาน TREES-NC กำหนดให้การประชุมนี้เป็นข้อบังคับในการประเมิน และให้มีคะแนนให้สำหรับการติดตามการทำงานให้เป็นไปตามข้อตกลงของการประชุมในแนวทางการก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐาน ส่วน LEED v.4 ให้เป็นข้อสำหรับทำคะแนนเท่านั้น

- TREES-NC มีข้อกำหนดการประชาสัมพันธ์อาคาร ด้วยการติดป้ายประชาสัมพันธ์ด้านหน้าโครงการ การแจกแผ่นพับใบปลิว และการจัดการสัมนาแนะนำอาคารที่เข้าร่วมการประเมินมาตรฐาน ส่วน LEED ทั้ง 2 เวอร์ชั่น ไม่มีข้อกำหนดในการประชาสัมพันธ์

2) การเลือกสถานที่ตั้งและการขนส่ง

การเลือกสถานที่ตั้งและการขนส่ง เป็นกระบวนการวางแผนเพื่อป้องกันการบุกรุกระบบนิเวศ และป้องกันมลภาวะที่เกิดจากโครงการ ทั้งระหว่างก่อสร้างไปจนถึงเมื่ออาคารเปิดใช้งานแล้ว โดยภาพรวมๆ ของแต่ละมาตรฐานได้ระบุไว้ดังต่อไปนี้

- การเลือกพื้นที่โครงการที่อยู่ในเขตเมือง ไม่รบกวนระบบนิเวศทางธรรมชาติ โดยพื้นที่โครงการจะต้องอยู่ใกล้แหล่งสาธารณูปโภค ระบบขนส่งทางถนน ทางน้ำ และระบบขนส่งแบบราง โดยมาตรฐาน TREES-NC กำหนดให้พื้นที่โครงการจะต้องอยู่ใกล้แหล่งสาธารณูปโภค ระบบขนส่ง

ทางถนน ทางน้ำ และระบบขนส่งแบบราง ภายในรัศมี 500 เมตร ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 กำหนดให้อยู่ใกล้แหล่งสาธารณูปโภคและระบบขนส่งทางน้ำ และระบบขนส่งแบบราง ภายในรัศมี 800 เมตร แต่อยู่ใกล้ระบบขนส่งทางถนน ภายในรัศมี 400 เมตร

- ทั้ง 3 มาตรฐานมีข้อกำหนดในเรื่องการจัดระบบขนส่งภายในโครงการโดยจัดพื้นที่สำหรับจอดจักรยาน มีห้องอาบน้ำหรือห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าสำหรับผู้ใช้จักรยาน, จัดพื้นที่จอดรถไว้สำหรับรถ ECO car และจัดรถรับส่งผู้ใช้อาคารไปยังสถานีขนส่ง

- สำหรับ LEED 2009 และ LEED v.4 ให้มีสถานีบริการเชื้อเพลิงสำหรับรถ ECO car หรือรถไฟฟ้า และจะต้องกำหนดขนาดพื้นที่จอดรถในโครงการให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดย LEED 2009 ให้คำนวณตามจำนวนผู้ใช้อาคาร และ LEED v.4 ให้คำนวณตามมาตรฐานพื้นที่จอดรถ

- มีคะแนนให้กับโครงการที่เลือกพื้นที่เสื่อมโทรม พื้นที่ทิ้งขยะ และพื้นที่รกร้างมาใช้เป็นพื้นที่โครงการ ซึ่งเป็นข้อกำหนดใน LEED 2009 และ LEED v.4

3) การจัดการพื้นที่ภายในโครงการ

การจัดการพื้นที่ภายในโครงการ เป็นการกำหนดเขตพื้นที่ภายในโครงการให้เป็นสัดส่วน มีการแบ่งพื้นที่สำหรับพักผ่อน หรือพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมทางสังคม ซึ่งหากมองในด้านการก่อสร้างก็จะเริ่มมีการจัดการเกี่ยวกับผลกระทบทางมลภาวะทั้งหมดที่จะเกิดจากระหว่างการก่อสร้างและหลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้ว โดยข้อกำหนดในการจัดการพื้นที่ภายในโครงการของทั้ง 3 มาตรฐานมีดังนี้

- ข้อกำหนดใน TREE-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 กำหนดให้มีการป้องกันมลภาวะที่เกิดจากการก่อสร้างอาคาร เช่น ฝุ่นละออง เศษวัสดุที่อาจตกหล่นระหว่างก่อสร้าง การชะล้างน้ำในโครงการออกไปสู่ภายนอก เป็นต้น

- มีการกำหนดเขตพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ที่เป็นพื้นที่ที่ผู้ใช้อาคารสามารถใช้ทำกิจกรรมทางสังคม การออกกำลังหรือการพักผ่อน และพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศจะต้องมีพื้นที่สีเขียว, พื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศที่เป็นพื้นที่ดาดแข็ง จะต้องมีการใช้วัสดุปูพื้นที่ดาดแข็งที่มีคุณสมบัติการซึมน้ำที่ดี เพื่อลดการชะล้างหน้าดินภายในโครงการออกไปสู่ภายนอก และวัสดุปูพื้นที่ดาดแข็งและวัสดุหลังคาจะต้องมีค่าสะท้อนรังสีอาทิตย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

- สำหรับมาตรฐาน TREES-NC จะมีคะแนนสำหรับอาคารที่ทำผนังและหลังคาที่ปกคลุมด้วยพืช ,การมีไม้ยืนต้นภายในโครงการ 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร และการวางตำแหน่งไม้ยืนต้นให้มีการบังเงาอาคาร ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะให้คะแนนในโครงการที่มีการปลูกพืชทดแทนโดยคำนวณพื้นที่ที่จะต้องปลูกพืชจากพื้นที่โครงการ หรือมีการจ่ายเงินให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อซื้อเครดิตด้านสิ่งแวดล้อม

- มาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 ห้ามใช้แสงสว่างในอาคารในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 23.00 - 05.00 น. หรือหากจำเป็นต้องใช้แสงในเวลาดังกล่าว จะต้องลดปริมาณแสงภายในอาคารลง คิดเป็นร้อยละ 50 ของการใช้แสงทั้งหมดภายในอาคาร ส่วนมาตรฐาน TREE-NC ไม่มีข้อกำหนดในการใช้แสงสว่างในตอนกลางคืน

- ในมาตรฐาน LEED v.4 ให้มีการสำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการโดยรอบ โดยการสำรวจระดับของพื้นที่ ลักษณะดิน ทางไหลของน้ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่เพิ่มเติมจาก LEED 2009 ส่วนในมาตรฐาน TREES-NC ไม่มีการกล่าวถึงการสำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการ

4) การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะแสดงถึงการลดปริมาณการใช้น้ำทั้งภายนอกและภายในโครงการ สนับสนุนให้มีการกักเก็บน้ำฝน หรือการใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ ดังนี้

- การใช้น้ำภายในอาคารจะมีกำหนดไว้ทั้ง 3 มาตรฐาน โดยจะต้องมีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง มาตรฐาน TREES-NC กำหนดให้ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงมาจากสุขภัณฑ์ที่ใช้กันทั่วไปในท้องตลาด ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะมีการกำหนดปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในแต่ละสุขภัณฑ์ไว้ในมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐาน LEED v.4 และ LEED 2009 กำหนดให้ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารเป็นข้อบังคับ ซึ่งจะต้องใช้น้ำน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง 20%

- การใช้น้ำภายนอกอาคารในมาตรฐาน TREES-NC จะไม่แสดงปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารอย่างชัดเจน แต่จะบอกถึงการกักกับน้ำฝนที่ตกภายในโครงการ โดยจะต้องกักเก็บน้ำฝนที่ตกภายในโครงการได้อย่างน้อย 5% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกภายในโครงการตลอดทั้งปี ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะต้องคำนวณปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารจากพื้นที่เปิดโล่งทั้งหมดในโครงการ เช่น การใช้น้ำรดน้ำต้นไม้ หรือการใช้น้ำรดน้ำสนามหญ้า และจัดพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำฝนให้เพียงพอสำหรับการใช้น้ำภายนอกอาคาร โดย LEED v.4 กำหนดให้การใช้น้ำภายนอกอาคารเป็นข้อบังคับ โดยจะต้องลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารได้ 50% เมื่อเทียบกับการใช้น้ำอ้างอิงตามข้อกำหนดในมาตรฐาน

- การใช้น้ำภายในโครงการ (การใช้น้ำภายในอาคารและภายนอกอาคาร) จะต้องแสดงข้อมูลการใช้น้ำให้กับทางสถาบันที่ให้การรับรอง อย่างน้อยปีละ 1 ครั้งเป็นระยะเวลา 5 ปี ซึ่งเป็นข้อบังคับที่แสดงไว้ใน LEED v.4 ส่วนมาตรฐาน TREES-NC และ LEED 2009 เพียงแค่แสดงให้เห็นว่ามีการใช้น้ำน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในขั้นตอนการตรวจประเมินเท่านั้น

- มาตรฐาน LEED 2009 และ TREES-NC มีคะแนนให้สำหรับโครงการที่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโครงการ เช่น น้ำจากการล้างทำความสะอาด ส่วน LEED v.4 จะกล่าวถึงการติดตั้งหอระบายความร้อนในโครงการให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน

5) พลังงานและบรรยากาศ

การใช้พลังงานในอาคาร จะต้องมีวิธีการลดปริมาณการใช้พลังงานให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบเป็นคะแนนของในแต่ละมาตรฐาน ซึ่งจะกล่าวรวมไปถึงการเลือกชนิดสารทำความเย็นที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศและการใช้พลังงานทดแทนในอาคาร

- การใช้พลังงานในอาคารที่เข้าร่วมประเมินจะต้องมีค่าน้อยกว่าการใช้พลังงานในอาคารอ้างอิง โดยคิดเป็นมูลค่าทางพลังงาน ซึ่งจะต้องออกแบบตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 Appendix G เพื่อใช้เป็นค่าพลังงานอ้างอิงในการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน ในมาตรฐาน TREES-NC และ

LEED 2009 จะใช้ ASHRAE 90.1-2007 ส่วนในมาตรฐาน LEED v.4 จะใช้ ASHRAE 90.1-2010 และจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของอาคาร ซึ่งเป็นข้อบังคับใน LEED v.4

- การใช้พลังงานทดแทนในอาคาร สามารถนำค่าพลังงานทดแทนที่ผลิตได้ในโครงการมาคิดคะแนนในข้อกำหนด ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแต่ละมาตรฐานได้ โดยมาตรฐาน TREES-NC ให้มีการใช้พลังงานทดแทนคิดเป็น 1-1.5% ของมูลค่าการใช้พลังงานอาคาร โดยจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน, มาตรฐาน LEED 2009 มีการใช้พลังงานทดแทน 1-13% ของมูลค่าการใช้พลังงานอาคาร คิดเป็นคะแนนเต็ม 7 คะแนน และมาตรฐาน LEED v.4 มีการใช้พลังงานทดแทน 1-10% ของมูลค่าการใช้พลังงานอาคาร และลดคะแนนในเรื่องการใช้พลังงานทดแทนลงมาเหลือเพียง 3 คะแนน

- มาตรฐาน TREES-NC และ LEED 2009 กำหนดให้มีการตรวจสอบพิสูจน์ยืนยันผลการใช้พลังงานให้เป็นไปตามที่ออกแบบ โดยใช้เกณฑ์ IPMVP option B หรือ D โดยมีระยะเวลาในการตรวจสอบหลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้ว 1 ปี ส่วนใน LEED v.4 จะไม่มีข้อกำหนดในการตรวจสอบพิสูจน์ยืนยันผลการใช้พลังงาน แต่จะต้องส่งรายงานการใช้พลังงานในอาคาร ให้กับ USGBC อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 5 ปี

- มาตรฐาน TREES-NC จะให้คะแนนในเรื่องตำแหน่งติดตั้งเครื่องระบายความร้อนที่ห่างจากขอบโครงการตามที่กำหนด และการให้คะแนนในการเลือกวัสดุเปลือกอาคารหรือกระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงไม่เกิน 15% โดยใน LEED 2009 และ LEED v.4 จะไม่มีการให้คะแนนในข้อกำหนดเหล่านี้

6) การเลือกใช้วัสดุและการบริหารจัดการขยะในการก่อสร้าง

ส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างอาคารเก่า การรีไซเคิล หรือการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ภายในอาคารที่กำลังจะก่อสร้าง ซึ่งจะมีการกล่าวถึงการเลือกซื้อวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้รับฉลากแวดล้อม และเลือกซื้อวัสดุที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการ เพื่อลดมลภาวะทั้งในด้านการผลิต มลภาวะขยะจากโครงสร้าง ไปจนถึงการขนส่งวัสดุ

- ในมาตรฐาน TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 ต้องมีการบริหารจัดการขยะที่เกิดภายในโครงการ โดยการคัดแยกเพื่อนำมาใช้ใหม่ รีไซเคิล บริจาค หรือนำไปขาย ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 หากสามารถแสดงให้เห็นว่ามีขยะที่เกิดขึ้นในโครงการไม่เกิน 12.2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถนำมาคิดคะแนนได้

- LEED v.4 จะเพิ่มเติมในเรื่องการรายงานผลการบริหารจัดการดังที่แสดงไว้ในรายการขยะที่เกิดขึ้นภายในโครงการ ซึ่งกำหนดให้การรายงานผลนี้ ให้เป็นข้อบังคับด้วย

- ทั้ง 3 มาตรฐาน จะแสดงถึงการเก็บโครงสร้าง ผนัง และส่วนประกอบอาคาร มาใช้ในอาคารที่กำลังจะก่อสร้าง และมีการเลือกวัสดุประกอบอาคาร เช่น ซีเมนต์ ประตู หน้าต่าง หรือวัสดุที่ติดตั้งถาวร ที่ผ่านการรับรองฉลาก มาตรฐาน หรือกระบวนการผลิตที่ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

- การใช้วัสดุท้องถิ่นภายในรัศมีที่กำหนด มาตรฐาน LEED 2009 กำหนดการจัดซื้อวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารให้อยู่ในรัศมี 800 กิโลเมตร และมาตรฐาน TREES-NC จะกำหนดให้

อยู่ภายในรัศมี 500 กิโลเมตร ส่วนมาตรฐาน LEED v.4 จะไม่มีคะแนนในการใช้วัสดุท้องถิ่น แต่จะนำไปใช้ในการคิดมูลค่าของการใช้วัสดุในอาคาร โดยวัสดุที่นำมาใช้จะต้องอยู่ภายในรัศมี 160 กิโลเมตร

7) การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร

มีการส่งเสริมให้อาคารมีการใช้ระบบระบายอากาศ การป้องกันมลภาวะจากภายนอกอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคาร การเลือกใช้วัสดุภายในอาคารที่มีสารระเหยให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และคำนึงถึงภาวะสบายของผู้ใช้อาคารในกลุ่มการประเมินนี้ด้วย ซึ่งประกอบไปด้วยข้อกำหนดในมาตรฐานดังต่อไปนี้

- มีอากาศระบายในพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 โดยมาตรฐาน LEED 2009 และ TREES จะใช้มาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007 ส่วนมาตรฐาน LEED v.4 จะใช้ ASHRAE 62.1-2010 และการออกแบบอากาศระบายภายในอาคารให้สูงกว่าเกณฑ์กำหนด 30% จะสามารถทำคะแนนได้ในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4

- ในมาตรฐาน LEED v.4 กำหนดให้มีอุปกรณ์ตรวจวัดและมีระบบสัญญานเตือนปริมาณอากาศระบาย ในพื้นที่ปรับอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีการให้การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดนี้เป็นข้อบังคับ ส่วน LEED 2009 จะทำคะแนนได้สำหรับข้อกำหนดนี้

- ทั้ง 3 มาตรฐาน มีคะแนนให้สำหรับการเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยใช้วิธีการติดตั้งกรองอากาศในระบบปรับอากาศหรือระบายอากาศ การใช้ระบบประตูสองชั้นหรือตะแกรงดักฝุ่นก่อนเข้าอาคาร การเลือกใช้พรมที่ผ่านมาตรฐาน การทำให้ห้องที่เป็นพื้นที่สำหรับเก็บสารเคมีหรือห้องถ่ายเอกสารมีสภาพความดันเป็นลบ เป็นต้น

- ในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 กำหนดให้มีการไล่อากาศเก่าภายในอาคารออกก่อนการเปิดใช้อาคาร และมีการติดตั้งกรองอากาศภายในอาคารระหว่างก่อสร้าง ส่วนมาตรฐาน TREES-NC จะกล่าวถึงในเรื่องการวางตำแหน่งช่องนำอากาศเข้ามาภายในอาคารจะต้องห่างจากแหล่งมลภาวะ

- การออกแบบพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศให้อยู่ในภาวะสบาย ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 55 โดยมาตรฐาน LEED v.4 จะต้องผ่านมาตรฐาน ASHRAE 55-2010 ส่วนมาตรฐาน TREES-NC และ LEED 2009 จะต้องผ่านมาตรฐาน ASHRAE 55-2004 และการสำรวจภาวะสบายภายในอาคารจากกลุ่มผู้ใช้อาคาร สามารถนำมาทำคะแนนได้ใน LEED 2009

- การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร มาตรฐาน TREES-NC จะคิดเป็นพื้นที่มีตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% คิดเป็น 45%-100% ของพื้นที่ใช้งาน ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 จะคิดพื้นที่ที่มีแสงธรรมชาติในช่วง 108-500 lux คิดเป็น 75% ของพื้นที่ใช้งาน และLEED v.4 จะคิดแสงธรรมชาติในช่วง 300-3,000 lux คิดเป็น 75% และ 90% ของพื้นที่ใช้งาน มาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะกล่าวถึงการออกแบบพื้นที่ทำงานที่สามารถมองเห็นวิว ทิวทัศน์ภายนอกอาคารได้

- การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร มาตรฐาน TREES-NC กำหนดให้ 1 วงจรจะมีพื้นที่ไม่เกิน 250 ตารางเมตร และความส่องสว่างจากหลอดไฟภายในอาคารให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ ส่วน LEED 2009 และ LEED v.4 ให้มีการ เปิด ปิด หรือหรี่ไฟ ได้ตามความต้องการของผู้ใช้อาคาร

- การใช้วัสดุประเภท กาว สี วัสดุประสาน ยาแนว และวัสดุประเภทไม้ จะต้องมีส่วนผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีกำหนดไว้ ทั้ง 3 มาตรฐาน

- การจัดพื้นที่สูบบุหรี่ในโครงการ มาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะกำหนดให้เป็นข้อบังคับ ส่วนมาตรฐาน TREES-NC จะมีคะแนนสำหรับอาคารที่ทำในข้อกำหนดนี้ ซึ่งจะต้องมีการออกแบบพื้นที่สูบบุหรี่ให้มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลาและไม่นำอากาศจากห้องสูบบุหรี่กลับมาใช้ในอาคารอีก หรือกำหนดให้พื้นที่ภายในอาคารเป็นพื้นที่ปลอดบุหรี่

- LEED v.4 มีข้อกำหนดในเรื่องการควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคารให้มีเสียงดังไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 2.18 การจัดกลุ่มข้อกำหนดในมาตรฐาน TREEs-NC, LEED 2009 และ LEED v.4

มาตรฐานอาคารเขียว	**TREEs-NC 1.1**	**LEED 2009**	**LEED v.4**
ระดับฉลากรับรอง	Certified(30-37 point) Silver(38-45 point) Gold(46-60 point) Platinum(61-80 point)	Certified(40-49 point) Silver(50-59 point) Gold(60-79 point) Platinum(≥80 point)	Certified(40-49 point) Silver(50-59 point) Gold(60-79 point) Platinum(≥80 point)
หมวดการประเมิน	9	7	9
ข้อบังคับ	9	8	12
อายุการรับรอง	N/A	5	5
การบริหารจัดการอาคาร			
การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	BM1	X	x
การจัดทำคู่มือและการอบรมการใช้อาคาร	BM2	EA3	EA1
การติดตามผลการประเมิน	1 Year	1 Year	5 Years
การประชุมการออกแบบอาคาร	BM P1	X	IP
การเลือกสถานที่ตั้งและการขนส่ง			
การเลือกพื้นที่ก่อสร้างอาคาร	SL P1	SS1	LT1
การเลือกพื้นที่พัฒนาบนพื้นที่เสื่อมโทรม	x	SS3	LT2
การเลือกพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว	SL P2 , SL1	SS2	LT3
การเลือกพื้นที่ใกล้แหล่งสาธารณูปโภค	SL2	SS4.1	LT4
การเลือกพื้นที่ใกล้ขนส่งสาธารณะ	SL2	SS4.2	LT5
การจัดพื้นที่จอดรถให้ได้ตามมาตรฐาน	x	SS4.4	LT6
การส่งเสริมการใช้รถยนต์ประสิทธิภาพสูง	SL2	SS4.3	LT7
การจัดการพื้นที่ภายในโครงการ			
การลดมลภาวะที่เกิดจากการก่อสร้างอาคาร	EP P1	SS P1	SS P1
การสำรวจพื้นที่โครงการก่อนการก่อสร้าง	x	X	SS1
การปลูกพืชทดแทน	x	SS5.1	SS2
พื้นที่เปิดโล่ง และพื้นที่สีเขียว	SL3.1	SS5.2	SS3
การบริหารจัดการน้ำฝน	SL4	SS6.1, SS6.2	SS4
การลดผลกระทบจากเกาะความร้อน	SL5.1, SL5.2	SS7.1, SS7.2	SS5
การลดมลภาวะทางแสงในตอนกลางคืน	x	SS8	SS6
การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ			
การลดการใช้น้ำภายนอกอาคาร	x	WE1	WE P1, WE1
การลดการใช้น้ำภายในอาคาร	WC1	WE P1, WE3	WE P2, WE2

ตารางที่ 2.18 การจัดกลุ่มข้อกำหนดในมาตรฐาน TREEs-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 (ต่อ)

มาตรฐานอาคารเขียว	TREEs-NC 1.1	LEED 2009	LEED v.4
การติดตั้งมิเตอร์น้ำ	WC1	x	WE P3, WE3
การใช้หอระบายความร้อน	x	x	WE4
การจัดการน้ำเสีย	EP5	WE2	x
พลังงานและบรรยากาศ			
การทดสอบระบบพลังงานในอาคาร	EA P1	EA P1	EA P1
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	EA P2, EA1	EA P2, EA1	EA P2, EA2
การตรวจสอบพิสูจน์ยืนยันผล	EA3	EA5	x
การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้พลังงาน	x	X	EA P3, EA3
การจัดการสารทำความเย็น	EA4	EA P3, EA4	EA P4, EA6
การตรวจสอบความต้องการการใช้พลังงาน	x	x	EA4
มาตรฐานอาคารเขียว	**TREEs-NC 1.1**	**LEED 2009**	**LEED v.4**
การใช้พลังงานทดแทน	EA2	EA2	EA5
การซื้อขายพลังงานสะอาด	x	EA6	EA7
การเลือกใช้วัสดุ			
การคัดแยกและการจัดเก็บขยะ	EP P2	MR P1	MR P1
การจัดการขยะที่เกิดจากการก่อสร้าง	MR2, MR3 x	MR2	MR P2, MR5
การใช้โครงสร้างอาคารเดิม	MR1	MR1.1, MR1.2, MR3	MR1
การใช้วัสดุที่ผ่านการรับรอง	MR4, MR6.1, MR6.2	MR4, MR6, MR7	MR2, MR3, MR4
การใช้วัสดุท้องถิ่น	MR5	MR5	MR2, MR3, MR4
การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร			
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	IE P1	IEQ P1, IEQ1	EQ P1
พื้นที่สูบบุหรี่	IE1.4	IEQ P2	EQ P2
การเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร	IE1.1, IE1.2, IE1.3, IE1.5	IEQ2, IEQ5	EQ1
การใช้วัสดุที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	IE2.1, IE2.2, IE2.3, IE2.4	IEQ4.1, IEQ4.2, IEQ4.3, IEQ4.4	EQ2
การควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารระหว่างก่อสร้างและก่อนเปิดใช้อาคาร	x	IEQ3.1, IEQ3.2	EQ3, EQ4
ภาวะสบาย	IE5	IEQ7.1	EQ5
การควบคุมภาวะสบายส่วนบุคคล	x	IEQ6.2	x
การติดตามผลการออกแบบภาวะสบาย	x	IEQ7.2	x
การควบคุมแสงสว่างจากหลอดไฟ	IE P2, IE3	IEQ6.1	EQ6
การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	IE4	IEQ8.1	EQ7
การมองเห็นวิวทิวทัศน์	x	IEQ8.2	EQ8
การควบคุมแหล่งกำเนิดเสียง	x	x	EQ9

จากการเปรียบเทียบมาตรฐานที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่ามาตรฐานอาคารเขียวทั้ง 3 มาตรฐาน ส่วนใหญ่จะมีข้อกำหนดที่มีความคล้ายคลึงกัน แต่จะมีความจำเพาะเจาะจงของในแต่ละมาตรฐานนั้นๆ ที่มีความแตกต่างกันออกไป เช่น เกณฑ์ข้อบังคับ IEP2 ความส่องสว่างผ่านเกณฑ์กำหนด ในมาตรฐาน TREES-NC ซึ่งจะไม่สามารถประเมินหรือทำคะแนนได้ในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 หรือ ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารของมาตรฐาน LEED v.4 จะกำหนดให้เป็นข้อบังคับ ที่จะต้องใช้น้ำน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง ซึ่งในข้อกำหนดนี้ มาตรฐาน LEED v.4 จำเป็นต้องประเมินให้ผ่าน ส่วนในมาตรฐาน LEED 2009 และ TREES-NC ไม่จำเป็นต้องประเมินก็ได้

ดังนั้นการประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวของแต่ละมาตรฐาน เมื่อได้รับการรับรองหรือผ่านการประเมินมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งแล้ว จะไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบหรือประเมินในมาตรฐานอื่นๆ ได้ในแง่ของระดับฉลาก แต่จะเปรียบเทียบกันได้ในส่วนของข้อกำหนดที่สามารถทำร่วมกันได้เท่านั้น เช่น การลดปริมาณการใช้น้ำ ,การลดปริมาณการใช้พลังงาน เป็นต้น ซึ่งการจัดกลุ่มและแสดงหมวดการประเมินของมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และมาตรฐาน LEED v.4 แสดงดังตารางที่ 2.18

2.6 โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus [31]

การใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์มีการใช้งานอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ. 1960) ในสหรัฐอเมริกาได้ให้การสนับสนุนการพัฒนาการใช้โปรแกรมในการจำลองการใช้พลังงาน ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้ คือ โปรแกรม DOE-2 และ BLAST โดยในส่วนของโปรแกรม DOE-2 ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1960 โดยกระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา (US Department of Energy, DOE) และในส่วนของโปรแกรม BLAST ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1970 โดยกระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US Department of Defense, DOD) และโปรแกรมทั้งสองได้มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนามาอย่างต่อเนื่องมามากกว่า 20 ปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 (ค.ศ. 1996) รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้มีการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารขึ้นมาใหม่ ใช้ชื่อโปรแกรมว่า “EnergyPlus” ซึ่งเกิดจากความร่วมมือกันของกลุ่มองค์กร เช่น US Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL), University of Illinois (UI), Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Oklahoma State University (OSU), GARD Analytics และกระทรวงพลังงานของประเทศสหรัฐอเมริกา การพัฒนาโปรแกรม EnergyPlus จะเลือกจุดเด่นของโปรแกรม DOE-2 และ BLAST มาประยุกต์รวมกัน เช่น ในส่วนของโปรแกรม DOE-2 จะคิดคำนวณความร้อนเข้าสู่อาคาร (Heat gain) และภาระการปรับอากาศ (Cooling loads) โดยใช้วิธีฟังก์ชันการถ่ายโอนความร้อน (Transfer function method) ซึ่งรวดเร็วและแม่นยำพอสมควร แต่โปรแกรม BLAST จะคิดคำนวณจากสมดุลความร้อน (Heat balance) ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งช้ากว่าแต่ก็แม่นยำกว่า โปรแกรม EnergyPlus จะเปิดโอกาสให้ผู้ใช้เลือกว่าจะทำการคำนวณด้วยวิธีใด ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองมาตรฐาน (Base case) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และตัวโปรแกรมยังสามารถพัฒนารูปแบบการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ได้

โปรแกรม EnergyPlus ในการออกแบบเมื่อเริ่มต้นได้เลือกใช้ภาษาซี (C/C++) และภาษาฟอร์แทรน 90 ซึ่งต่อมาได้มีการพิจารณาและเห็นว่าภาษาซีไม่เหมาะสมกับโครงสร้างของโปรแกรม จึงได้ตัดสินใจเลือกฟอร์แทรน 90 ในการออกแบบโปรแกรม เพราะ (1) มีความทันสมัย สามารถเขียนในลักษณะที่เป็นโมดูลาร์ (Modular) คือ เป็นโปรแกรมย่อยหลายโปรแกรมที่เป็นอิสระต่อกันได้, (2) สามารถใช้ร่วมกับภาษาซีและภาษาอื่นๆ ได้, (3) เริ่มมีลักษณะเป็นภาษาเชิงอิงวัตถุ (Object-base) เพิ่มเติมจากลักษณะภาษาเชิงโครงสร้างแบบเดิม, (4) สามารถตั้งชื่อตัวแปรได้มากถึง 32 ตัวอักษร และ (5) สามารถใช้โปรแกรมกับโครงสร้างภาษาเก่าได้ เป็นต้น ทำให้ตัวโปรแกรมไม่ต้องเชื่อมต่อหลายๆ ส่วนเข้าไว้ภายในโปรแกรมเดียว แต่จะประกอบขึ้นจากโปรแกรมย่อยอยู่ภายนอก

โปรแกรมหลักและจะถูกเรียกใช้เฉพาะโปรแกรมที่ต้องการใช้งานเท่านั้น จึงทำให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น และยังง่ายต่อการพัฒนาต่อไปในอนาคต

2.6.1 โครงสร้างของโปรแกรม EnergyPlus

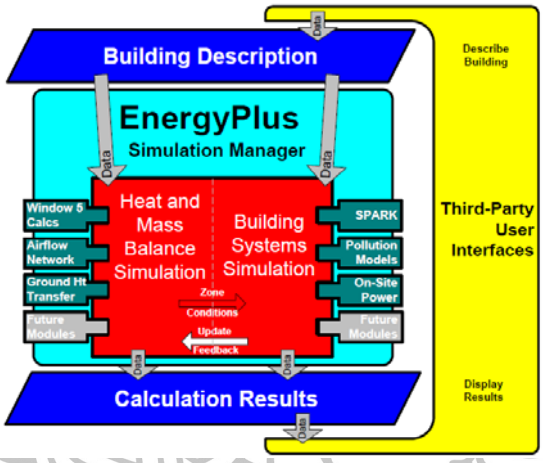
จากการประชุมร่วมกันของคณะทำงานจากกระทรวงพลังงานและกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานของอาคารตัวใหม่ ได้ผลสรุปว่า โปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นนั้น ควรจะมีความยืดหยุ่นแต่แม่นยำและเสถียรในการทำงาน และครอบคลุมไปถึงการวิเคราะห์ในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ ความปลอดภัย และความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคาร ในเมื่อต้องการโปรแกรมที่มีความแม่นยำสูง ตัวโปรแกรมจึงต้องมีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่ตรงกันข้ามกับความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม ที่ประชุมจึงได้ลงมติเห็นชอบว่าเพื่อให้โปรแกรม EnergyPlus เป็นโปรแกรมที่มีความง่ายต่อการใช้งาน มีความซับซ้อนน้อยลงกว่าโปรแกรมแบบเก่าและให้ความแม่นยำที่สูง จึงได้ออกแบบโปรแกรมให้สามารถคำนวณภาระการปรับอากาศโดยใช้วิธีการทำสมดุลความร้อนและให้ผู้ใช้สามารถกำหนดความถี่ของช่วงเวลา (Time-step) ในการคำนวณได้ เช่น คิดภาระการปรับอากาศทุกๆ ชั่วโมง ทุกๆ 15 นาที หรือทุก 1 นาที ฯลฯ และในส่วนของแบบจำลองการทำงานของระบบปรับอากาศก็สามารถกำหนดได้เช่นกัน ภาระการปรับอากาศส่วนเกินของช่วงเวลาปัจจุบันก็จะถูกยกยอดไปคิดในช่วงเวลาต่อๆ ไปตามการแบ่งความถี่ของช่วงเวลา การที่สามารถปรับความถี่ของช่วงเวลาได้ รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการถ่ายข้อมูลกลับไปมาระหว่างโปรแกรมส่วนที่คำนวณภาระการปรับอากาศ (Cooling load) และส่วนที่คำนวณระบบปรับอากาศ จึงเป็นผลทำให้ได้ค่าอุณหภูมิและความชื้นของแต่ละพื้นที่ในอาคารเข้าใกล้ค่าจริงมากที่สุด ซึ่งต่างจากโปรแกรม DOE-2 และ BLAST ที่มีการส่งข้อมูลจากโปรแกรมส่วนที่คำนวณภาระการปรับอากาศไปยังส่วนที่คำนวณระบบปรับอากาศเพียงทิศทางเดียวโดยไม่มีการป้อนกลับ ข้อดีอื่นๆ ของโปรแกรม EnergyPlus ได้แก่

- ระบบควบคุมมีความสมจริงมากขึ้น
- สามารถคำนวณความชื้นทั้งส่วนที่คายและดูดซับของวัสดุในพื้นที่ปรับอากาศได้
- สามารถคำนวณการทำความร้อนและความเย็นแบบแผ่รังสีได้
- สามารถคำนวณการไหลของอากาศที่ผ่านไปมาระหว่างแต่ละพื้นที่ภายในอาคารได้

2.6.2 ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม EnergyPlus

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่า ในส่วนของข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร (Building description) เป็นส่วนของข้อมูลโครงสร้างอาคาร (เช่น ขนาด ทิศทางที่ตั้ง ชนิดของวัสดุ ช่วงเวลาการใช้งาน ฯลฯ) และสภาพภูมิอากาศ (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ฯลฯ) ในแต่ละชั่วโมงของวันตลอดทั้งปี และข้อมูลในส่วนนี้จะถูกส่งไปยังส่วนของการคำนวณภาระการปรับอากาศ (Heat and mass balance simulation) เพื่อคำนวณและแสดงผลในรูปของความร้อนที่ส่งผ่านสู่อาคาร (Heat gain) กับการคำนวณภาระการปรับอากาศ (Cooling load) โดยสมมติให้พื้นที่ปรับอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นคงที่ ซึ่งโปรแกรมส่วนนี้ยังสามารถเรียกใช้โปรแกรมย่อยต่างๆ ได้ เช่น

WINDOW5, COMIS ฯลฯ ตามที่ผู้ใช้กำหนดมา ส่วนของแบบจำลองการทำงานของระบบปรับอากาศ (Building systems simulation) เป็นการเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบ ได้อย่างอิสระ จากนั้นส่วนควบคุมหลัก (Simulation manager) จะเป็นตัวเชื่อมข้อมูล 2 ส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อหาค่าอุณหภูมิและความชื้นของพื้นที่ปรับอากาศขึ้นมาใหม่หลังจากที่คำนึงถึงผลกระทบจากการทำงานของระบบปรับอากาศแล้ว โดยคำนวณกลับไปกลับมาคล้ายวิธีการคำนวณแบบวนรอบ (Iteration) ผลที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงมากขึ้นกว่าค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ใช้ในภาระการปรับอากาศ เมื่อสิ้นสุดการคำนวณทั้งหมดของระบบจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการออกมา เช่น ปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของแต่ละพื้นที่และทั้งอาคาร สภาวะอากาศในแต่ละพื้นที่ของอาคาร เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ภาพรวมของโปรแกรม EnergyPlus [31]

2.6.3 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม EnergyPlus สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

- ส่วนควบคุมหลัก (Simulation manager) เป็นตัวเชื่อมการทำงานระหว่างส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศ ซึ่งอาศัยหลักการทำสมดุลความร้อนและสมดุลมวล กับส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศและยังใช้ควบคุมการติดต่อกับโปรแกรมย่อยอื่นๆ ข้อดีของโปรแกรม EnergyPlus ที่มีส่วนควบคุมหลักคือ ช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนของตัวโปรแกรม และรองรับโปรแกรมย่อยที่เขียนด้วยภาษาอื่นๆ หรือโปรแกรมย่อยที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ได้

- ส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศ (Heat and mass balance simulation) โปรแกรม EnergyPlus จะทำการสมมติค่าอุณหภูมิและความชื้น เพื่อใช้ในการคำนวณความร้อนเข้าสู่อาคารและภาระการปรับอากาศ โดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร และส่วนนี้ยังสามารถเรียกใช้โปรแกรมย่อยต่างๆ ตามความเหมาะสมตามที่ผู้ใช้กำหนด เช่น WINDOW 5 ใช้คำนวณเกี่ยวกับความร้อนที่ผ่านกระจก, COMIS ใช้คำนวณเกี่ยวกับการไหลเวียนของอากาศภายในอาคาร เป็นต้น ซึ่งการคำนวณความร้อนเข้าสู่อาคาร (Heat gain) แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

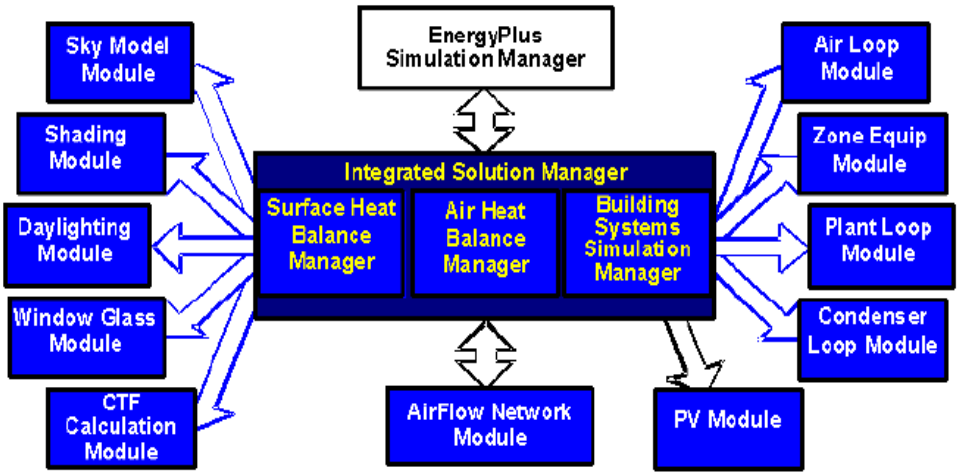
(1) ภาระความร้อนจากภายนอก (External heat gain) โปรแกรม EnergyPlus จะคำนวณทั้งในรูปของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่เข้ามาจากด้านนอกอาคาร ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดวิธีการคิดคำนวณของโปรแกรมได้ทั้ง แบบการถ่ายโอนความร้อนหรือแบบการคำนวณสมดุลความร้อนแบบตรงไปตรงมาก็ได้ โดยภาระความร้อนที่อาคารได้รับจากภายนอกนั้นจะมาจากหลายทาง เช่น การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างทั้งทางตรงและทางอ้อม ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังและหลังคา เป็นต้น

(2) ภาระความร้อนจากภายใน (Internal heat gain) โปรแกรม EnergyPlus จะคำนวณในรูปของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่มาจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร เช่น ภาระความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ, ภาระความร้อนจากหลอดไฟฟ้า และภาระความร้อนจากบุคคลที่ใช้งานภายในห้องนั้น เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมนี้ยังสามารถคำนวณความร้อนที่สะสมในแต่ละชั่วโมงการใช้งานเพื่อคิดเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นในชั่วโมงต่อๆ ไปได้

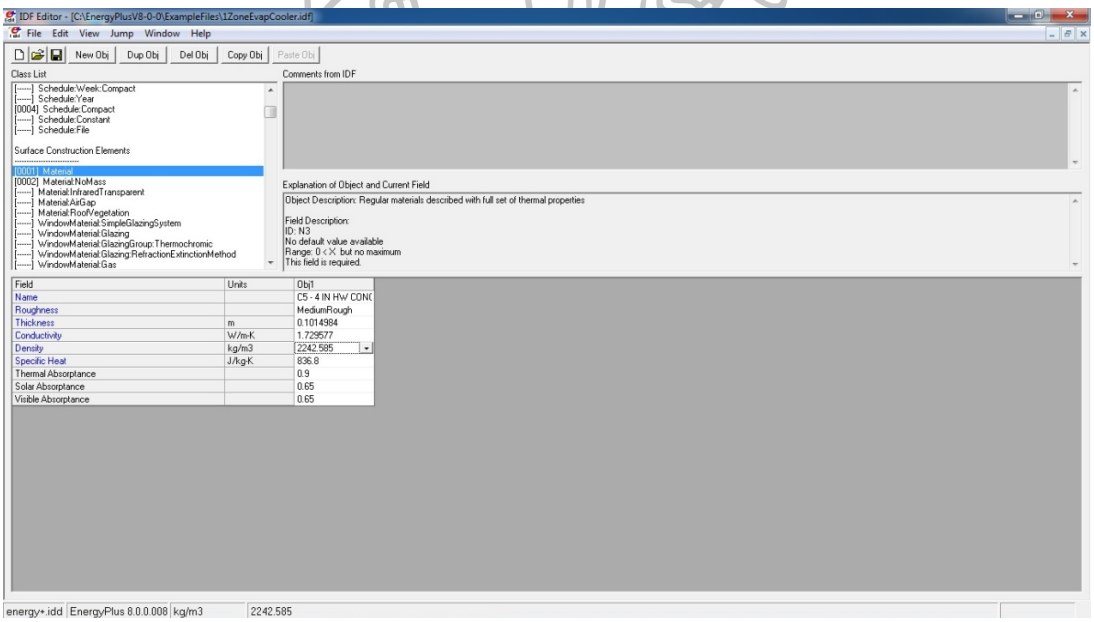
(3) ภาระความร้อนจากอากาศระบาย (Ventilation air) อากาศในส่วนนี้ถูกนำเข้ามาในระบบปรับอากาศเพื่อประโยชน์ในด้านความสบายและสุขภาพของผู้อาศัย ซึ่งภาระความร้อนโดยเฉพาะความร้อนแฝงที่อากาศระบายนำเข้ามา มักสูงกว่าภาระความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในห้องมาก จึงส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วย

(4) ภาระความร้อนจากอากาศรั่วไหล (Infiltration air) อากาศในส่วนนี้เป็นอากาศที่ไม่ต้องการให้เข้ามาในระบบปรับอากาศ แต่จะเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศทางรอยรั่วตามขอบหน้าต่าง ประตู กระจก ฝ้า ผนัง หรือหลังคา รวมทั้งการเปิดประตูเข้าออกและการเปิดหน้าต่าง ซึ่งต้องคำนวณผลจากความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่อากาศรั่วนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศด้วย จึงส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น

ในการคำนวณความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้โปรแกรม EnergyPlus ผู้ที่ใช้งานต้องใส่ข้อมูลเบื้องต้นต่างๆ ลงในโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ทิศทางและตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร, พิกัดและขนาดของห้องหรือพื้นที่ต่างๆ ในอาคาร, การแบ่งห้องต่างๆ ที่ใช้งานเหมือนกันให้เป็นกลุ่มพื้นที่หรือโซน, ข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำผนัง พื้น หน้าต่าง และหลังคา เป็นต้น เมื่อผู้ใช้งานโปรแกรมกรอกข้อมูลต่างๆ ตามรูปแบบที่โปรแกรม EnergyPlus ต้องการเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะสามารถคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดขึ้นได้ในพื้นที่ปรับอากาศ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดความละเอียดในการคิดคำนวณ เช่น คิดทุกชั่วโมง หรือทุก15 นาที เป็นต้น และข้อดีของโปรแกรมนี้ คือ ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยต่างๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณภาระการปรับอากาศตามความเหมาะสม เช่น ใช้โปรแกรม WINDOW 5 ในการคำนวณความร้อนผ่านกระจก ใช้โปรแกรม COMIS ในการคำนวณที่เกิดจากอากาศหมุนเวียน ฯลฯ



รูปที่ 2.6 การทำงานร่วมกันระหว่างส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศและระบบปรับอากาศ [31]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างของโปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน EnergyPlus version 8.0

ตารางที่ 2.19 เปรียบเทียบการคำนวณในด้านต่างๆ ของแต่ละโปรแกรม [31]

ภาระที่เกิดขึ้น	DOE-2	BLAST	IBLAST	Energy Plus
การคำนวณโดยใช้หลักการของสมดุลความร้อน	✗	✓	✓	✓
การคำนวณการพาความร้อนของผิวด้านใน				
- ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและการไหลเวียนของอากาศ	✗	✓	✓	✓
- คำนึงถึงการสะสมความร้อนในเนื้อมวลสาร	✓	✓	✓	✓
การคำนวณการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างผิววัสดุกับอากาศ	✗	✗	✓	✓
การคำนวณด้านความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคาร	✗	✓	✓	✓
การคำนวณบนสมมติฐานเรื่องความสว่างของท้องฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ (Anisotropic sky model)	✓	✗	✗	✓
การคำนวณระบบหน้าต่างแบบพิเศษ เช่น มู่ลี่แบบปรับได้ กระจกกรองแสงปรับความทึบด้วยกระแสไฟฟ้า ฯลฯ	✓	✗	✗	✓
การคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจกหน้าต่างหลากหลายประเภท				
- กระจกแบบธรรมดาและแบบพิเศษ เช่น กระจกกรองแสง กระจกสองชั้น ฯลฯ	✓	✗	✗	✓
- กระจกหลายชนิดที่ติดตั้งเรียงกันเป็นชั้นๆ ตามที่ผู้ใช้กำหนด	✗	✗	✗	✓
การคำนวณการใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ (Daylighting)	✓	✗	✗	✓
การคำนวณแบบวนรอบ (Iteration)	✗	✗	✓	✓
การกำหนดความถี่ของช่วงเวลาโดยผู้ใช้ (Time-Step)	✗	✗	✓	✓
แก้ไขตัวโปรแกรมได้โดยไม่ต้องตรวจสอบใหม่ (Recompile)	✓	✗	✗	✓
รูปแบบรายงาน				
- มาตรฐานตามแบบของโปรแกรม	✓	✓	✓	✓
- ผู้ใช้กำหนดเองได้	✓	✗	✗	✓

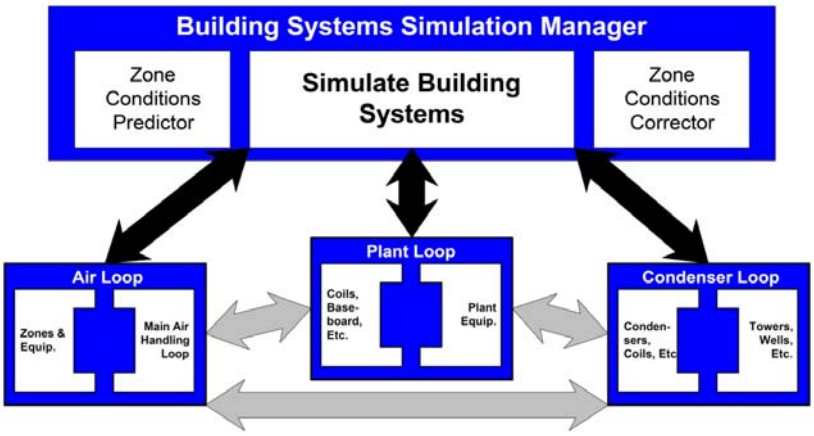
- ส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศ (Building systems simulation) เป็นส่วนของข้อมูลในระบบปรับอากาศของอาคาร โดยโปรแกรม EnergyPlus จะสามารถป้อนข้อมูลของระบบปรับอากาศได้อย่างอิสระ คือ สามารถกำหนดการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศตามแบบที่ใช้งานจริงในอาคารนั้นได้ ผู้ที่ใช้งานโปรแกรมสามารถกำหนดการต่อท่อ (Pipe) ต่างๆ กับจุดเชื่อม (Nodes) เข้ากับระบบปรับอากาศตามรูปแบบของเครื่องปรับอากาศนั้นได้โดยตรง ซึ่งจะ

ต่างจากโปรแกรม DOE-2 และ BLAST ที่มีการกำหนดรูปแบบของระบบปรับอากาศมาตรฐานมาให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้การคำนวณต่างๆ ที่เกิดขึ้นมีค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่าการใช้โปรแกรม DOE-2 และ BLAST โดยกระบวนการการส่งผ่านข้อมูลจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ซึ่งผลลัพธ์ที่จะได้จากส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศจะประกอบด้วยพฤติกรรมการทำงานของระบบปรับอากาศ สภาวะของอากาศในแต่ละพื้นที่ของอาคารในแต่ละช่วงเวลา ตลอดจนพลังงานที่ใช้

- สภาพภูมิอากาศ (Weather data) ส่วนนี้จะเป็นข้อมูลของสภาพอากาศตลอดทั้งปีของบริเวณที่สนใจศึกษา โดยส่วนประกอบของข้อมูล เช่น อุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิผิวดิน ปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ฯลฯ ซึ่งอาจเก็บค่าทุกๆ 15 นาที ทุกๆ ชั่วโมง ตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นต้น ถ้าข้อมูลมีความละเอียดมากเท่าใดโปรแกรม EnergyPlus ก็จะสามารถคำนวณภาระระบบปรับอากาศได้ละเอียดขึ้นด้วย

2.6.4. หลักการคำนวณของโปรแกรม EnergyPlus

โปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน EnergyPlus จะนำข้อมูลพื้นฐานที่ผู้ใช้ใส่ข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม จะคำนวณความร้อนเข้าสู่อาคารและภาระการปรับอากาศ โดยใช้วิธีฟังก์ชันการถ่ายโอนความร้อน (Transfer function method) ซึ่งมีการคำนวณความร้อนในส่วนของความร้อนที่ถูกสะสมในเนื้อมวลสารที่จะมาเป็นภาระการปรับอากาศในชั่วโมงถัดไป และมีการปรับแก้สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) และความสามารถในการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาตามจริง ทำให้การคิดความร้อนเข้าสู่อาคารและภาระการปรับอากาศ มีความแม่นยำและรวดเร็วพอสมควร เมื่อเทียบกับการคิดคำนวณแบบสมดุลความร้อนอย่างง่ายด้วยมือ



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบย่อยของส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศ [31]

2.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ [32]

ในการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์หรือของรัฐบาลนั้นจะให้ความสำคัญกับมูลค่าของผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับสังคมโดยรวม (Net social benefits) ภายใต้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่การวิเคราะห์โครงการเอกชนจะเน้นมูลค่าผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับผู้เป็นเจ้าของภายในโครงการ (Internal to the project itself) แต่ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์โครงการของรัฐบาลหรือเอกชนก็ตาม ผลการวิเคราะห์เป็นการพิจารณาว่า ผลประโยชน์มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าใช้จ่าย ซึ่งการที่ผู้วิเคราะห์โครงการจะเปรียบเทียบค่าของผลประโยชน์กับค่าใช้จ่ายเพื่อพิจารณาว่าโครงการใดเป็นโครงการที่ดีคุ้มค่าแก่การลงทุนหรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน โดยมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าดังนี้

ระยะคืนทุน (Payback Period)
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ (Net present value, NPV)
อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate of return, IRR)

2.7.1 ระยะคืนทุน (Payback Period)

เกณฑ์ระยะคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน (ผลกำไรที่ได้รับแต่ละปีรวมกัน โดยเป็นกำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน) เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ นั่นคือ ทำการพิจารณาจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน ดังนั้น หากดำเนินงานแล้วผลประโยชน์คุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนได้รวดเร็วก็จะดี เพราะความเสี่ยงน้อย และผู้ลงทุนสามารถนำเงินที่ถอนทุนได้ไปลงทุนเพื่อหาประโยชน์ในกิจการอื่นๆ ต่อไป

เกณฑ์การตัดสินในแบบระยะคืนทุนนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการธุรกิจหรือกรณีที่มีความเสี่ยงสูง อาทิ กรณีผู้ประกอบการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่โดยยังไม่ขอลิขสิทธิ์ การนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวออกสู่ตลาดอาจถูกคู่แข่งเลียนแบบ นอกจากนั้น อาจเผชิญกับความเสี่ยงซึ่งเกี่ยวกับสถานการณ์การเมืองในประเทศที่จะลงทุนหรือในอุตสาหกรรมซึ่งมีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นเร็วมาก ดังนั้น นักลงทุนต้องเลือกโครงการที่ให้ผลประโยชน์คืนเร็วในระยะเวลาอันสั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (2\text{-}2)$$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจ

(1) ยอมรับโครงการเมื่อระยะเวลาได้รับเงินคืนที่สั้นกว่าระยะเวลาคืนทุนที่โครงการยอมรับได้ สำหรับโครงการที่เป็นอิสระต่อกัน

(2) ปฏิเสธโครงการเมื่อระยะเวลาคืนทุนการมากกว่าระยะที่กิจการยอมรับได้

(3) ระยะเวลายิ่งสั้นความเสี่ยงจะน้อย และมีสภาพคล่องมากกว่าระยะยาว

(4) ระยะเวลายิ่งยาวจะไม่ดี เพราะความเสี่ยงของโครงการจะสูงตามระยะเวลา

ข้อดีของเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน

- เข้าใจและคำนวณง่าย
- มีการคำนึงถึงความเสี่ยงในตัว (มองว่าระยะเวลายิ่งยาวยิ่งเสี่ยง)

ข้อเสียของเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน

- เกณฑ์นี้ไม่พิจารณาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นหลังระยะคืนทุน โดยข้อสมมติของเกณฑ์นี้คือเลือกโครงการลงทุนที่มีระยะคืนทุนยิ่งเร็วยิ่งดี ลักษณะเช่นนี้จะนำไปสู่การเรียงลำดับการลงทุนที่ผิดพลาด เพราะบางโครงการใช้ระยะเวลาคืนทุนนานก็จริง แต่หลังระยะคืนทุนแล้วอาจให้ผลประโยชน์เข้ามามหาศาลก็เป็นได้ ขณะที่โครงการซึ่งมีระยะคืนทุนสั้นอาจให้ผลประโยชน์เข้ามาหลังระยะคืนทุนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
- ไม่วัดความสามารถในการสร้างกำไรของโครงการ แต่ชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น
- เกณฑ์นี้ไม่ให้ความสำคัญกับมูลค่าของเงิน ทั้งด้านค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่างเวลากัน นั่นคือให้ความสำคัญกับมูลค่าของเงินในอนาคตเท่ากับมูลค่าของเงินจำนวนเท่ากันในปัจจุบัน

2.7.2 มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ (Net present value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ หมายถึง ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิซึ่งได้มีการปรับค่าของเวลาแล้ว

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2\text{-}3)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2\text{-}4)$$

กรณีโครงการมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (Initial cost, C_0)

$$NPV = -C_0 \sum_{t=1}^{n} \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + ... + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \text{ หรือ } \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2\text{-}5)$$

เมื่อ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากโครงการ

B_t คือ ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t

C_t คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t

T คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n

N คือ อายุโครงการมีค่าตั้งแต่ (Project life)

R คือ อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน

ข้อดีของเกณฑ์ NPV

- มีการคิดเงินตามเวลา (Time value of money)
- มีการใช้ข้อมูลกระแสเงินสด (Net cast flow) โดยตรง

ข้อเสียของเกณฑ์ NPV

- ไม่คำนึงถึงอายุของโครงการ สนใจแต่เพียงกำไร ณ มูลค่าปัจจุบัน
- ยุ่งยากต่อการคำนวณและการทำความเข้าใจ (เมื่อเทียบกับระยะเวลาคืนทุน)

2.7.3 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate of return, IRR)

จากเกณฑ์ NPV จะเห็นได้ว่ามีข้อเสียประการหนึ่ง คือ NPV บอกเพียงว่าโครงการนี้จะสามารถทำกำไรให้แก่ผู้เป็นเจ้าของโครงการได้หรือไม่ ถ้าได้จะได้มากน้อยเพียงใด โดยกำหนดอัตราส่วนลด (r) ลงไปในสูตร NPV แต่ NPV ไม่สามารถบอกได้ว่าโครงการที่กำลังพิจารณาจะคืนทุนในอัตราเท่าใด เมื่อเป็นเช่นนี้ผู้ลงทุนโดยทั่วไปจึงหันมานิยมใช้เกณฑ์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

IRR หมายถึง อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย หรืออัตราความสามารถของเงินทุนที่ทำให้ผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่าย เมื่อคิดเป็นมูลค่า ปัจจุบันและอัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV = 0 ดังสมการที่ 2-6

$$\text{IRR คือ } r \text{ ที่ทำให้ } \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \qquad (2\text{-}6)$$

การพิจารณาตัดสินใจลงทุนกระทำโดยนำค่า IRR ไปเปรียบเทียบกับอัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุน ซึ่งอาจเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของสถาบันการเงิน อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจยอมรับได้ หรืออัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในระยะยาวตามที่กฎหมายกำหนด อาทิ อัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนมีดังนี้

ถ้า IRR > r คุ้มค่าแก่การลงทุนและยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR < r ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนและไม่ยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR = r ไม่มีผลกำไรและไม่ขาดทุนในการทำโครงการ

การคำนวณหาค่า IRR ให้ใช้วิธีลองผิดลองถูกควบคู่กันกับเข้าสูตรบัญญัติไตรยางศ์ประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยต้องดู NPV เป็นหลัก นั่นคือ เลือกอัตราส่วนลด (r) อัตราหนึ่งมาคำนวณ

- ถ้าอัตราส่วนลด (r_1) ที่เลือกมาทำให้ NPV ติดลบแสดงว่า r_1 ที่เลือกมามีค่าสูงเกินไป นั่นคือ ต้องจ่ายดอกเบี้ยสำหรับเงินลงทุนแพงมากไม่คุ้ม

- ถ้าอัตราส่วนลด (r_2) ที่เลือกมาทำให้ NPV เป็นบวกแสดงว่า r_2 ที่เลือกมามีค่าต่ำเกินไป นั่นคือ ต้องเสียดอกเบี้ยสำหรับเงินลงทุนไปแล้วในอัตรา r_2% ผลประโยชน์ยังคงมากกว่าค่าใช้จ่าย

ดังนั้น อัตราส่วนลด (r) ที่ทำให้ NPV เท่ากับศูนย์ได้นั้นน่าจะอยู่ระหว่าง r_1 และ r_2 โดยนำค่า r_1, r_2 และ NPV จาก r_1 และ r_2 มาเข้าสูตรประมาณค่าในช่วงดังนี้

$$IRR=R_{MIN}+\left(R_{MAX}-R_{MIN}\right)\frac{NPV_{R_{MIN}}}{NPV_{R_{MIN}}-NPV_{R_{MAX}}} \quad (2\text{-}7)$$

ข้อดีของเกณฑ์ IRR

- ใช้กระแสเงินสด (Cash Flow) คำนวณตลอดโครงการ
- มีการคำนึงถึงความสามารถในการทำกำไร (Profitability)

ข้อเสียของเกณฑ์ IRR

- ยุ่งยากในการคำนวณและเข้าใจยาก
- ไม่คำนึงถึงระยะเวลาและ อายุของโครงการ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว” มีการเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และมาตรฐานอาคารเขียวไทย (TREES-NC) โดยการทำตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐาน แล้วนำมาเปรียบเทียบจำนวนเงินลงทุนและผลประหยัด จากการทำอาคารให้เป็นอาคารเขียวและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาระดับความเป็นอาคารเขียวที่เหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดในการลงทุน โดยอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน มีวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดได้ดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

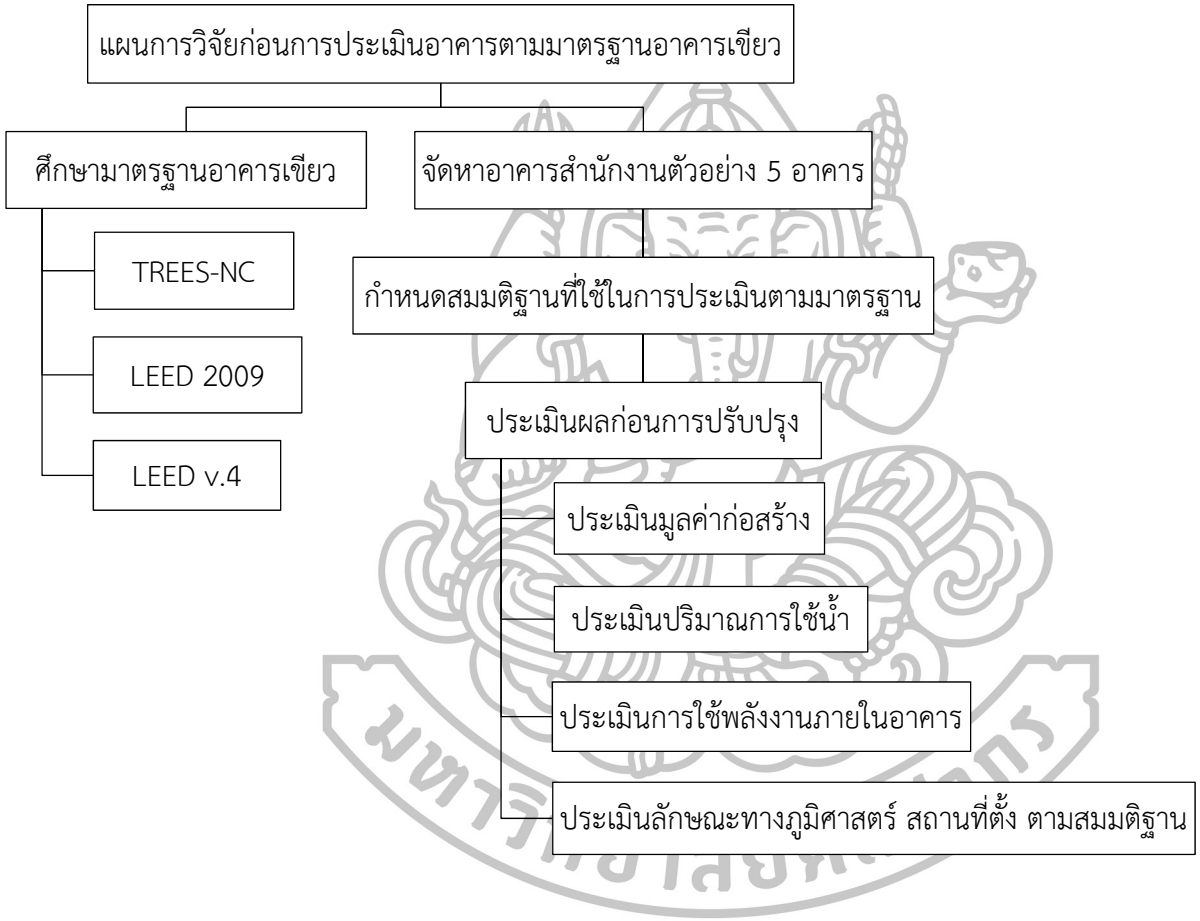
3.1 การวางแผนการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว” มีแผนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

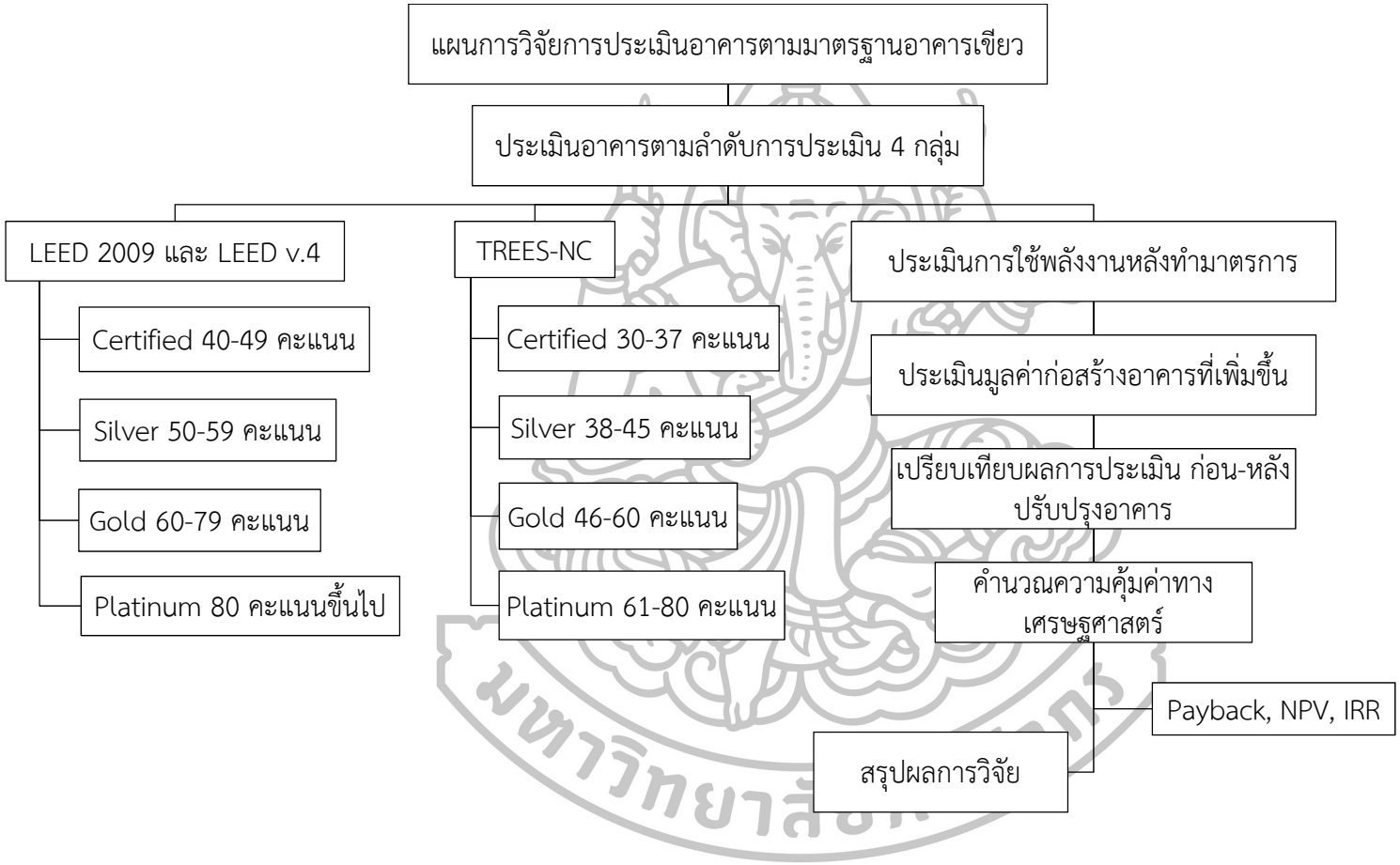
3.1.1 การวิเคราะห์อาคารก่อนการประเมิน

การวิเคราะห์ก่อนการประเมินอาคารเป็นการศึกษาถึงความสามารถของอาคารสำนักงานตัวอย่าง ที่จะเข้ารับการประเมินในแต่ละมาตรฐาน และวิเคราะห์ถึงมูลค่าก่อสร้างอาคาร การใช้พลังงานในอาคาร และการใช้น้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนการนำไปเปรียบเทียบกับอาคารที่ได้รับรองระดับอาคารเขียวแล้ว โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ศึกษามาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC
- กำหนดสมมติฐาน สถานที่ตั้งอาคาร, สภาพแวดล้อมภูมิอากาศ, ตารางการใช้งานอาคาร และสมมติฐานอื่นๆที่จำเป็น ตามตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.3
- จัดหาแบบก่อสร้างอาคารสำนักงานจำนวน 5 อาคาร ขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร เนื่องจากในประเทศไทยมีอาคารสำนักงานมากเป็นอันดับสอง รองจากอาคารประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีพื้นที่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร โดยรายละเอียดและรูปร่างอาคารสำนักงานตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.2-3.6 และรูปที่ 3.4-3.8
- คำนวณมูลค่าอาคารสำนักงานตัวอย่างจากแบบก่อสร้างอาคารก่อนการประเมิน เพื่อเป็นมูลค่าอาคารในกรณีฐานไปใช้ในการคำนวณมูลค่าวัสดุในข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยราคาที่ใช้ในการคำนวณมูลค่าอาคารแสดงดังตารางที่ 3.7
- คำนวณการใช้น้ำและใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus V.8.0 จำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อเป็นค่าพลังงานในกรณีฐานและนำไปเปรียบเทียบกับอาคารปรับปรุง



รูปที่ 3.1 แผนการวิจัยก่อนการประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว



รูปที่ 3.2 แผนการวิจัยการประเมินอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว

ตารางที่ 3.1 สมมติฐานก่อนการประเมินอาคาร

สมมติฐานพื้นที่โครงการ	
สถานที่ตั้งโครงการ	มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม
ภูมิอากาศ	THA_Bangkok.484560_IWEC [33]
พื้นที่โครงการ	3,200 ตารางเมตร
พื้นที่จอดรถ	285 ตารางเมตร (หลังคาเมทัลชีท, พื้นลาดยางมะตอย)
พื้นที่ถนน	390 ตารางเมตร (ถนนยางมะตอย)
พื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ	2,000 ตารางเมตร
พื้นที่สีเขียว	1,000 ตารางเมตร (สนามหญ้า ปลูกต้นไม้)
สมมติฐานอาคาร	
ตารางการใช้งานอาคาร	8:00-17:00 น. , จันทร์-ศุกร์ ตลอดทั้งปี
จำนวนผู้ใช้อาคาร	23 ตารางเมตรต่อคน [34]
อุปกรณ์สำนักงาน	5.81 วัตต์ต่อตารางเมตร [35]
ส่วนประกอบโครงสร้างอาคาร	ผนังกรอบอาคาร, พื้น, ฝ้าเพดาน, หลังคา, ประตู, หน้าต่าง
ค่าคุณสมบัติวัสดุ [49, 50]	U-Factor
- ผนังกรอบอาคาร	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 6.682 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
- พื้น	พื้นกระเบื้องหินขัด 15.056 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
- ฝ้าเพดาน	ยิปซั่มบอร์ด 15.056 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
- หลังคาดาดฟ้า	คอนกรีต 3.141 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
- กระจก	กระจกใส หนา 6 มม. 5.778 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
- ประตู	ประตูไม้ หนา 25 มม. 5.906 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน
ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	Daikin รุ่น Smash FTM SERIES-R32
ประเภทพลังงาน	พลังงานไฟฟ้า
อัตราอากาศรั่วไหล	0.5 ACH [38]

รูปที่ 3.3 สมมติฐานพื้นที่โครงการ

ตารางที่ 3.2 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1

ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 1
พื้นที่ฐานอาคาร	290 ตารางเมตร
พื้นที่หลังคา	235 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	958.92 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	5
พื้นที่ผนังภายนอกอาคาร	1,172.98 ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	321.14 ตารางเมตร
สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่กระจก	27.38 WWR
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	168.45 ตารางเมตร
จำนวนห้องไม่ปรับอากาศ	10 ห้อง
พื้นที่ปรับอากาศ	790.45 ตารางเมตร
จำนวนห้องปรับอากาศ	19 ห้อง
ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Split type DAIKIN R32
ขนาดการทำความเย็นรวม	208.15 kW_{th}
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย	3.480 COP
ชนิดหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 10 วัตต์
กำลังหลอดไฟรวม	8.41 กิโลวัตต์
สัดส่วนกำลังหลอดไฟต่อพื้นที่	8.77 วัตต์ต่อตารางเมตร
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	89,747.22 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	300.096 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคาร	573.59 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
มูลค่าก่อสร้างอาคาร	21,031,258.26 บาท

รูปที่ 3.4 อาคารสำนักงานตัวอย่าง 1

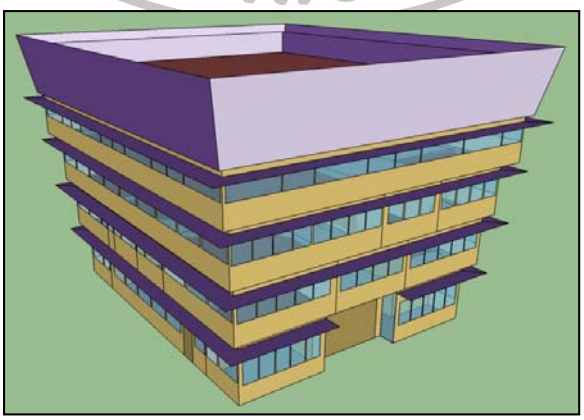
ตารางที่ 3.3 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2

ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 2
พื้นที่ฐานอาคาร	217 ตารางเมตร
พื้นที่หลังคา	217 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	847.93 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	4
พื้นที่ผนังภายนอกอาคาร	1,119.39 ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	206.02 ตารางเมตร
สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่กระจก	23.80 WWR
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	177.41 ตารางเมตร
จำนวนห้องไม่ปรับอากาศ	8 ห้อง
พื้นที่ปรับอากาศ	671.51 ตารางเมตร
จำนวนห้องปรับอากาศ	15 ห้อง
ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Split type DAIKIN R32
ขนาดการทำความเย็นรวม	170.7 kW_{th}
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย	3.448 COP
ชนิดหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 10 วัตต์
กำลังหลอดไฟรวม	11.24 กิโลวัตต์
สัดส่วนกำลังหลอดไฟต่อพื้นที่	13.23 วัตต์ต่อตารางเมตร
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	86,147.22 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	265.439 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคาร	491.43 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
มูลค่าก่อสร้างอาคาร	18,832,662.29 บาท

รูปที่ 3.5 อาคารสำนักงานตัวอย่าง 2

ตารางที่ 3.4 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3

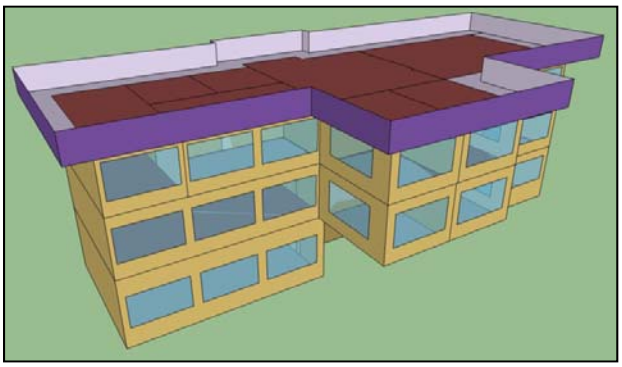
ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 3
พื้นที่ฐานอาคาร	280 ตารางเมตร
พื้นที่หลังคา	400 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	1,306.91 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	4
พื้นที่ผนังภายนอกอาคาร	1,083.59 ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	300 ตารางเมตร
สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่กระจก	27.70 WWR
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	493.77 ตารางเมตร
จำนวนห้องไม่ปรับอากาศ	5 ห้อง
พื้นที่ปรับอากาศ	813.14 ตารางเมตร
จำนวนห้องปรับอากาศ	23 ห้อง
ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Split type DAIKIN R32
ขนาดการทำความเย็นรวม	207.46 kW_{th}
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย	3.521 COP
ชนิดหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 10 วัตต์
กำลังหลอดไฟรวม	9.786 กิโลวัตต์
สัดส่วนกำลังหลอดไฟต่อพื้นที่	7.59 วัตต์ต่อตารางเมตร
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	84,925.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	409.12 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคาร	479.54 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
มูลค่าก่อสร้างอาคาร	29,031,513.77 บาท



รูปที่ 3.6 อาคารสำนักงานตัวอย่าง 3

ตารางที่ 3.5 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4

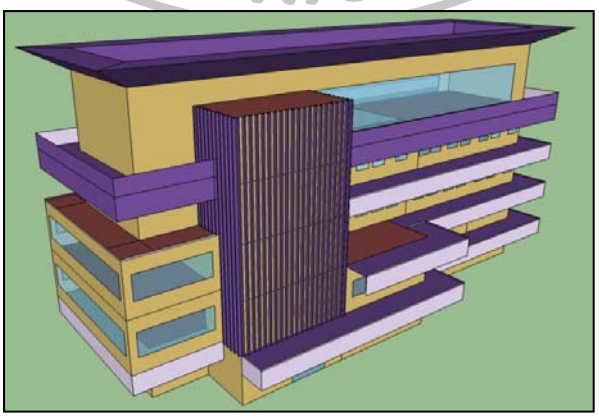
ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 4
พื้นที่ฐานอาคาร	365 ตารางเมตร
พื้นที่หลังคา	365 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	1,010.61 ตารางเมตร
จำนวนชั้น	3
พื้นที่ผนังภายนอกอาคาร	1,127.46 ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	317.63 ตารางเมตร
สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่กระจก	22.79 WWR
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	229.25 ตารางเมตร
จำนวนห้องไม่ปรับอากาศ	5 ห้อง
พื้นที่ปรับอากาศ	781.36 ตารางเมตร
จำนวนห้องปรับอากาศ	13 ห้อง
ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Split type DAIKIN R32
ขนาดการทำความเย็นรวม	231.00 kW_{th}
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย	3.512 COP
ชนิดหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 10 วัตต์
	หลอดไฟ Downlight 18 วัดด์
กำลังหลอดไฟรวม	11.529 กิโลวัตต์
สัดส่วนกำลังหลอดไฟต่อพื้นที่	11.47 วัตต์ต่อตารางเมตร
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	84,633.33 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	316.365 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคาร	462.917 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
มูลค่าก่อสร้างอาคาร	22,485,096.44 บาท



รูปที่ 3.7 อาคารสำนักงานตัวอย่าง 4

ตารางที่ 3.6 สมมติฐานและรายละเอียดของอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5

ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานตัวอย่าง 5
พื้นที่ฐานอาคาร	370 ตารางเมตร
พื้นที่หลังคา	540 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	1,744.00ตารางเมตร
จำนวนชั้น	5
พื้นที่ผนังภายนอกอาคาร	1868.8 ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	384.97 ตารางเมตร
สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่กระจก	20.59 WWR
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	422.50 ตารางเมตร
จำนวนห้องไม่ปรับอากาศ	6 ห้อง
พื้นที่ปรับอากาศ	1,321.5 ตารางเมตร
จำนวนห้องปรับอากาศ	20 ห้อง
ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Split type DAIKIN R32
ขนาดการทำความเย็นรวม	353.97 kW_{th}
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย	3.508 COP
ชนิดหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 10 วัตต์
กำลังหลอดไฟรวม	37.223 กิโลวัตต์
สัดส่วนกำลังหลอดไฟต่อพื้นที่	21.34 วัตต์ต่อตารางเมตร
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	187,577.78 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร	545.95 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคาร	418.837 ลูกบาศก์เมตรต่อปี
มูลค่าก่อสร้างอาคาร	36,428,558.21 บาท



รูปที่ 3.8 อาคารสำนักงานตัวอย่าง 5

ตารางที่ 3.7 สมมติฐานมูลค่าก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่าง

	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	รวม	หน่วย
การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง			95	บาท/ตร.ม.
งานดินขุด ดินถม และกำหนดระดับ			125	บาท/ตร.ม.
งานเสาเข็ม			1,600	บาท/ตร.ม.
งานคอนกรีต			1,600	บาท/ตร.ม.
งานเหล็กเสริม			3,850	บาท/ตร.ม.
งานไม้แบบ			2,650	บาท/ตร.ม.
งานก่ออิฐและฉาบปูน	565	610	1,175	บาท/ตร.ม.
งานหลังคา	390	830	1,220	บาท/ตร.ม.
งานฝ้าเพดาน	80	800	880	บาท/ตร.ม.
งานผิวพื้นกระเบื้อง	150	610	760	บาท/ตร.ม.
งานทาสี	350	400	750	บาท/ตร.ม.
ถนน			3,950	บาท/ตร.ม.
พื้นที่จอดรถ			3,950	บาท/ตร.ม.
หลังคาพื้นที่จอดรถ	390	830	1,220	บาท/ตร.ม.
งานประปาและเครื่องสุขภัณฑ์				
- อุปกรณ์ติดตั้ง			120	บาท/ตร.ม.
- โถสุขภัณฑ์	230	7,358	7,588	บาท/ชุด
- โถปัสสาวะชาย	230	1,700	1,930	บาท/ชุด
- ก๊อกน้ำล้างหน้า	230	1,672	1,902	บาท/ชุด
งานประตู-หน้าต่าง				
- ประตู + วงกบไม้	500	2,244	2,744	บาท/ชุด
- ประตูกระจก	1,400	209	1,609	บาท/ชุด
- ค่าแรง+ค่าเฟรมกระจก หน้าต่างบานสไลด์			1,400	บาท/ตร.ม.
- ค่าแรง+ค่าเฟรมกระจก หน้าต่างบานตาย			900	บาท/ตร.ม.
- กระจกใสหนา 6 มม.			209	บาท/ตร.ม.
งานระบบไฟฟ้าและปรับอากาศ				
- แผงควบคุมไฟฟ้า	1,000	2,500	3,500	บาท/ชุด
- สวิตช์ ปลั๊ก เต้ารับ		80	80	บาท/ตร.ม.
- โคมฟลูออเรสเซนต์	150	450	600	บาท/ชุด

ตารางที่ 3.7 สมมติฐานมูลค่าก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่าง (ต่อ)

	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	รวม	หน่วย
ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ				
- แบบแยกส่วน (Split Type)			4	บาท/Btu/hr
พืชและสวน				
- ค่าปูหญ้า และค่าหญ้า			300	บาท/ตร.ม.
- ปลูกไม้ประดับและไม้ยืนต้น			150	บาท/ตร.ม.
- ปูบล็อกตัวหนอน			500	บาท/ตร.ม.
- สวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง			1,000	บาท/ตร.ม.
อบรมจัดสัมนาบุคลากร			500	บาทต่อคน
ค่าบำรุงรักษาหอผึ่งเย็น เพื่อควบคุมเชื้อลีจิโนเนลล่า			15	บาท/ตัน
ถังคัดแยกขยะ 1ชุด/1ชั้นอาคาร			3,166	บาท/ชุด
อื่นๆ				
แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง MERV 7			5,000	บาท/ชิ้น
พัดลมระบายอากาศ 8"			800	บาท/ตัว
หลอดไฟ LED 23 วัตต์ 2400 ลูเมน			950	บาท/ชุด
ติดตั้งมาตรวัดย่อยวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า			10,000	บาท/ชุด
เครื่องปรับอากาศระบบ VSD มูลค่าเพิ่มขึ้น			0.5	บาท/Btu/hr
แผงโซล่าเซลล์ วัตต์ละ			26	บาท
วัสดุฉลากเขียว จะมีราคาสูงกว่าวัสดุปกติ [28]			14.02	%
ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม.			46	บาท/ตร.ม.
แผ่นยิปซัม ขนาด 120 x 240 ซม. หนา 9 มม.			83	บาท/ตร.ม.
กระจก LowE ($5-$8 per SqFt) [52]			3,014	บาท/ตร.ม.

หมายเหตุ; ราคาวัสดุอ้างอิงจากราคากลางวัสดุก่อสร้าง ปี พ.ศ. 2558 [40] และจากการสอบถามผู้รับเหมาหรือผู้จัดจำหน่าย

ตารางที่ 3.8 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 การประเมินตามสมมติฐานที่กำหนด

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
0-1	เลือกพื้นที่มหาวิทยาลัยศิลปากรเป็นพื้นที่ก่อสร้างโครงการ เป็นเขตพื้นที่สีชมพู ในกฎกระทรวงบังคับใช้ผังเมืองรวมจังหวัดนครปฐม พ.ศ. 2556	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	SS Credit 1 Site selection	LT Credit 1 Sensitive Land Protection
0-2	เลือกใช้พื้นที่เสื่อมโทรมตามหน่วยงานหรือรัฐบาลประกาศ มาใช้เป็นพื้นที่โครงการ		SS Credit 3 Brownfield redevelopment	LT Credit 2 High-priority site
0-3	แสดงรายการแหล่งสาธารณูปโภค 10 แห่ง ที่อยู่ภายในรัศมี 500 เมตร	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	SS Credit 2 Development density and dommunity connectivity	LT Credit 3 Surrounding Density and Diverse Uses
0-4	แสดงตำแหน่ง ป้ายหยุดรถประจำทาง หรือสถานีขนส่งสาธาณะทางถนน และสถานีรถไฟ	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	SS Credit 4.1 Public transportation access	LT Credit 4 Access to quality transit
0-5	แสดงจำนวนพื้นที่จอดรถภายในโครงการ		SS Credit 4.4 Parking capacity	LT Credit 6 Reduce parking footprint
0-6	การสำรวจพื้นที่โครงการ ระดับความสูง ลักษณะดิน ทางไหลของน้ำ ภายในโครงการ			SS Credit 1 Site assessment
0-7	ปลูกพืชทดแทน โดยคำนวณพื้นที่ที่ต้องปลูกพืชตามพื้นที่โครงการ หรือจ่ายเงินให้กับองค์กรที่เกี่ยวข้อง เพื่อซื้อเครดิต ด้านสิ่งแวดล้อม		SS Credit 5.1 Site development-protect or restore habitat	SS Credit 2 Site development - protect or restore habitat

ตารางที่ 3.8 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 การประเมินตามสมมติฐานที่กำหนด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
0-8	คำนวณสัดส่วนพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ และพื้นที่สีเขียวในโครงการ	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	SS Credit 5.2 Maximize open space	SS Credit 3 Open space
0-9		SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ		
0-10	แสดงรายชื่อพรรณไม้ที่อยู่ในโครงการ (มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม)	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม		
0-11	คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน เพื่อป้องกันการทำลายหน้าดิน หรือการชะล้างหน้าดินออกไปสู่ภายนอกโครงการ	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	SS Credit 4 Rain water management
0-12	มีระบบจัดเก็บและการบำบัดน้ำฝนที่ตกภายในโครงการ ก่อนปล่อยออกไปนอกโครงการ		SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	
0-13	คำนวณพื้นที่ภายในโครงการที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	SS Credit 5 Island reduction
			SS Credit 7.2 Heat island effect - roof	

ตารางที่ 3.8 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 การประเมินตามสมมติฐานที่กำหนด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
0-14	อาคารมีการใช้งานในเวลา 8.00-17.00น. จึงไม่มีการใช้แสงสว่างจากอาคารในตอนกลางคืน		SS Credit 8 Light pollution reduction	SS Credit 6 Light pollution reduction
0-15	แสดงจำนวนต้นไม้ภายในโครงการ จำนวน 13 ต้น อยู่ในพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 1,000 ตารางเมตร	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)		
0-16	การจัดวางไม้ยืนต้นในอาคารเพื่อให้เกิดการบังเงาให้กับอาคาร	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ		
0-17	อาคารไม่มีการใช้หอระบายความร้อน (Cooling tower)	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร		WE Credit 3 Cooling tower water use
0-18	แสดงชนิดสารทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่ใช้ในโครงการ โดยใช้เครื่องปรับอากาศ DAIKIN R32 ที่มีค่า OPDs = 0	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management
0-19	ใช้น้ำเป็นสารดับเพลิงภายในพื้นที่โครงการและภายในอาคาร	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	EA Credit 6 Enhance refrigerant management

ตารางที่ 3.8 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 การประเมินตามสมมติฐานที่กำหนด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
0-20	เครื่องระบายความร้อนที่ใช้ภายในอาคาร เป็นแบบ Split type ติดอยู่กับอาคาร ห่างจากขอบโครงการ 10 เมตร	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน		
0-21	กระจกที่ใช้ภายในอาคารเป็นกระจกใสหนา 6mm. มีค่าการสะท้อนแสงในแนวตั้งฉาก 7.10%	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร		
0-22	วัสดุที่ใช้ในโครงการเป็นวัสดุที่หาซื้อได้ภายในประเทศ	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	MR Credit 5 Regional materials	MR Credit 2, MR Credit 3, MR Credit 4
0-23	กำหนดให้พื้นที่ในอาคารเป็นเขตปลอดบุหรี่	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke control
0-24	ผู้ใช้พื้นที่ภายในอาคารสามารถเปิด ปิด ไฟเองได้ตามความต้องการ	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems - lighting	EQ Credit 6 Interior lighting

ตารางที่ 3.9 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
1-25	จัดประชุมสำหรับเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบอาคาร ผู้รับเหมาก่อสร้าง และผู้เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงเจตนารม และแนวทางในการสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว		IP Credit Integrative process
1-26	การป้องกันมลพิษจากการก่อสร้างเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยใช้มาตรการต่อไปนี้ 1. คลุมผ้าใบทั้งอาคารเพื่อป้องกันวัสดุตกหล่นไปยังพื้นที่โดยรอบโครงการ 2. มีการชะล้างล้อรถบรรทุกก่อนนำวัสดุออกไปนอกโครงการ 3. ฉีดพรมน้ำในพื้นที่โครงการในช่วงเช้า - เย็น	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	SS Prerequisite 1 Construction Activity Pollution Prevention
1-27	มีการคัดแยกขยะที่เกิดภายในโครงการ โดยแยกเป็น 1. ขยะเปียก 2. ขยะอันตราย 3. ขยะแห้ง (ขยะโครงสร้าง, กระดาษ, แก้ว, โลหะ, พลาสติก)	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning

ตารางที่ 3.9 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
1-28	แสดงการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร น้ำรดน้ำต้นไม้ โดยใช้ปริมาณน้ำในเดือนกรกฎาคม มาเป็นฐานในการคำนวณ			WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction
1-29	แสดงรายการคำนวณการใช้น้ำภายในอาคารให้น้อยกว่าการใช้น้ำในกรณีฐาน หรือที่มาตรฐานกำหนด		WE Prerequisite 1 Water use reduction	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction
1-30	ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำที่ใช้ภายในอาคาร และภายนอกอาคาร			WE Prerequisite 3 Building - level water metering
	ไม่มีการใช้น้ำในระบบอื่นๆ นอกเหนือจากข้อกำหนด WE Prerequisite 3 Building - level water metering			WE Credit 3 Water metering
1-31	แต่งตั้งหรือจัดจ้างผู้ทดสอบระบบจากบุคคลภายนอก โดยค่าใช้จ่ายในการทดสอบระบบคิดรวมไปกับค่าติดตั้งระบบตั้งแต่การก่อสร้างแล้ว	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification

ตารางที่ 3.9 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
1-32	คำนวณการใช้พลังงานในอาคาร เทียบกับอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1 โดยใช้มาตรการประหยัดพลังงาน ดังต่อไปนี้ มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30% มาตรการที่ 2 ปรับอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศจาก 25°C เป็น 26°C มาตรการที่ 3 เปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 46 วัตต์ เป็น LED 23 วัตต์ มาตรการที่ 4 ใช้เครื่องปรับอากาศ Split type แบบปรับความเร็วรอบได้ (Inverter) มาตรการที่ 5 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 1 นิ้ว ที่ผนังกรอบอาคาร มาตรการที่ 6 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ มาตรการที่ 7 ใช้กระจกใส Low-e หนา 6mm. แทนกระจกใสแบบธรรมดา มาตรการที่ 8 ใช้พืชเป็นวัสดุปกคลุมกรอบอาคารและหลังคา	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance

ตารางที่ 3.9 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
1-33	ติดตั้งระบบมิเตอร์วัดการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร โดยแยกพื้นที่ติดตั้งมิเตอร์ 1ชั้น ต่อมิเตอร์ 1 ตัว และระบบเก็บข้อมูลและแสดงผลการใช้ไฟฟ้าทุก 1 นาที			EA Prerequisite 3 Building - level energy metering
	ไม่มีการใช้พลังงานในส่วนอื่นๆนอกเหนือจากข้อกำหนด EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification			EA Credit 3 Advanced energy metering
1-34	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ใช้งานประจำ (พื้นที่ปรับอากาศ) ผ่านเกณฑ์ ASHREA 62.1 ตามมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการที่ 1	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance
	แสดงปริมาณอากาศระบายภายในพื้นที่ใช้งานประจำ (พื้นที่ปรับอากาศ) ตามมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการที่ 1		IEQ Credit 2 Increased ventilation	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies
1-35	ความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ผ่านกฎกระทรวง 2539	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร		
1-36	แสดงภาวะสบายให้เป็นไปตามข้อกำหนด ASHRAE 55 โดยคำนวณอุณหภูมิที่ 26°C	IE5 สภาวะน่าสบาย	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	EQ Credit 5 Thermal comfort

ตารางที่ 3.10 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 2 การประเมินในกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
2-37	มีการทดสอบระบบที่ติดตั้งภายในอาคารและโครงการให้เป็นไปตามที่ออกแบบ โดยมีการจัดทำคู่มือและการฝึกอบรมการใช้งานระบบต่างๆ ที่ติดตั้ง โดยผู้รับเหมาติดตั้งเป็นผู้ทดสอบ ผู้จัดอบรม และจัดทำเอกสารคู่มือ	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	EA Credit 3 Enhanced commissioning	EA Credit 1 Enhanced commissioning
2-38	แต่งตั้งผู้ติดตามและประเมินผลการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ในข้อกำหนด BMP1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ		
2-39	ขยะที่เกิดขึ้นภายในโครงการทั้งหมด ส่งมอบให้ผู้รับเหมาก่อสร้างอาคารเป็นผู้จัดการนำไปขาย นำมาใช้ใหม่ หรือนำไปใช้กับอาคารอื่น	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	MR Credit 2 Construction waste management	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management
2-40	ช่องนำอากาศเข้ามาใช้ในโครงการจัดพื้นที่ให้อยู่บริเวณพื้นที่ชั้นดาดฟ้าของอาคาร	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ		
2-41	ไม่มีการใช้พรมภายในอาคาร	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร		

ตารางที่ 3.10 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 2 การประเมินในกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
2-42	การควบคุมคุณภาพอากาศในขณะก่อสร้าง และก่อนเปิดใช้อาคาร เป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาในการก่อสร้างหรือติดตั้ง เป็นผู้จัดการให้แล้วเสร็จก่อนเปิดใช้อาคาร		IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan-during construction	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan
			IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment
2-43	คำนวณปริมาณแสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Dialux) จำลองแสงธรรมชาติ	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	IEQ Credit 8.1 Daylight and views - daylight	EQ Credit 7 Daylight
2-44	พื้นที่ใช้งานประจำ สามารถมองเห็นวิว ทิวทัศน์ภายนอกอาคารได้		IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	EQ Credit 8 Quality view
2-45	แต่งตั้งผู้สำรวจภาวะสบายของผู้ใช้อาคารตามที่ออกแบบ		IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	
2-46	แหล่งกำเนิดเสียงภายในอาคาร มีปริมาณเสียงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน			EQ Credit 9 Acoustic performance

ตารางที่ 3.11 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและมีผลประหยัด

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
3-47	คำนวณการใช้พลังงานในอาคาร เทียบกับอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1 โดยใช้มาตรการประหยัดพลังงาน ตามลำดับ 8 มาตรการ	EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	EA Credit 1 Optimize energy performance	EA Credit 2 Optimize energy performance
3-48	ใช้แผงโซล่าเซลล์ เพื่อผลิตพลังงานทดแทนใช้เองภายในโครงการ	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	EA Credit 2 On-site renewable energy	EA Credit 5 Renewable energy production
3-49	แสดงการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร น้ำรดน้ำต้นไม้ โดยใช้ปริมาณน้ำในเดือนกรกฎาคม มาเป็นฐานในการคำนวณ		WE Credit 1 Water efficient landscaping	WE Credit 1 Outdoor water use reduction
3-50	แสดงรายการคำนวณการใช้น้ำภายในอาคารให้น้อยกว่าการใช้น้ำในกรณีฐาน หรือที่มาตรฐานกำหนด	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	WE Credit 3 Water use reduction	WE Credit 2 Indoor water use reduction
3-51	ใช้มาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการที่ 8 ใช้พืชเป็นวัสดุปกคลุมกรอบอาคารและหลังคา	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง		

ตารางที่ 3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
4-52	ติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์ด้านหน้าโครงการและทำแผ่นพับแสดงรายละเอียดโครงการที่ก่อสร้างตามมาตรฐานอาคารเขียวแจกต่อพื้นที่สาธารณะ	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม		
4-53	จัดพื้นที่สำหรับจอดรถจักรยานจำนวน 10 คัน และก่อสร้างห้องสำหรับอาบน้ำ หรือเปลี่ยนเสื้อผ้า จำนวน 2 ห้อง	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	LT Credit 5 Bicycle facilities
4-54	จัดพื้นที่สำหรับจอดรถ ECO car จำนวน 5 ช่องจอดรถ		SS Credit 4.3 Alternative transportation - low emitting and fuel fficient vehicles	LT Credit 7 Green vehicles
4-55	ติดตั้งพัดลมดูดอากาศที่ห้องเก็บน้ำยาทำความสะอาดหรือสารเคมี	IEQ1.2 ความดันเป็นลบ สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมีและห้องเก็บสารทำความสะอาด	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies
4-56	ติดตั้งกรองอากาศที่เครื่องจ่ายระบบระบายอาคารของอาคาร	IEQ1.5 ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน		

ตารางที่ 3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
4-57	ติดตั้งระบบประตู 2 ชั้นพร้อมตะแกรงดักฝุ่นบริเวณประตูทางเข้าอาคาร	IEQ1.3 ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies
4-58	จัดจ้างผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารเพื่อยืนยันผลการออกแบบหลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้ว 1 ปี	EA3 การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน	EA Credit 5 Measurement and verification	
4-59	ใช้วัสดุที่มีฉลากรับรองสารอินทรีย์ระเหยง่ายผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีราคาเพิ่มขึ้น 14.02% จากราคาปกติ	IEQ2.1 การใช้วัสดุประสาน วัสดุยาแนว และรองพื้น ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	IEQ Credit 4.1 Low - emitting materials - adhesives and sealants	EQ Credit 2 Low - emitting materials
		IEQ2.2 การใช้สี และวัสดุเคลือบผิว ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	IEQ Credit 4.2 Low - emitting materials - paints and coatings	
			IEQ Credit 4.3 Low - emitting materials - flooring systems	
		IEQ2.4 การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	IEQ Credit 4.4 Low - emitting materials - composite wood	

ตารางที่ 3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
4-60	ใช้วัสดุที่มีฉลากแวดล้อมรับรอง โดยมีราคาเพิ่มขึ้น 14.02% จากราคาปกติ	MR6.1 วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของไทยมากกว่าร้อยละ 10-17	MR Credit 6 Rapidly renewable materials	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material
4-61	ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่โฆษณา โดยมีราคาเพิ่มขึ้น 14.02% จากราคาปกติ	MR6.2 วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	MR Credit 7 Certified wood	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - Material Ingredients
4-62	ติดตั้งระบบตรวจสอบความต้องการการใช้พลังงานในอาคาร และมีการวางแผนการใช้พลังงานกับบุคคลโดยรอบพื้นที่โครงการ			EA Credit 4 Demand respond
4-63	ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร และสามารถบันทึกค่าได้ทุก 1 นาที		IEQ Credit 1 Outdoor air delivery monitorin	

ตารางที่ 3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
4-64	ติดตั้งระบบส่งอากาศไปยังพื้นที่ใช้งานที่ผู้ใช้อาคารต้องการเฉพาะในแต่ละพื้นที่		IEQ Credit 6.2 Controllability of systems thermal comfort	
4-65	ทำสัญญาซื้อขายพลังงานทดแทนจากแหล่งภายนอก เป็นระยะเวลา 2 ปี		EA Credit 6 Green power	EA Credit 7 Green power and carbon offsets
4-66	คำนวณ LCA ของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร			MR Credit 1 Building Life - cycle impect reduction
4-67	ไม่สามารถทำคะแนนในข้อกำหนดนี้ได้ เนื่องจากอาคารที่ก่อสร้างเป็นอาคารใหม่ ไม่มีสิ่งปลูกสร้างอยู่ก่อนแล้ว	MR1 การใช้อาคารเดิม	MR Credit 1.1 Building reuse - maintain existing walls, floors and roof MR Credit 1.2 Building reuse - maintain existing interior nonstructural elements	MR Credit 1 Building Life - cycle impect reduction
4-68	ไม่สามารถทำคะแนนในข้อกำหนดนี้ได้ เนื่องจากวัสดุที่นำมาก่อสร้างอาคารเป็นวัสดุซื้อใหม่ทั้งหมด	MR3 การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว	MR Credit 3 Materials reuse	

ตารางที่ 3.12 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด (ต่อ)

กลุ่มการประเมิน	มาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
4-69	คำนวณค่ารีไซเคิลของวัสดุที่นำมาก่อสร้างอาคาร โดยใช้ข้อมูลปริมาณวัสดุรีไซเคิลจากผู้ผลิต	MR4 การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล	MR Credit 4 Recycled content	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations
4-70	การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียภายในโครงการ	EP5 ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย	WE Credit 2 Innovative waste water technologies	

3.1.2 การประเมินอาคารเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

การประเมินมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และมาตรฐาน LEED v.4 จะประเมินตามการแบ่งลำดับกลุ่มการประเมิน ดังตารางที่ 3.8-3.12 โดยจะแบ่งออกเป็นการประเมินจากสมมติฐานโครงการที่ตั้งขึ้น เช่น สถานที่ตั้งโครงการ พื้นที่โครงการ พื้นที่ถนน พื้นที่จอดรถ พื้นที่สีเขียว และพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ เป็นต้น ซึ่งการประเมินในกลุ่มนี้จะกำหนดให้เป็นลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 และจะเริ่มประเมินตามมาตรฐานอาคารเขียว จากลำดับการประเมินอีก 4 กลุ่ม ดังนี้

(1) ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด

(2) ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 2 การประเมินในกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด

(3) ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและมีผลประหยัด

(4) ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 การประเมินในกลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด

จากตารางที่ 3.8-3.12 การกำหนดสมมติฐานเพื่อใช้ในการประเมินตามมาตรฐาน TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 จะมีมาตรการที่ใช้ในการประเมินทั้งหมด 70 มาตรการ แบ่งออกตามลำดับมาตรการดังต่อไปนี้

- ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 มี 24 มาตรการ เป็นการใช้สมมติฐานที่ตั้งขึ้นมาใช้ประเมินเพื่อให้ทราบถึงระดับคะแนนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่จะเข้าร่วมการประเมินตามมาตรฐาน เช่น มาตรการ 0-1 เลือกพื้นที่มหาวิทยาลัยศิลปาการเป็นพื้นที่ก่อสร้างโครงการ, มาตรการ 0-8, 0-9 คำนวณสัดส่วนพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ และพื้นที่สีเขียวในโครงการ เป็นต้น

- ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 1 มี 12 มาตรการ เป็นการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับทั้งหมด เพื่อที่จะสามารถประเมินอาคารในระดับต่อไปได้ เช่น มาตรการ 1-27 มีการคัดแยกขยะที่เกิดขึ้นในโครงการ, มาตรการ 1-31 แต่งตั้งหรือจัดจ้างผู้ทดสอบระบบจากบุคคลภายนอก และมาตรการ 1-34 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคารในพื้นที่ใช้งานประจำ (พื้นที่ปรับอากาศ) ผ่านเกณฑ์ ASHRAE 62.1 เป็นต้น ทั้งนี้ในกลุ่มที่ 1 จะมีมาตรการที่ 1-36 แสดงภาวะสบายให้เป็นไปตามข้อกำหนด ASHRAE 55 ซึ่งเป็นมาตรการที่สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารได้ โดยไม่ต้องมีเงินลงทุนในการทำมาตรการ

- ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 2 มี 10 มาตรการ เป็นกลุ่มที่สามารถประเมินได้โดยการแสดงเป็นเอกสารหรือหลักฐานที่ประเมินในหมวดนั้นๆ เช่น มาตรการ 2-42 คำนวณแสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งาน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Dialux) จำลองแสงธรรมชาติ และมาตรการ 2-38 มีการทดสอบระบบที่ติดตั้งภายในอาคารและโครงการให้เป็นไปตามที่ออกแบบ โดยจัดทำคู่มือและการฝึกอบรมการใช้งานระบบต่างๆ เป็นต้น

- ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 มี 5 มาตรการ เป็นกลุ่มที่ต้องใช้เงินลงทุนเพื่อให้ได้ผลประหยัดกลับคืนมา โดยจะมีการลงทุนในด้านการลดปริมาณการใช้พลังงาน, การลดปริมาณการใช้น้ำ และการใช้พลังงานทดแทน

- และลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 มี 19 มาตรการ จะเป็นกลุ่มที่มีการลงทุนเพื่อมุ่งเน้นในการทำคะแนนเพียงอย่างเดียว เช่น มาตรการ 4-53 จัดพื้นที่สำหรับจอดรถจักรยานจำนวน 10 คัน

และสร้างห้องอาบน้ำหรือห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า จำนวน 2 ห้อง, มาตรการ 4-58 จัดจ้างผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคาร เพื่อยืนยันผลการออกแบบหลังจากอาคารเปิดใช้งานแล้ว 1 ปี และมาตรการ 4-60 ใช้วัสดุที่มีฉลากแวดล้อมรับรอง เป็นต้น

สมมติฐานการประเมินทั้งหมดที่ตั้งขึ้น ไม่สามารถใช้ประเมินร่วมกันได้ทั้งหมด เนื่องจากหมวดในการประเมินแต่ละมาตรฐานมีความแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถทำคะแนนซึ่งกันและกันได้ เช่น มาตรการ 0-15 แสดงจำนวนต้นไม้ภายในโครงการ และ มาตรการ 0-16 การจัดวางไม้ยืนต้นในอาคารเพื่อให้เกิดการบังเงาให้กับอาคาร จะสามารถใช้ในการประเมินมาตรฐาน TREES-NC ได้ แต่ไม่สามารถใช้ประเมินมาตรฐาน LEED ทั้ง 2 มาตรฐานได้ หรือมาตรการ 0-14 ไม่มีการใช้แสงสว่างจากอาคารในตอนกลางคืน สามารถใช้ประเมิน LEED 2009 และ LEED v.4 ได้ แต่ไม่สามารถนำมาใช้ประเมินในมาตรฐาน TREES-NC ได้ หรือมาตรการ 1-25 การจัดประชุมผู้เกี่ยวข้อง จะสามารถประเมินใน TREES-NC และ LEED v.4 ได้ แต่ไม่สามารถประเมินใน LEED 2009 ได้ เป็นต้น

3.1.3 แนวทางในการประเมินให้เป็นไปตามลำดับการประเมิน

การประเมินในแต่ละมาตรฐานจะไม่สามารถใช้มาตรการทั้ง 70 มาตรการในการประเมินได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแต่ละมาตรฐานว่าเข้าข่ายหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับมาตรการที่ใช้ในการประเมินนั้นหรือไม่ โดยมาตรฐาน TREES-NC สามารถใช้มาตรการในการประเมินได้ทั้งหมด 49 มาตรการ, มาตรฐาน LEED 2009 สามารถใช้ได้ 50 มาตรการ และ LEED v.4 สามารถใช้ได้ 54 มาตรการ ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ความสามารถในการใช้มาตรการในการประเมินของในแต่ละมาตรฐาน (มาตรการ)

ลำดับมาตรการ	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
มาตรการกลุ่มที่ 0	16	17	19
มาตรการกลุ่มที่ 1	8	7	11
มาตรการกลุ่มที่ 2	6	6	7
มาตรการกลุ่มที่ 3	4	4	4
มาตรการกลุ่มที่ 4	15	16	13
รวมความสามารถในการใช้ลำดับมาตรการ	49	50	54

การประเมินในลำดับกลุ่มการประเมินที่ 0, 1 และ 2 จะประเมินตามหมวดการประเมินในแต่ละมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน TREES-NC จะเริ่มการประเมินจากหมวด BM การบริหารจัดการอาคาร, SL ผังบริเวณและภูมิทัศน์, WE การประหยัดน้ำ, EA พลังงานและบรรยากาศ, MR วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง, IEQ คุณภาพอากาศภายในอาคาร และ EP การป้องกันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ ซึ่งในมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะมีการเรียงลำดับตามหมวดการประเมินเช่นเดียวกัน

ส่วนลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการลงทุนและมีผลประหยัด จะเลือกมาตรการที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่มีค่า NPV ที่เป็นบวก, มีค่า IRR ที่มากที่สุด และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด ขึ้นมาทำก่อน โดยแบ่งเป็น มาตรการประหยัดพลังงาน, การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ และมาตรการประหยัดน้ำ ตามลำดับ [32, 41] ซึ่งมาตรการประหยัดพลังงานจะมีทั้งหมด 8 มาตรการ โดยเรียงลำดับดังต่อไปนี้

มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30% (เพื่อทำให้ผ่านในข้อบังคับ คุณภาพอากาศภายในอาคาร ของทั้ง 3 มาตรฐาน)

มาตรการที่ 2 ปรับอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศจาก 25°C เป็น 26°C

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 46 วัตต์ เป็นหลอดไฟ LED 23 วัตต์ และคำนวณค่าความสว่างตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2539

มาตรการที่ 4 ใช้เครื่องปรับอากาศ Split type แบบปรับความเร็วรอบได้

มาตรการที่ 5 ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 1 นิ้ว ที่ผนังกรอบอาคาร [35, 36, 42]

มาตรการที่ 6 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร

มาตรการที่ 7 ใช้กระจกใส Low-e หนา 6mm แทนกระจกแบบเดิม [37, 38, 39]

มาตรการที่ 8 ใช้พืชเป็นวัสดุปกคลุมกรอบอาคารและหลังคา

สำหรับมาตรการประหยัดพลังงานที่ 6 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นมาตรการที่สามารถทำคะแนนได้ทั้ง หมวดการใช้พลังงานทดแทนและหมวดประสิทธิภาพการใช้พลังงานพร้อมกัน เช่น การประเมินอาคารสำนักงานที่ 3 ในมาตรฐาน LEED 2009 มีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 75 ตารางเมตร ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 10,280.30 kWh คิดเป็น 13.29% ของการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งจะได้ 7 คะแนนในข้อกำหนด EA Credit 2 On-site renewable energy และนำค่าพลังงานที่ผลิตได้ไปลดการใช้พลังงานในอาคารได้อีก 7.90% ทำให้อาคารมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ที่ 48.49% ทำให้ได้เพิ่มอีก 4 คะแนนในข้อกำหนด EA Credit 1 Optimize energy performance และได้คะแนนเต็ม 19 คะแนนในข้อกำหนดนี้พอดี เป็นต้น

หลังจากการใช้ลำดับกลุ่มการประเมินกลุ่มที่ 0, 1, 2 และ 3 ได้ครบตามข้อกำหนดในแต่ละมาตรฐานแล้ว ก็จะเริ่มใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 โดยจะเรียงลำดับจากมาตรการที่มีการลงทุนน้อยแล้วสามารถทำคะแนนในมาตรฐานนั้นได้ ขึ้นมาทำก่อนมาตรการที่มีการลงทุนสูงกว่า

3.1.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นการนำมูลค่าการลงทุนและผลประหยัดในแต่ละระดับอาคารเขียวของแต่ละมาตรฐานมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงตามมาตรฐานอาคารเขียว และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้พื้นฐานในการคำนวณดังต่อไปนี้

(1) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโปรแกรม EnergyPlus นำมาคิดราคาค่าไฟตามอัตราการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ประเภทอาคารบริการขนาดกลาง คิดอัตราปกติ ที่แรงดัน 22-33 kV [49]

(2) ปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร คิดราคาค่าน้ำตามอัตราค่าน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค [50]

(3) สมมติฐานมูลค่าการบำรุงรักษาอาคารคิดเป็น 2% ของเงินลงทุนต่อปี

(4) ระยะเวลาคืนทุนควรมีระยะเวลาที่เร็วที่สุดแต่ไม่เกินอายุของอาคาร ซึ่งงานวิจัยนี้จะคิดอายุอาคารเป็นอาคารประเภทอาคารธุรกิจสูงไม่เกิน 23 เมตร มีอายุอาคาร 50 ปี [51]

(5) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่มีค่ามากกว่า 0

(6) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) มากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ ของธนาคารพาณิชย์จดทะเบียนในประเทศไทย ซึ่งจะคิดที่อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี (MLR) เฉลี่ยที่ 6.9695% [52] ตามประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย

(7) อาคารที่ขอประเมิน TREES-NC มีค่าตรวจประเมินอาคารละ 70,000 บาท [53]

(8) อาคารที่ขอประเมิน LEED มีค่าตรวจประเมินอาคารละ 140,000 บาท [54]

เมื่อทราบถึงเงินลงทุนและผลประหยัดจากการประเมินตามมาตรฐานแล้วจะนำผลที่ได้มาวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวของอาคารสำนักงานตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร ในแต่ละมาตรฐาน (LEED 2009, LEED v.4 และ TREES-NC) ว่าการรับรองอาคารเขียวในระดับใดมีความคุ้มค่าและน่าสนใจในการลงทุนมากที่สุด

3.2 เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 อาคาร พื้นที่ใช้สอยแต่ละอาคารไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร นำมาประเมินตามมาตรฐานอาคารเขียว, จำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์, คำนวณปริมาณการใช้น้ำ, ประเมินค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารเดิมและอาคารปรับปรุง และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทั้งหมดจะต้องใช้ส่วนประกอบในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

- มาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009
- มาตรฐานอาคารเขียว LEED v.4
- มาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC V1.1
- โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานทางคอมพิวเตอร์ EnergyPlus V.8
- แบบก่อสร้างอาคารสำนักงาน จำนวน 5 อาคาร
- การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจและการเงิน โดยใช้ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่า คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

3.3 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ก่อนการประเมินอาคาร การวิเคราะห์ผลการประเมินอาคารตามระดับมาตรฐาน และการหาความคุ้มค่าและระดับที่เหมาะสมในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

- การวิเคราะห์ก่อนการประเมินอาคาร เป็นการคำนวณหามูลค่าในการก่อสร้างอาคารและปริมาณการใช้พลังงานและการใช้น้ำในอาคารของอาคารสำนักงานตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นกรณีฐานในการนำไปเปรียบเทียบกับอาคารที่ปรับปรุงให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

- การวิเคราะห์ผลการประเมินอาคารตามระดับมาตรฐาน เป็นการคำนวณมูลค่าอาคารที่เพิ่มขึ้นหลังจากทำตามมาตรฐานอาคารเขียวในแต่ละระดับ และเปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดขึ้นระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ในอาคารสำนักงานตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร

- การหาระดับที่เหมาะสมในการก่อสร้างอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว โดยจะนำผลการวิเคราะห์หลังการปรับปรุงอาคารมาวิเคราะห์ถึงจำนวนเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น, ผลประหยัดที่ได้จากเงินลงทุน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการสร้างอาคารตามมาตรฐาน

3.4 สถานที่ทำการจิจัย

ห้องวิจัยระบบพลังงานในอาคาร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม

3.5 ระยะเวลาการวิจัย

เริ่มงานวิจัย ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2555
นำเสนองานวิจัย เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว” เป็นการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง ที่จะประเมินแต่ละอาคารตามมาตรฐาน TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 จะแสดงคะแนนการประเมินตั้งแต่ในระดับ Certified ไปจนถึงระดับ Platinum ของแต่ละมาตรฐาน โดยในแต่ละระดับจะใช้กลุ่มการประเมินที่ 0-4 และแสดงถึงเงินลงทุนและผลประหยัดที่ได้ในแต่ละระดับการประเมิน แล้วนำมูลค่าเงินลงทุนและผลประหยัดที่ได้ ไปเปรียบเทียบและวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนในแต่ละระดับของมาตรฐาน ที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยกำหนดจาก ค่า NPV ที่มีค่าเป็นบวก, IRR ที่มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินลงทุนมากที่สุด และมีระเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด โดยผลของการประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวของอาคารสำนักงานตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร แสดงดังต่อไปนี้

4.1 การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 1

การประเมินตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Gold เนื่องจากการประเมินในระดับ Certified และ Silver จะใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และ 2 ซึ่งมีการลงทุนในเรื่องของค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประเมิน และการทำให้ผ่านข้อบังคับทั้งหมด ทำให้ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และจะเริ่มมีผลประหยัดจากลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 ที่ระดับ Gold ที่จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 531,857.34 บาทมีผลประหยัด 94,677.78 บาทต่อปี และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ NPV 632,454.02 บาท IRR 15.79% มีระยะเวลาคืนทุน 6.33 ปี ส่วนในระดับ Platinum จะเป็นการใช้การปลูกพืชปกคลุมกรอบอาคาร ที่จะต้องมีการลงทุนสูงแต่กลับให้ผลประหยัดที่น้อย ซึ่งการทำมาตรการนี้มุ่งเน้นการทำคะแนน และใช้ลำดับการประเมิน ในกลุ่มที่ 4 เข้ามาร่วมด้วย จึงทำให้ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน แสดงดังตารางที่ 4.1

การประเมินตามมาตรฐาน LEED 2009 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ในระดับ Certified เกิดจากข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Water use reduction โดยเป็นการใช้ลำดับกลุ่มการประเมินในกลุ่มที่ 3 ขึ้นมาทำก่อนเนื่องจากเป็นข้อบังคับ โดยมีการลงทุนในด้านการประหยัดน้ำภายในอาคาร 56,334.00 บาท และมีผลประหยัด 2,932.61 ต่อปี จึงทำให้เห็นผลทางเศรษฐศาสตร์ แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งในการประเมินตามมาตรฐาน LEED 2009 จะเห็นความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Silver, Gold และ Platinum และจะมีความคุ้มค่าที่สุดอยู่ในระดับ Gold ที่มีการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 โดยใช้มาตรการประหยัดพลังงาน และลดปริมาณการใช้น้ำ

ซึ่งจะต้องลงทุน 726,191.35 บาท มีผลประหยัด 106,187.15 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 543,725.90 บาท IRR 12.59% และมีระยะเวลาคืนทุน 7.92 ปี ส่วนการประเมินในระดับ Platinum จะเริ่มมีการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง แสดงดังตารางที่ 4.2

การประเมินตามมาตรฐาน LEED v.4 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ในระดับ Certified ซึ่งเป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และหมวด EA credit 1 ในลำดับกลุ่มการประเมินที่ 2 ซึ่งผลประหยัดที่เกิดขึ้น มาจากการประเมินในข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction, WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction และ EA Prerequisite 2 Minimum energy performance โดยใช้มาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 2 เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับให้ได้ทั้งหมด โดยผลประหยัดที่ได้เกิดจากการลงทุนในด้านการประหยัดน้ำ 124,334.00 บาท มีผลประหยัด 11,509.37 บาทต่อปี และมีผลประหยัดจากการทำมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 2 มีผลประหยัด 16,877.78 บาท ซึ่งยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และจะเห็นความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold และ Platinum ที่ใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และ 4 โดยอาคารจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Gold จะต้องลงทุน 978,919.35 บาท มีผลประหยัด 106,187.15 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 221,900.97 บาท IRR 8.72% และมีระยะเวลาคืนทุน 11.29 ปี ซึ่งการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ของระดับ Platinum ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง แสดงดังตารางที่ 4.3

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC

ลำดับมาตรการ	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิน TREES-NC	70,000.00	-	
0-1	Y	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	-	-	
0-8	Y	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	-	-	
0-9	1	SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 590% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-10	1	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	-	-	
0-3	1	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	-	-	
0-4	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	-	-	
0-15	1	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	-	-	
0-11	3	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.589
0-13	1	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 21.48% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

ตารางที่ 4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-16	1	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-	-	
0-18	1	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	-	-	
0-22	2	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	-	-	
0-23	1	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	-	-	
0-24	1	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	-	-	
0-19	1	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	-	-	
0-20	1	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	-	-	
0-21	1	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร	-	-	
0-17	1	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	-	-	
1-25	Y	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	-	
1-31	Y	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	10	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	-	-	การใช้พลังงาน มีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 24.21%
1-34	Y	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	14,400.00	-	อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
1-35	Y	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	-	-	
1-36	3	IE5 สภาวะน่าสบาย	-	-	
1-26	Y	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	-	-	
1-27	Y	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	55,765.00	-	
Certified	33		140,165.00	-	
2-37	1	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	-	-	
2-38	1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	-	-	
2-39	2	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	-	-	
2-40	1	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	-	-	
2-41	1	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-43	3	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	-	-	พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงจากธรรมชาติคิดเป็น 75.78% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Silver	42		140,165.00	-	
3-47	6	EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	-	16,877.78	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.23%
			178,619.57	35,811.11	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 6.86%
			213,072.78	41,988.89	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานลงได้ 8.05%
					การใช้พลังงานอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 42.36%
Gold	48		531,857.34	94,677.78	
3-48	2	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	34,666.67	4,386.26	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 8 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 1,096.57 kWh คิดเป็น 1.60% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-51	2	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	1,172,980.00	25,933.33	ติดตั้งสวนแนวตั้งที่ผนังกรอบอาคาร พื้นที่ 1,172.98 ตารางเมตร สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ 4.97%

ตารางที่ 4.1 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-50	6	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	56,334.00	2,932.61	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
4-52	1	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	30,000.00	-	
4-53	1	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	32,719.00	-	
4-54	1		200.00	-	
Platinum	61		1,858,757.01	127,929.98	

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิณ LEED 2009	140,000.00	-	
0-1	1	SS Credit 1 Site selection	-	-	
0-3	5	SS Credit 2 Development density and community connectivity	-	-	
0-4	6	SS Credit 4.1 Public transportation access	-	-	
0-5	2	SS Credit 4.4 Parking capacity	-	-	
0-8	1	SS Credit 5.2 Maximize open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	1	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.589
0-12	1	SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 8 ถัง

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	1	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 21.48% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
	1	SS Credit 7.2 Heat island effect - roof	-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 8 Light pollution reduction	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	-	-	
	2	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	-	-	
0-22	2	MR Credit 5 Regional materials	-	-	
0-23	Y	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	-	-	
0-24	1	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems - lighting	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-29	4	WE Prerequisite 1 Water use reduction	56,334.00	2,932.61	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	-	-	
1-32	7	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 เท่ากับ 24.21%
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
1-34	Y	IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	14,400.00	-	มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	IEQ Credit 2 Increased ventilation			
1-36	1	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	-	-	
2-37	2	EA Credit 3 Enhanced commissioning	-	-	
2-39	2	MR Credit 2 Construction waste management	-	-	
2-43	1	IEQ Credit 8.1 Daylight and views - daylight	-	-	

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-42	1	IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan - during construction	-	-	
	1	IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	-	-	
2-44	1	IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	-	-	พื้นที่ที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติอยู่ในช่วง 108-550 lux คิดเป็น 75.78% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
2-45	1	IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	-	-	
Certified	47		266,499.00	2,932.61	
3-47	5	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	16,877.78	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานได้ 3.23%
			178,619.57	35,811.11	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานได้ 6.86%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 34.31%
Silver	52		445,118.57	55,621.50	
3-47	4	EA Credit 1 Optimize energy performance	213,072.78	41,988.89	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานได้ 8.05%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 42.36%

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-49	4	WE Credit 1 Water efficient landscaping	68,000.00	8,576.76	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.51% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 8 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 11,704.37 ลิตร
3-50	-	WE Credit 3 Water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Water Use Reduction
Gold	60		726,191.35	106,187.15	
3-47	3	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	-	- การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ลดพลังงานได้ 7.88% - การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 50.24%
3-48	7	EA Credit 2 On-site renewable energy	325,000.00	41,121.19	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ กำลังไฟฟ้า 10,280.30 kWh คิดเป็น 13.67% ของการใช้พลังงานในอาคาร

ตารางที่ 4.2 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-53	1	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	32,719.00	-	
4-54	3	SS Credit 4.3 Alternative transportation - low-emitting and fuel-efficient vehicles	200.00	-	
4-55	1	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-59	1	IEQ Credit 4.1Low - emitting materials - adhesives and sealants	135,784.99	-	
	1	IEQ Credit 4.2 Low - emitting materials - paints and coatings			
	1	IEQ Credit 4.3 Low - emitting materials - flooring systems			
4-58	3	EA Credit 5 Measurement and verification	300,000.00	-	
Platinum	81		1,534,895.34		

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิณ LEED v.4	140,000.00	-	
0-1	1	LT Credit 1 Sensitive land protection	-	-	
0-3	5	LT Credit 3 Surrounding density and diverse uses	-	-	
0-4	5	LT Credit 4 Access to quality transit	-	-	
0-5	1	LT Credit 6 Reduce parking footprint	-	-	
0-6	1	SS Credit 1 Site assessment	-	-	
0-8	1	SS Credit 3 Open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	3	SS Credit 4 Rain water management	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.589
0-12					มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 8 ถัง

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	2	SS Credit 5 Island reduction	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 21.48% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 6 Light pollution reduction	-	-	
0-17	2	WE Credit 3 Cooling tower water use	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management	-	-	
	1	EA Credit 6 Enhance refrigerant management	-	-	
0-23	Y	EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke control	-	-	
0-24	2	EQ Credit 6 Interior lighting	-	-	
1-25	1	IP Credit Integrative process	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-28	2	WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction	68,000.00	8,576.76	ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.51% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร
1-29	4	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction	56,334.00	2,932.61	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-30	Y	WE Prerequisite 3 Building - level water metering	2,000.00	-	
	1	WE Credit 4 Water metering	-	-	
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification	-	-	
1-32	1	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	16,877.78	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 4.17%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงเมื่อเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2010 สามารถลดพลังงานลงได้ 6.51%

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-33	Y	EA Prerequisite 3 Building - level energy metering	-	-	
	1	EA Credit 3 Advanced energy metering	150,000.00	-	
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
	Y	MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning	-	-	
1-34	Y	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	114,400.00	-	ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณอากาศระบาย ในพื้นที่ใช้งานประจำ และมาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies			
1-36	1	EQ Credit 5 Thermal comfort	-	-	
2-37	6	EA Credit 1 Enhanced commissioning	-	-	
Certified	43		586,499.00	28,387.15	

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-39	2	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management	-	-	
2-42	1	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan	-	-	
	2	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment	-	-	
2-43	1	EQ Credit 7 Daylight	-	-	พื้นที่ที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติอยู่ในช่วง 300-3,000 lux คิดเป็น 75.78% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
2-44	1	EQ Credit 8 Quality view	-	-	
2-46	1	EQ Credit 9 Acoustic performance	-	-	
Silver	51		586,499.00	28,387.15	
3-47	9	EA Credit 2 Optimize energy performance	178,619.57	35,811.11	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 8.84%
			213,072.78	41,988.89	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานลงได้ 10.37%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 25.73%
Gold	60		978,191.35	106,187.15	

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	8	EA Credit 2 Optimize energy performance	170,731.50	28,788.89	มาตรการที่ 5 ลดพลังงานลงได้ 7.11%
			-	-	ติดตั้งเซลล์แสงอาทิย์ ลดพลังงานลงได้ 17.60%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงเมื่อเทียบกับมาตรฐาน สามารถลดพลังงานลงได้ 50.44%
3-48	3	EA Credit 5 Renewable energy production	563,333.33	71,276.73	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 130 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 17,819.18 kWh คิดเป็น 26.21% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-49	-	WE Credit 1 Outdoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 1 Outdoor water use reduction
3-50	-	WE Credit 2 Indoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 2 Indoor water use reduction
4-53	1	LT Credit 5 Bicycle facilities	32,719.00	-	

ตารางที่ 4.3 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-54	1	LT Credit 7 Green vehicles	200.00	-	
4-55	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-59	3	EQ Credit 2 Low - emitting materials	135,784.99	-	
4-69	1	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations			
4-60	1	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material	305,222.20	-	
4-61	1	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - material ingredients			
Platinum	80		2,201,182.38	206,252.76	

ตารางที่ 4.4 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 1

มาตรฐาน	มูลค่าก่อสร้างอาคาร	เงินลงทุน		ผลประหยัด		NPV (บาท)	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	21,031,258.26 บาท	บาท	% ของมูลค่าก่อสร้าง	บาท	% ของเงินลงทุน			
TREES-NC	Certified	140,165.00	0.67%	-	0.00%	-179,002.33	-	-
	Silver	140,165.00	0.67%	-	0.00%	-179,002.33	-	-
	Gold	531,857.34	2.53%	94,677.78	17.80%	632,454.03	15.79	6.33
	Platinum	1,858,757.01	8.84%	127,929.98	6.88%	-601,426.00	4.28	20.48
LEED 2009	Certified	266,499.00	1.27%	2,932.61	1.10%	-439,712.52	-	-
	Silver	445,118.57	2.12%	55,621.50	12.50%	202,135.15	10.42	9.53
	Gold	726,191.35	3.45%	106,187.15	14.62%	543,725.90	12.59	7.92
	Platinum	1,534,895.34	7.30%	147,308.34	9.60%	80,642.89	7.38	13.16
LEED v.4	Certified	586,499.00	2.79%	28,387.15	4.84%	-355,728.15	1.47	35.21
	Silver	586,499.00	2.79%	28,387.15	4.84%	-355,728.15	1.47	35.21
	Gold	978,191.35	4.65%	106,187.15	10.86%	221,900.97	8.72	11.29
	Platinum	2,201,182.38	10.47%	206,252.76	9.37%	46,363.89	7.14	13.57

4.2 การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 2

การประเมินอาคารตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold ส่วนการประเมินในระดับ Certified และ Silver จะเป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และ กลุ่มที่ 2 ที่จะต้องมีการลงทุนจากค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประเมินมาตรฐาน TREES-NC และการทำให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ แต่ยังไม่มีผลประหยัดจากการลงทุน โดยผลประหยัดที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการทำมาตรการประหยัดพลังงาน ในลำดับการประเมินที่ 3 ซึ่งเริ่มใช้ในระดับ Gold จะมีการลงทุนในการทำมาตรการประหยัดพลังงาน และได้รับผลประหยัดกลับคืนมา โดยอาคารในระดับ Gold เป็นระดับที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด จะต้องมีเงินลงทุน 202,715.00 บาท ได้ผลประหยัด 96,788.89 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 1,082,043.75 บาท IRR 45.75% และมีระยะเวลาคืนทุน 2.19 ปี ส่วนการได้รับรองในระดับ Platinum จะเป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ซึ่งการติดตั้งผนังต้นไม้ที่กรอบอาคารที่มีการใช้เงินลงทุนสูงมาก แต่ได้ผลตอบแทนกลับมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเงินลงทุน และการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงจนถึงระดับที่ไม่คุ้มค่าเลย แสดงดังตารางที่ 4.5

การประเมินอาคารตามมาตรฐาน LEED 2009 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ระดับ Certified ผลประหยัดที่ได้เกิดจากการทำข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Water use reduction การลดการใช้น้ำภายในอาคาร แต่ผลประหยัดที่ได้ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งในอาคารนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดอยู่ในระดับ Silver จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 301,679.00 บาท มีผลประหยัด 99,356.65 บาท และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 991,232.64 บาท IRR 30.93% และระยะเวลาคืนทุน 3.23 ปี จะเห็นว่าการลงทุนในระดับ Silver มีความคุ้มค่ามากกว่า Gold และ Platinum เกิดจากมาตรการประหยัดพลังงานที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอดไฟแบบ LED จะสามารถลดจำนวนหลอดไฟของอาคารที่ออกแบบลงได้ ทำให้จำนวนการติดตั้งหลอดไฟลดลง แต่จะมีส่วนต่างในเรื่องราคาหลอดไฟ LED ที่มีราคาสูงกว่าหลอดไฟปกติ จึงทำให้การลดหลอดไฟจากอาคารที่ออกแบบ และราคาหลอดไฟ LED ที่มีราคาสูง หักลบกันในส่วนของการลงทุน ส่วนในระดับ Gold และ Platinum เป็นการลงทุนที่ได้ผลตอบแทนกลับมาน้อยกว่า จึงทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง แต่ยังอยู่ในระดับที่ยังคุ้มทุนอยู่ แสดงดังตารางที่ 4.6

การประเมินอาคารตามมาตรฐาน LEED v.4 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ระดับ Certified เกิดจากการทำตามข้อบังคับในหมวด WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction และ WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction การประหยัดน้ำภายในและภายนอกอาคาร ทำให้ได้ผลประหยัดจากการลดปริมาณการใช้น้ำ แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยจะเริ่มมีความคุ้มค่าในการลงทุน จากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 ที่ในระดับ Gold และ Platinum ซึ่งจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดอยู่ในระดับ Gold โดยจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 583,179.00 บาท มีผลประหยัด 106,588.08 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 731,053.44 บาท IRR 16.26% และระยะเวลาคืนทุน 6.15 ปี ส่วนการประเมินในระดับ Platinum จะทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงจากการทำตามลำดับมาตรการในกลุ่มที่ 4 แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิณ TREES-NC	70,000.00	-	
0-1	Y	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	-	-	
0-8	Y	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 822% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9	1	SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ	-	-	
0-10	1	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	-	-	
0-3	1	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	-	-	
0-4	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	-	-	
0-15	1	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	-	-	
0-11	3	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.587
0-19	1	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 20.98% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

ตารางที่ 4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-16	1	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-	-	
0-18	1	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	-	-	
0-22	2	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	-	-	
0-23	1	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	-	-	
0-24	1	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	-	-	
0-19	1	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	-	-	
0-20	1	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	-	-	
0-21	1	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร	-	-	
0-17	1	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	-	-	
1-25	Y	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	-	
1-31	Y	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	10	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 25.80%
1-34	Y	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	12,000.00	-	มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
1-35	Y	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	-	-	
1-26	Y	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	-	-	
1-27	Y	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	55,765.00	-	
1-36	3	IE5 สภาวะน่าสบาย	-	-	
Certified	33		137,765.00	-	
2-37	1	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	-	-	
2-38	1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	-	-	
2-39	2	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	-	-	

ตารางที่ 4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-40	1	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	-	-	
2-41	1	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	-	-	
2-43	2	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	-	-	พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงจากธรรมชาติคิดเป็น 60.37% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Silver	41		137,765.00	-	
3-47	6	EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	-	14,133.33	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 2.79%
			64,950.00	82,655.56	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 16.32%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 44.92%
Gold	47		202,715.00	96,788.89	
3-48	2	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	43,333.33	5,482.83	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 10 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 1,370 kWh คิดเป็น 2.19% ของการใช้พลังงานในอาคาร

ตารางที่ 4.5 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-50	6	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	28,964.00	2,567.76	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 8.85 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
3-51	2	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	1,119,390.00	28,611.11	ติดตั้งสวนแนวตั้งที่ผนังกรอบอาคาร พื้นที่ 1,119.39 ตารางเมตร สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ 5.65%
4-52	1	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	30,000.00	-	
4-53	1	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	32,719.00	-	
4-54	1		200.00	-	
4-55	1	IEQ1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมีและห้องเก็บสารทำความสะอาด	1,000.00	-	
Platinum	61		1,458,321.33	133,450.59	

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิณ LEED2009	140,000.00	-	
0-1	1	SS Credit 1 Site selection	-	-	
0-3	5	SS Credit 2 Development density and community connectivity	-	-	
0-4	6	SS Credit 4.1 Public transportation access	-	-	
0-5	2	SS Credit 4.4 Parking capacity	-	-	
0-8	1	SS Credit 5.2 Maximize open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	1	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.589
0-12	1	SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	1	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 20.98% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
	1	SS Credit 7.2 Heat island effect- roof	-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 8 Light pollution reduction	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	-	-	
	2	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	-	-	
0-22	2	MR Credit 5 Regional materials	-	-	
0-23	Y	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	-	-	
0-24	1	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems-lighting	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-29	4	WE Prerequisite 1 Water use reduction	28,964.00	2,567.76	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 8.85 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	-	-	
1-32	7	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุง มีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 25.80%
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
1-34	Y	IEQ Prerequisite 1 Minimum Indoor air quality performance	12,000.00	-	มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	IEQ Credit 2 Increased ventilation	-	-	
1-36	1	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	-	-	
2-37	2	EA Credit 3 Enhanced Commissioning	-	-	
2-39	2	MR Credit 2 Construction waste management	-	-	

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-43	0	IEQ Credit 8.1 Daylight and views - daylight	-	-	
2-42	1	IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan - during construction	-	-	
	1	IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	-	-	
2-44	1	IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	-	-	
2-45	1	IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	-	-	
Certified	46		236,729.00	2,567.76	
3-47	10	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	14,133.33	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 2.79%
			64,950.00	82,655.56	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 16.32%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 44.92%
silver	56		301,679.00	99,356.65	

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	2	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	-	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ลดพลังงานลงได้ 7.58%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 52.50%
3-48	7	EA Credit 2 On-site renewable energy	303,333.33	38,379.78	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 70 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 9,594.94 kWh คิดเป็น 13.76% ของการใช้พลังงานในอาคาร
Gold	65		605,012.33	137,736.43	
3-49	4	WE Credit 1 Water efficient landscaping	59,500.00	7,201.43	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.49% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคารของมาตรฐาน LEED - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 10,039.1 ลิตร

ตารางที่ 4.6 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-50	-	WE Credit 3 Water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1
4-53	1	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	32,719.00	-	
4-54	3	SS Credit 4.3 Alternative transportation - low - emitting and fuel - efficient vehicles	200.00	-	
4-55	1	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-69	1	IEQ Credit 4.1 Low - emitting materials - adhesives and sealants	119,897.30	-	
	1	IEQ Credit 4.2 Low - emitting materials - paints and coatings			
	1	IEQ Credit 4.3 Low - emitting materials - flooring systems			
4-58	3	EA Credit 5 Measurement and verification	300,000.00	-	
Platinum	80		832,328.63	144,937.85	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิน LEED v.4	140,000.00	-	
0-1	1	LT Credit 1 Sensitive land protection	-	-	
0-3	5	LT Credit 3 Surrounding density and diverse uses	-	-	
0-4	5	LT Credit 4 Access to quality transit	-	-	
0-5	1	LT Credit 6 : Reduce parking footprint	-	-	
0-6	1	SS Credit 1 Site assessment	-	-	
0-8	1	SS Credit 3 Open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	3	SS Credit 4 Rain water management	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.589
0-12					มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	2	SS Credit 5 Island reduction	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 20.98% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
			-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 6 Light pollution reduction	-	-	
0-17	2	WE Credit 3 Cooling tower water use	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management	-	-	
	1	EA Credit 6 Enhance refrigerant management	-	-	
0-23	Y	EQ Prereq 2 Environmental tobacco smoke control	-	-	
0-24	2	EQ Credit 6 Interior lighting	-	-	
1-25	1	IP Credit Integrative process	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-28	2	WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction	59,500.00	7,201.43	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.49% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 10,039.1 ลิตร
1-29	4	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction	28,964.00	2,567.76	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 8.85 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-30	Y	WE Prerequisite 3 Building - level water metering	2,000.00	-	
	1	WE Credit 4 Water metering	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 3 Building - level water metering
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification	-	-	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	1	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	14,133.33	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.65%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 6.68%
1-33	Y	EA Prerequisite 3 Building - level energy metering	120,000.00	-	
	1	EA Credit 3 Advanced energy metering	-	-	
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
	Y	MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning	-	-	
1-34	Y	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	112,000.00	-	
	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	-	-	
1-36	1	EQ Credit 5 Thermal comfort	-	-	
2-37	6	EA Credit 1 Enhanced commissioning	-	-	
Certified	43		518,229.00	23,902.52	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-39	2	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management	-	-	
2-42	1	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan	-	-	
2-43	2	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment	-	-	
	0	EQ Credit 7 Daylight	-	-	
2-44	1	EQ Credit 8 Quality view	-	-	
2-46	1	EQ Credit 9 Acoustic performance	-	-	
Silver	50		518,229.00	23,902.52	
3-47	10	EA Credit 2 Optimize energy performance	64,950.00	82,655.56	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 21.33%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 28.01% เมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010
Gold	60		583,179.00	106,558.08	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	7	EA Credit 2 Optimize energy performance	174,674.80	35,788.89	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานลงได้ 9.24%
			154,429.91	27,877.78	มาตรการที่ 5 ลดพลังงานลงได้ 7.19%
			-	-	เซลล์แสงอาทิตย์ ลดพลังงานลงได้ 6.37%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 50.81% เมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010
3-48	3	EA Credit 5 Renewable energy production	195,000.00	24,672.71	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 45 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 6,168.18 kWh คิดเป็น 11.46% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-49	-	WE Credit 1 Outdoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1
3-50	-	WE Credit 2 Indoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 2
4-53	1	LT Credit 5 Bicycle facilities	32,719.00	-	
4-54	1	LT Credit 7 Green vehicles	200.00	-	

ตารางที่ 4.7 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 2 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-55	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-62	2	EA Credit 4 Demand respond	100,000.00	-	
4-59	3	EQ Credit 2 Low - emitting materials	119,897.30	-	
4-69	1	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations			
4-60	1	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material	312,913.74	-	
4-61	1	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - material ingredients			
Platinum	81		1,688,013.75	194,897.46	

ตารางที่ 4.8 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 2

มาตรฐาน	มูลค่าก่อสร้างอาคาร	เงินลงทุน		ผลประหยัด		NPV (บาท)	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	18,832,662.29 บาท	บาท	% ของมูลค่าก่อสร้าง	บาท	% ของเงินลงทุน			
TREES-NC	Certified	137,765.00	0.73%	-	0.00%	-175,937.34	-	-
	Silver	137,765.00	0.73%	-	0.00%	-175,937.34	-	-
	Gold	202,715.00	1.08%	96,788.89	47.75%	1,082,043.75	45.75	2.19
	Platinum	1,458,321.33	7.74%	133,450.59	9.15%	-13,553.12	6.90	13.98
LEED 2009	Certified	236,729.00	1.26%	2,567.76	1.08%	-266748.4458	-	-
	Silver	301,679.00	1.60%	99,356.65	32.93%	991,232.64	30.93	3.23
	Gold	605,012.33	3.21%	137,736.43	22.77%	1,135,569.95	20.76	4.82
	Platinum	832,328.63	4.42%	144,937.85	17.41%	561,912.93	10.73	9.26
LEED v.4	Certified	518,229.00	2.75%	23,902.52	4.61%	-330,672.35	1.10	38.28
	Silver	518,229.00	2.75%	23,902.52	4.61%	-330,672.35	1.10	38.28
	Gold	583,179.00	3.10%	106,558.08	18.27%	731,503.44	16.26	6.15
	Platinum	1,688,013.75	8.96%	194,897.46	11.55%	544,404.69	9.44	10.48

4.3 การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 3

การประเมินตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold ซึ่งเป็นการเริ่มใช้ลำดับมาตรการในกลุ่มที่ 3 ส่วนการประเมินในระดับ Certified และ Silver เป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และกลุ่มที่ 2 โดยจะต้องมีการลงทุนในการเข้าร่วมการประเมินมาตรฐาน และการลงทุนจากการทำตามข้อบังคับ แต่ไม่มีผลประหยัดกลับคืนมาในการประเมินระดับ Certified และ Silver แต่การประเมินในระดับ Gold จะเป็นการจะเป็นการลงทุนที่มีผลประหยัดจากการทำมาตรการประหยัดพลังงาน จึงทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด โดยจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 331,680.00 บาท มีผลประหยัด 67,755.56 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 515,112.64 บาท IRR 18.42% และมีระยะเวลาคืนทุน 5.43 ปี ส่วนการทำคะแนนในระดับ Platinum จะทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงถึงไม่มีความคุ้มค่าเลย จากการทำลำดับมาตรการในกลุ่มที่ 4 และการใช้พืชปกคลุมกรอบอาคารที่มีการลงทุนสูงแต่ได้ผลประหยัดกลับมาที่ไม่คุ้มค่า แสดงดังตารางที่ 4.9

การประเมินตามมาตรฐาน LEED 2009 จะเริ่มมีผลประหยัดที่ระดับ Certified จากการทำตามข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Water use reduction การลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งความคุ้มค่าในการลงทุนจะอยู่ที่ระดับ Silver, Gold และ Platinum โดยระดับ Silver จะใช้มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ ซึ่งจะได้ความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่จะต้องมีการลงทุน 469,068.00 บาท มีผลประหยัด 71,877.69 บาท และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 396,765.37 บาท IRR 13.30% และมีระยะเวลาคืนทุน 7.51 ปี จะเห็นว่าการประเมินในระดับ Silver มีความคุ้มค่ากว่าในระดับ Gold เนื่องจากมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 3 ที่ใช้ในระดับ Silver จะมีความคุ้มว่าในการลงทุนมากกว่ามาตรการการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระดับ Gold และจะไม่ความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Platinum จากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 แสดงดังตารางที่ 4.10

การประเมินตามมาตรฐาน LEED v.4 จะเริ่มมีผลประหยัดที่ระดับ Certified จากการทำตามข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction และ WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction ที่มีการลงทุนและได้ผลประหยัดจากการลดปริมาณการใช้น้ำภายในและภายนอกอาคาร แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยจะเห็นความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold จากการใช้มาตรการประหยัดพลังงานที่ 3 โดยจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 750,568.00 บาท มีผลประหยัด 78,885.21 บาท และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 134,349.73 บาท IRR 8.36% และมีระยะเวลาคืนทุน 11.75 ปี ซึ่งการประเมินในระดับ Gold เป็นระดับที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด และการประเมินในระดับ Platinum จะทำให้ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนเนื่องจากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ที่ไม่มีผลประหยัดกลับคืมมาจากการลงทุน แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าประเมินมาตรฐาน TREES-NC	70,000.00	-	
0-1	Y	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	-	-	
0-3	1	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	-	-	
0-4	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	-	-	
0-8	Y	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 614% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9	1	SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ			
0-15	1	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	-	-	
0-10	1	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	-	-	
0-11	2	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.608
0-13	1	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 25.691% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

ตารางที่ 4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-16	1	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-	-	
0-18	1	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	-	-	
0-22	2	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	-	-	
0-23	1	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	-	-	
0-24	1	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	-	-	
0-19	1	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	-	-	
0-20	1	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	-	-	
0-21	1	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร	-	-	
0-17	1	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	-	-	
1-25	Y	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	-	
1-31	Y	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	12	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 27.58%
1-34	Y	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	17,600.00	-	
1-35	Y	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	-	-	
1-26	Y	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	-	-	
1-27	Y	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	55,765.00	-	
1-36	3	IE5 สภาวะน่าสบาย	-	-	
Certified	34		143,365.00	-	
2-37	1	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	-	-	
2-38	1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้าง และเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	-	-	
2-39	2	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	-	-	
2-40	1	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	-	-	
2-41	1	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-43	1	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	-	-	พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงจากธรรมชาติคิดเป็น 52.64% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Silver	41		143,365.00	-	
3-47	6	EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	-	16,255.56	มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานได้ 3.12%
			188,315.00	51,500.00	มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานได้ 9.89%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 40.60%
Gold	47		331,680.00	67,755.56	
3-48	2	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	43,333.33	5,482.83	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 10 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 1,370 kWh คิดเป็น 1.84% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-50	6	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	67,388.00	4,122.13	ลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 13.63 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง

ตารางที่ 4.9 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-51	2	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	1,083,590.00	11,844.44	ติดตั้งสวนแนวตั้งที่ผนังกรอบอาคาร พื้นที่ 1,083.59 ตารางเมตร สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ 2.27%
4-52	1	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	30,000.00	-	
4-53	1	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	32,719.00	-	
4-54	1		200.00	-	
4-55	1	IEQ1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมีและห้องเก็บสารทำความสะอาด	2,000.00	-	
Platinum	61		1,590,910.33	89,204.96	

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าประเมินมาตรฐาน LEED 2009	140,000.00	-	
0-1	1	SS Credit 1 Site selection	-	-	
0-3	5	SS Credit 2 Development density and dommunity connectivity	-	-	
0-4	6	SS Credit 4.1 Public transportation access	-	-	
0-5	2	SS Credit 4.4 Parking capacity	-	-	
0-8	1	SS Credit 5.2 Maximize open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	1	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.608
0-12	1	SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	1	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 25.691% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
	1	SS Credit 7.2 Heat island effect - roof	-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 8 Light pollution reduction	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	-	-	
	2	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	-	-	
0-22	2	MR Credit 5 Regional materials	-	-	
0-23	Y	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	-	-	
0-24	1	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems - lighting	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-29	4	WE Prerequisite 1 Water use reduction	67,388.00	4,122.13	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 13.63 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	-	-	
1-32	8	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 27.58%
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
1-34	Y	IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	17,600.00	-	
	1	IEQ Credit 2 Increased ventilation	-	-	
1-36	1	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	-	-	
2-37	2	EA Credit 3 Enhanced commissioning	-	-	
2-39	2	MR Credit 2 Construction waste management	-	-	

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-42	1	IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan-during construction	-	-	
	1	IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	-	-	
2-43	0	IEQ Credit 8.1 Daylight and views - daylight	-	-	
2-44	1	IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	-	-	
2-45	1	IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	-	-	
Certified	47		280,753.00	4,122.13	
3-47	7	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	16,255.56	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.12%
			188,315.00	51,500.00	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 9.89%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 40.60%
Silver	54		469,068.00	71,877.69	
3-47	4	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	-	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ลดการใช้พลังงานลงได้ 7.90%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 48.49%

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-48	7	EA Credit 2 On-site renewable energy	325,000.00	41,121.19	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 75 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 10,280.30 kWh คิดเป็น 13.29% ของการใช้พลังงานในอาคาร
Gold	65		794,068.00	112,998.88	
3-49	4	WE Credit 1 Water efficient landscaping	59,500.00	7,007.52	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.51% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 9,785.93 ลิตร
3-50	-	WE Credit 3 Water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Water use reduction
4-55	1	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	15,000.00	-	
4-56					
4-57					

ตารางที่ 4.10 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-53	1	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	32,719.00	-	
4-54	3	SS Credit 4.3 Alternative transportation - low emitting and fuel fficient vehicles	200.00	-	
4-59	1	IEQ Credit 4.1 Low -emitting materials - adhesives and sealants	184,797.07	-	
	1	IEQ Credit 4.2 Low -emitting materials - paints and coatings			
	1	IEQ Credit 4.3 Low -emitting materials - flooring systems			
4-58	3	EA Credit 5 Measurement and verification	300,000.00	-	
Platinum	80		1,386,284.07	120,006.40	

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าประเมินมาตรฐาน LEED v.4	140,000.00	-	
0-1	1	LT Credit 1 Sensitive Land Protection	-	-	
0-3	5	LT Credit 3 Surrounding Density and Diverse Uses	-	-	
0-4	5	LT Credit 4 Access to quality transit	-	-	
0-5	1	LT Credit 6 Reduce parking footprint	-	-	
0-6	1	SS Credit 1 Site assessment	-	-	
0-8	1	SS Credit 3 Open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	3	SS Credit 4 Rain water management	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.608
0-12			-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	2	SS Credit 5 Island reduction	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 25.691% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
			-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 6 Light pollution reduction	-	-	
0-17	2	WE Credit 3 Cooling tower water use	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management	-	-	
	1	EA Credit 6 Enhance refrigerant management	-	-	
0-23	Y	EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke control	-	-	
0-24	2	EQ Credit 6 Interior lighting	-	-	
1-25	1	IP Credit Integrative process	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction Activity Pollution Prevention	-	-	

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-28	2	WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction	67,388.00	4,122.13	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.51% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 9,785.93 ลิตร
1-29	4	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction	59,500.00	7,007.52	ลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 13.63 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-30	Y	WE Prerequisite 3 Building - level water metering	2,000.00		
	1	WE Prerequisite Water metering	-	-	
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification	-	-	
1-32	3	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2010 11.80%

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-33	Y	EA Prerequisite 3 Building - level energy metering	120,000.00	-	
	1	EA Credit 3 Advanced energy metering	-	-	
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
	Y	MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning	-	-	
1-34	Y	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	117,600.00	-	
	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	-	-	
1-36	1	EQ Credit 5 Thermal comfort	-	-	
2-37	6	EA Credit 1 Enhanced commissioning	-	-	
Certified	45		562,253.00	11,129.65	
2-39	2	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management	-	-	

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-42	1	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan	-	-	
	2	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment	-	-	
2-43	0	EQ Credit 7 Daylight	-	-	
2-44	1	EQ Credit 8 Quality view	-	-	
2-46	1	EQ Credit 9 Acoustic performance	-	-	
Silver	52		562,253.00	11,129.65	
3-47	8	EA Credit 2 Optimize energy performance	-	16,255.56	มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานได้ 3.80%
			188,315.00	51,500.00	มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานได้ 12.05%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 27.64% เมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010
Gold	60		750,568.00	78,885.21	

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	7	EA Credit 2 Optimize energy performance	213,072.00	30,222.22	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานลงได้ 7.70%
			158,323.69	19,144.44	มาตรการที่ 5 ลดพลังงานลงได้ 4.48%
			-	-	การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ลดการใช้พลังงานลงได้ 11.54%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 50.73%
3-48	3	EA Credit 5 Renewable energy production	390,000.00	49,345.43	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 90 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 12,336.36 kWh คิดเป็น 18.98% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-49	-	WE Credit 1 Outdoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction
3-50	-	WE Credit 2 Indoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction
4-53	1	LT Credit 5 Bicycle facilities	32,719.00	-	

ตารางที่ 4.11 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 3 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-54	1	LT Credit 7 Green vehicles	200.00	-	
4-55	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-62	2	EA Credit 4 Demand respond	100,000.00	-	
4-63	3	EQ Credit 2 Low-Emitting Materials	184,979.07	-	
4-69	1	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations			
4-60	1	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material	489,648.00	-	
4-61	1	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - Material Ingredients			
Platinum	81		2,334,509.76	177,597.30	

ตารางที่ 4.12 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 3

มาตรฐาน	มูลค่าก่อสร้างอาคาร	เงินลงทุน		ผลประหยัด		NPV (บาท)	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	29,031,513.77 บาท	บาท	% ของมูลค่าก่อสร้าง	บาท	% ของเงินลงทุน			
TREES-NC	Certified	143,365.00	0.49%	-	0.00%	-183,089.00	-	-
	Silver	143,365.00	0.49%	-	0.00%	-183,089.00	-	-
	Gold	331,680.00	1.14%	67,755.56	20.43%	515,112.64	18.42	5.43
	Platinum	1,590,910.33	5.48%	89,204.96	5.61%	-795,865.77	2.61	27.72
LEED 2009	Certified	280,753.00	0.97%	4,122.13	1.47%	-301,436.27	-	-
	Silver	469,068.00	1.62%	71,877.69	15.32%	396,765.37	13.30	7.51
	Gold	794,068.00	2.74%	112,998.88	14.23%	551,412.48	12.19	8.18
	Platinum	1,386,284.07	4.78%	120,006.40	8.66%	-107,813.36	6.35	15.02
LEED v.4	Certified	562,253.00	1.94%	11,129.65	1.98%	-563,851.91	-	-
	Silver	562,253.00	1.94%	11,129.65	1.98%	-563,851.91	-	-
	Gold	750,568.00	2.59%	78,885.21	10.51%	134,349.73	8.36	11.75
	Platinum	2,334,509.76	8.04%	177,597.30	7.61%	-504,301.46	5.20	17.70

4.4 การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 4

การประเมินตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Gold ซึ่งการประเมินในระดับ Certified และ Silver จะเป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และกลุ่มที่ 2 โดยจะต้องมีการลงทุนในส่วนของค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประเมิน และการลงทุนเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับทั้งหมด ทำให้การลงทุนในระดับ Certified และ Silver เป็นระดับที่ต้องมีการลงทุนแต่ไม่มีผลประหยัด จึงทำให้ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนระดับที่มีความคุ้มค่ามากที่สุดคือระดับ Gold จะใช้การประเมินในกลุ่มที่ 3 ซึ่งจะมีการลงทุนในมาตรการประหยัดพลังงาน และมีผลประหยัดจากการลงทุน จะต้องมีการลงทุน เพิ่มขึ้น 198,515.00 บาท มีผลประหยัด 61,266.67 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ NPV 595,277.37 บาท IRR 28.86% และระยะเวลาคืนทุน 3.46 ปี การลงทุนในระดับ Platinum จะเป็นการใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 และ กลุ่มที่ 4 ซึ่งการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 และการปลูกพืชปกคลุมกรอบอาคาร ที่จะต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก แต่ได้ผลประหยัดกลับคืนมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเงินลงทุน โดยมุ่งเน้นการทำคะแนนเป็นหลัก ทำให้การประเมินในระดับ Platinum ไม่คุ้มค่าในการลงทุน แสดงดังตารางที่ 4.13

การประเมินตามมาตรฐาน LEED 2009 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ในระดับ Certified เกิดจากการมีผลประหยัดจากการทำตามข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Water use reduction การลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีการลงทุนในค่าธรรมเนียมเข้าร่วมการประเมิน และการลงทุนเพื่อให้ผ่านข้อบังคับต่างๆ โดยใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งอาคารจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Silver และ Gold จากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Silver จะต้องมีเงินลงทุน 465,775.00 บาท จะมีผลประหยัด 641,139.68 บาท มีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 293,767.36 บาท IRR 11.72% และมีระยะเวลาคืนทุน 8.50 ปี ส่วนการลงทุนในระดับ Gold จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงเนื่องจากมาตรการลดปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร จะมีความคุ้มค่าน้อยกว่าการใช้มาตรการประหยัดพลังงาน และการใช้ลำดับการลงทุนในกลุ่มที่ 4 ในระดับ Platinum จะไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน แสดงดังตารางที่ 4.14

การประเมินตามมาตรฐาน LEED v.4 จะเริ่มมีผลประหยัดตั้งแต่ในระดับ Certified จากข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Outdoor Water Use Reduction และ WE Prerequisite 2 Indoor Water Use Reduction ที่ได้ผลประหยัดจากการลดปริมาณการใช้น้ำภายในและภายนอกอาคาร แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ในระดับ Certified และ Silver โดยจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Gold จากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 ซึ่งจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 717,275.00 บาท มีผลประหยัด 70,883.46 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ NPV 66,010.32 บาท IRR 7.69% และมีระยะเวลาคืนทุน 12.69 ปี ส่วนในการประเมินในระดับ Platinum จะใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ซึ่งการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ทำให้การประเมินในระดับ Platinum ไม่คุ้มค่าในการลงทุน แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมเข้าร่วมประเมินมาตรฐาน TREES-NC	70,000.00	-	
0-1	Y	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	-	-	
0-3	1	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	-	-	
0-4	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	-	-	
0-8	Y	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	-	-	
0-9	1	SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 448% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-10	1	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	-	-	
0-15	1	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	-	-	
0-11	2	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.605
0-13	1	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 23.28% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

ตารางที่ 4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-16	1	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-	-	
0-18	1	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	-	-	
0-22	2	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	-	-	
0-23	1	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	-	-	
0-24	1	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	-	-	
0-19	1	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	-	-	
0-20	1	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	-	-	
0-21	1	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร	-	-	
0-17	1	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	-	-	
1-25	Y	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	-	
1-31	Y	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	10	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 25.65%
1-34	Y	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	10,400.00	-	มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
1-35	Y	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	-	-	
1-26	Y	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	-	-	
1-27	Y	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	55,765.00	-	
1-36	3	IE5 สภาวะน่าสบาย	-	-	
Certified	32		136,165.00	-	
2-37	1	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	-	-	
2-38	1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	-	-	
2-39	2	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	-	-	

ตารางที่ 4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-40	1	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	-	-	
2-41	1	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	-	-	
2-43	4	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	-	-	พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงจากธรรมชาติคิดเป็น 88.42% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Silver	42		136,165.00	-	
3-47	6	EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน		19,322.22	มาตรการที่ 2 ลดการใช้พลังงานลงได้ 3.83%
			62,350.00	41,944.44	มาตรการที่ 3 ลดการใช้พลังงานลงได้ 15.53%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 45.01%
Gold	48		198,515.00	61,266.67	
3-48	2	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	43,333.33	5,482.83	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 10 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 1,370 kWh คิดเป็น 2.16% ของการใช้พลังงานใน

ตารางที่ 4.13 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน TREES-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-50	6	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	197,260.00	2,873.02	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10.54 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
3-51	2	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	1,127,460.00	23,455.56	ติดตั้งสวนแนวตั้งที่ผนังกรอบอาคาร พื้นที่ 1,127.46 ตารางเมตร สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ 4.65%
4-52	1	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	30,000.00	-	
4-53	1	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	32,719.00	-	
4-54	1		200.00	-	
Platinum	61		1,629,487.33	93,078.06	

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมเข้าร่วมประเมินมาตรฐาน LEED 2009	140,000.00	-	
0-1	1	SS Credit 1 Site selection	-	-	
0-3	5	SS Credit 2 Development density and dommunity connectivity	-	-	
0-4	6	SS Credit 4.1 Public transportation access	-	-	
0-5	2	SS Credit 4.4 Parking capacity	-	-	
0-8	1	SS Credit 5.2 Maximize open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	1	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.605
0-12	1	SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	1	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 21.48% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
	1	SS Credit 7.2 Heat island effect - roof	-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 8 Light pollution reduction	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	-	-	
	2	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	-	-	
0-22	2	MR Credit 5 Regional materials	-	-	
0-23	Y	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	-	-	
0-24	1	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems - lighting	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-29	4	WE Prerequisite 1 Water use reduction	197,260.00	2,873.02	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10.54 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	-	-	
1-32	7	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ASHRAE 90.1-2007 25.65%
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
1-34	Y	IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	10,400.00	-	มาตรการที่ 1 อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	IEQ Credit 2 Increased ventilation	-	-	
1-36	1	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	-	-	
2-37	2	EA Credit 3 Enhanced commissioning	-	-	

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-39	2	MR Credit 2 Construction waste management	-	-	
2-42	1	IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan-during construction	-	-	
	1	IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	-	-	
2-45	1	IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	-	-	
2-43	1	IEQ Credit 8.1 Daylight and views - daylight	-	-	
2-44	1	IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	-	-	พื้นที่ที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติอยู่ในช่วง 108-550 lux คิดเป็น 75.78% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Certified	47		403,425.00	2,873.02	
3-47	10	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	19,322.22	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.83%
			62,350.00	41,944.44	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 15.53%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 45.01%
Silver	57		465,775.00	64,139.68	

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-49	4	WE Credit 1 Water efficient landscaping	59,500.00	6,743.78	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.55% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคารของมาตรฐาน LEED - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 9,433.77 ลิตร
Gold	61		525,275.00	70,883.46	
3-47	2	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	-	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ลดการใช้พลังงานลงได้ 7.61%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 52.62%
3-48	7	EA Credit 2 On-site renewable energy	303,333.33	38,379.78	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 70 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 9,594.94 kWh คิดเป็น 13.84% ของการใช้พลังงานในอาคาร

ตารางที่ 4.14 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-50	-	WE Credit 3 Water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1
4-55	1	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-53	1	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	32,719.00	-	
4-54	3	SS Credit 4.3 Alternative transportation - low emitting and fuel fficient vehicles	200.00	-	
4-59	1	IEQ Credit 4.1 Low -emitting materials - adhesives and sealants			
	1	IEQ Credit 4.2 Low -emitting materials - paints and coatings	142,900.25	-	
	1	IEQ Credit 4.3 Low -emitting materials - flooring systems			
4-58	3	EA Credit 5 Measurement and verification	300,000.00	-	
Platinum	81		1,319,427.58	109,263.24	

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมเข้าร่วมประเมินมาตรฐาน LEED v.4	140,000.00	-	
0-1	1	LT Credit 1 Sensitive Land Protection	-	-	
0-3	5	LT Credit 3 Surrounding Density and Diverse Uses	-	-	
0-4	5	LT Credit 4 Access to quality transit	-	-	
0-5	1	LT Credit 6 Reduce parking footprint	-	-	
0-6	1	SS Credit 1 Site assessment	-	-	
0-8	1	SS Credit 3 Open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	3	SS Credit 4 Rain water management	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.605
0-12			-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการ โดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	2	SS Credit 5 Island reduction	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 21.48% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
			-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 6 Light pollution reduction	-	-	
0-17	2	WE Credit 3 Cooling tower water use	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management	-	-	
	1	EA Credit 6 Enhance refrigerant management	-	-	
0-23	Y	EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke control	-	-	
0-24	2	EQ Credit 6 Interior lighting	-	-	
1-25	1	IP Credit Integrative process	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction Activity Pollution Prevention	-	-	

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-28	2	WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction	59,500.00	6,743.78	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.55% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 7 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 9,433.77 ลิตร
1-29	4	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction	197,260.00	2,873.02	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 10.54 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-30	Y	WE Prerequisite 3 Building - level water metering	2,000.00	-	
	1	WE Prerequisite Water metering	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 3 Building - level water metering
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification	-	-	

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	2	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	19,322.22	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 4.89%
			-	-	สามารถลดพลังงานลงได้ 9.92% เมื่อเทียบASHRAE 90.1-2010
1-33	Y	EA Prerequisite 3 Building - level energy metering	90,000.00	-	
	1	EA Credit 3 Advanced energy metering	-	-	
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	55,765.00	-	
	Y	MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning	-	-	
1-34	Y	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	110,400.00	-	อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	-	-	
1-36	1	EQ Credit 5 Thermal comfort	-	-	
2-37	6	EA Credit 1 Enhanced commissioning	-	-	
Certified	44		654,925.00	28,939.02	

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-39	2	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management	-	-	
2-42	1	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan	-	-	
	2	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment	-	-	
2-43	1	EQ Credit 7 Daylight	-	-	พื้นที่ที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติอยู่ในช่วง 300-3000 lux คิดเป็น 75.78% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
2-44	1	EQ Credit 8 Quality view	-	-	
2-46	1	EQ Credit 9 Acoustic performance	-	-	
silver	51		654,925.00	28,939.02	
3-47	10	EA Credit 2 Optimize energy performance	62,350.00	41,944.44	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานได้ 19.84%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 29.76%
Gold	61		717,275.00	70,883.46	

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	7	EA Credit 2 Optimize energy performance	213,072.78	33,177.78	มาตรการที่ 4 ลดพลังงานลงได้ 8.40%
			189,098.57	28,733.33	มาตรการที่ 5 ลดพลังงานลงได้ 7.28%
			-	-	ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถลดพลังงานลงได้ 5.56%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 51.00%
3-48	3	EA Credit 5 Renewable energy production	173,333.33	21,931.30	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 40 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 5,482.83 kWh คิดเป็น 10.18% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-49	-	WE Credit 1 Outdoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 1 Outdoor water use reduction
3-50	-	WE Credit 2 Indoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 2 Indoor water use reduction

ตารางที่ 4.15 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 4 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-55	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-51	1	LT Credit 5 Bicycle facilities	32,719.00	-	
4-52	1	LT Credit 7 Green vehicles	200.00	-	
4-59	3	EQ Credit 2 Low -emitting materials	142,900.25	-	
4-69	1	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations			
4-60	1	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material	409,646.47	-	
4-61	1	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - Material Ingredients			
Platinum	80		1,893,245.40	154,725.88	

ตารางที่ 4.16 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 4

มาตรฐาน	มูลค่าก่อสร้างอาคาร	เงินลงทุน		ผลประหยัด		NPV (บาท)	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	22,485,096.44 บาท	บาท	% ของมูลค่าก่อสร้าง	บาท	% ของเงินลงทุน			
TREES-NC	Certified	136,165.00	0.61%	-	0.00%	-173,894.00	-	-
	Silver	136,165.00	0.61%	-	0.00%	-173,894.00	-	-
	Gold	198,515.00	0.88%	61,266.67	30.86%	595,277.37	28.86	3.46
	Platinum	1,629,487.33	7.25%	93,078.06	5.71%	-791,473.21	2.76	26.94
LEED 2009	Certified	403,425.00	1.79%	2,873.02	0.71%	-475,404.01	-	-77.65
	Silver	465,775.00	2.07%	64,139.68	13.77%	293,767.36	11.72	8.50
	Gold	525,275.00	2.34%	70,883.46	13.49%	311,210.25	11.44	8.70
	Platinum	1,319,427.58	5.87%	109,263.24	8.28%	-171,269.35	5.93	15.92
LEED v.4	Certified	654,925.00	2.91%	28,939.02	4.42%	-435,468.11	-	41.34
	Silver	654,925.00	2.91%	28,939.02	4.42%	-435,468.11	-	41.34
	Gold	717,275.00	3.19%	70,883.46	9.88%	66,010.32	7.69	12.69
	Platinum	1,893,245.40	8.42%	154,725.88	8.17%	-274,236.22	5.81	16.20

4.5 การประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 5

การประเมินตามมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Silver ตั้งแต่การประเมินในครั้งแรก จากการทำตามลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 และ กลุ่มที่ 1 เนื่องจากการอาคารอ้างอิงมีการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารที่ออกแบบ ซึ่งจะสังเกตได้จากอาคารที่ออกแบบมีการใช้พลังงานในส่วนของแสงสว่างภายในอาคารสูงถึง 21 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ต้องใช้มาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟในอาคารเป็นหลอดไฟแบบ LED ซึ่งการทำมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 3 ในอาคารนี้นั้นนอกจากจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้แล้ว ยังสามารถลดจำนวนหลอดไฟในการติดตั้งได้อีกด้วย ทำให้จำนวนเงินลงทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟอาคารเป็นหลอดไฟ LED ที่มีราคาสูงกว่าหลอดไฟแบบธรรมดา สามารถนำไปหักลดส่วนต่างกับราคาของจำนวนหลอดไฟที่ลดลงได้ ซึ่งการทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ 3 นี้สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้ถึง 35.39% จากอาคารที่ออกแบบ และมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารอ้างอิง 40.73% จะสามารถทำคะแนนในข้อ EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ได้คะแนนเต็มที่ 16 คะแนน และใช้ลำดับกลุ่มการประเมินกลุ่มที่ 2 เพื่อที่จะทำคะแนนไปจนถึงระดับ Gold และมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด จะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 224,196.96 บาท มีผลประหยัด 259,944.44 บาทต่อปี และมีความคุ้มค่าในการลงทุน NPV 3,314,990.79 บาท IRR 113.94% และมีระยะเวลาคืนทุน 0.88 ปี ทำให้การประเมินในระดับ Platinum ที่มีการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ แสดงดังตารางที่ 4.17

การประเมินตามมาตรฐาน LEED 2009 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนตั้งแต่ระดับ Certified และ Silver เป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0 , 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งจะได้ผลประหยัดที่ทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนจากการทำมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 3 ในข้อกำหนด EA Prerequisite 2 Minimum energy performance ได้คะแนนในข้อนี้มากถึง 15 คะแนน โดยจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 480,710.96 บาท มีผลประหยัด 266,565.20 บาทต่อปี และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ NPV 3,079,126.12 บาท IRR 53.54% และมีระยะเวลาคืนทุน 1.87 ปี และการประเมินในระดับ Gold และ Platinum จะใช้ลำดับการประเมินในกลุ่ม 3 และกลุ่ม 4 ทำให้มีค่าความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง แต่ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ แสดงดังตารางที่ 4.18

การประเมินตามมาตรฐาน LEED v.4 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนตั้งแต่ระดับ Certified และ Silver เป็นการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งผลประหยัดที่ทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนเกิดจากการทำมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการที่ 3 ในข้อกำหนด EA Prerequisite 2 Minimum Energy Performance ซึ่งการประเมินในระดับ Certified และ Silver จะต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้น 783,710.96 บาท มีผลประหยัด 274,819.62 บาทต่อปี และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ NPV 2,806,527.94 บาท IRR 33.07% และมีระยะเวลาคืนทุน 3.02 ปี และในการประเมินระดับ Gold และ Platinum จะใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 และ 4 ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง แต่ก็ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประมินมาตรฐาน TREES-NC	70,000.00	-	
0-1	Y	SLP1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	-	-	
0-3	1	SL1 การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	-	-	
0-4	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 1-2	-	-	
0-8	Y	SLP2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	-	-	
0-9	1	SL3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคารหรือ 20% ของพื้นที่โครงการ	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 440.54% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-10	1	SL3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	-	-	
0-15	1	SL3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	-	-	
0-11	2	SL4 การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.623
0-13	1	SL5.2 มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 14.58% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

ตารางที่ 4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-16	1	SL5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-	-	
0-18	1	EA4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	-	-	
0-22	2	MR5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	-	-	
0-23	1	IE1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	-	-	
0-24	1	IE3 การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร	-	-	
0-19	1	EP1 ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	-	-	
0-20	1	EP2 ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	-	-	
0-21	1	EP3 การใช้กระจกภายนอกอาคาร	-	-	
0-17	1	EP4 การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	-	-	
1-25	Y	BMP1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	-	
1-31	Y	EAP1 การประกันคุณภาพอาคาร	-	-	

ตารางที่ 4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	16	EAP2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	-	26,600.00	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.21%
			63,361.96	233,344.44	มาตรการที่ 3 ลดพลังงานลงได้ 35.39%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 40.73%
1-34	Y	IEP1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	16,000.00	-	
1-35	Y	IEP2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	-	-	
1-26	Y	EPP1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	-	-	
1-27	Y	EPP2 การบริหารจัดการขยะ	74,835.00	-	
1-36	3	IE5 สภาวะน่าสบาย	-	-	
Silver	38		224,196.96	259,944.44	
2-37	1	BM2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	-	-	
2-38	1	BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้าง และเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	-	-	
2-39	2	MR2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	-	-	
2-40	1	IE1.1 ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อน	-	-	

ตารางที่ 4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-41	1	IEQ2.3 การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	-	-	
2-43	2	IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	-	-	พื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงจากธรรมชาติคิดเป็น 56.58% ของพื้นที่ใช้งานประจำ
Gold	46		224,196.96	259,944.44	
3-48	2	EA2 การใช้พลังงานทดแทน	65,000.00	8,224.24	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 15 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 2,056.06 kWh คิดเป็น 1.78% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-50	6	WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	186,514.00	6,620.76	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 20.89 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
3-51	2	SL5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	1,868,800.00	28,044.44	ติดตั้งสวนแนวตั้งที่ผนังกรอบอาคาร พื้นที่ 1,868.8 ตารางเมตร สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ 3.39%

ตารางที่ 4.17 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน TREE-NC (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	TREES-NC	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-55	1	IEQ1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure)สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมีและห้องเก็บสารทำความสะอาด	2,000.00	-	
4-56	1	IEQ1.5 ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	5,000.00	-	
3-52	1	BM1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	30,000.00	-	
4-53	2	SL2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ทางเลือกที่ 3-4	32,719.00	-	
4-54			200.00	-	
Platinum	61		2,414,429.96	302,833.89	

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประเมิน LEED 2009	140,000.00	-	
0-1	1	SS Credit 1 Site selection	-	-	
0-3	5	SS Credit 2 Development density and dommunity connectivity	-	-	
0-4	6	SS Credit 4.1 Public transportation access	-	-	
0-5	2	SS Credit 4.4 Parking capacity	-	-	
0-8	1	SS Credit 5.2 Maximize open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	1	SS Credit 6.1 Stormwater design - quantity control	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.623
0-12	1	SS Credit 6.2 Stormwater design - quality control	-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 5 ถัง

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	1	SS Credit 7.1 Heat island effect - nonroof	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 14.58% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
	1	SS Credit 7.2 Heat island effect - roof	-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 8 Light pollution reduction	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 3 Fundamental refrigerant management	-	-	
	2	EA Credit 4 Enhanced refrigerant management	-	-	
0-22	2	MR Credit 5 Regional materials	-	-	
0-23	Y	IEQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control	-	-	
0-24	1	IEQ Credit 6.1 Controllability of systems - lighting	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention	-	-	

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-29	4	WE Prerequisite 1 Water use reduction	186,514.00	6,620.76	ลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 20.89 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning of building energy systems	-	-	
1-32	15	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	26,600.00	มาตรการที่ 2 ลดพลังงานลงได้ 3.21%
			63,361.96	233,344.44	มาตรการที่ 3 ใช้พลังงานลงได้ 35.39%
			-	-	การใช้พลังงานอาคารน้อยกว่ามาตรฐาน ASHRAE 90.1 40.73%
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	74,835.00	-	
1-34	Y	IEQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	16,000.00	-	อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
	1	IEQ Credit 2 Increased ventilation	-	-	
1-36	1	IEQ Credit 7.1 Thermal comfort - design	-	-	
Certified	46		480,710.96	266,565.20	

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-37	2	EA Credit 3 Enhanced commissioning	-	-	
2-39	2	MR Credit 2 Construction waste management	-	-	
2-42	1	IEQ Credit 3.1 Construction indoor air quality management plan-during construction	-	-	
	1	IEQ Credit 3.2 Construction indoor air quality management plan - before occupancy	-	-	
2-45	1	IEQ Credit 7.2 Thermal comfort - verification	-	-	
2-44	1	IEQ Credit 8.2 Daylight and views - views	-	-	
Silver	53		480,710.96	266,565.20	
3-47	4	EA Credit 1 Optimize energy performance	-	-	ติดตั้งโซล่าเซลล์ ลดพลังงานลงได้ 7.95%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 48.69%
3-48	7	EA Credit 2 On-site renewable energy	520,000.00	65,793.90	ติดตั้งโซล่าเซลล์พื้นที่ 120 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 16,448.48 kWh คิดเป็น 13.42% ของการใช้พลังงานในอาคาร
Gold	64		1,000,710.96	332,359.11	

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-49	4	WE Credit 1 Water efficient landscaping	51,000.00	8,254.42	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.65% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอกอาคาร - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 6 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 8,498.44 ลิตร
3-50	-	WE Credit 3 Water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequisite 1 Water use reduction
4-55	1	IEQ Credit 5 Indoor chemical and pollutant source control	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-53	1	SS Credit 4.2 Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	32,719.00	-	
4-54	3	SS Credit 4.3 Alternative transportation - low emitting and fuel fficient vehicles	200.00	-	

ตารางที่ 4.18 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED 2009 (ต่อ)

ลำดับการประเมิน	คะแนน	LEED 2009	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-59	1	IEQ Credit 4.1 Low -emitting materials - adhesives and sealants	283,036.14	-	
	1	IEQ Credit 4.2 Low -emitting materials - paints and coatings			
	1	IEQ Credit 4.3 Low -emitting materials - flooring systems			
4-58	3	EA Credit 5 Measurement and verification	300,000.00	-	
Platinum	79		1,682,666.10	340,613.53	

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
		ค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมประมินมาตรฐาน LEED v.4	140,000.00	-	
0-1	1	LT Credit 1 Sensitive Land Protection	-	-	
0-3	5	LT Credit 3 Surrounding Density and Diverse Uses	-	-	
0-4	5	LT Credit 4 Access to quality transit	-	-	
0-5	1	LT Credit 6 Reduce parking footprint	-	-	
0-6	1	SS Credit 1 Site assessment	-	-	
0-8	1	SS Credit 3 Open space	-	-	มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่าข้อกำหนด 212.5% และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ
0-9					
0-10					
0-11	3	SS Credit 4 : Rain water management	-	-	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.623
0-12			-	-	มีการกักเก็บน้ำฝนที่ตกในโครงการโดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร จำนวน 5 ถัง

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
0-13	2	SS Credit 5 Island reduction	-	-	พื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 14.58% ของพื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ
			-	-	หลังคาอาคารชั้นดาดฟ้าทาสีขาว EPDM ค่า SRI=84 คิดเป็น 100% ของพื้นที่หลังคา
0-14	1	SS Credit 6 Light pollution reduction	-	-	
0-17	2	WE Credit 3 Cooling tower water use	-	-	
0-18	Y	EA Prerequisite 4 Fundamental refrigerant management	-	-	
	1	EA Credit 6 Enhance refrigerant management	-	-	
0-23	Y	EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke control	-	-	
0-24	2	EQ Credit 6 Interior lighting	-	-	
1-25	1	IP Credit Integrative process	-	-	
1-26	Y	SS Prerequisite 1 Construction Activity Pollution Prevention	-	-	

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-28	2	WE Prerequisite 1 Outdoor water use reduction	51,000.00	8,254.42	- ลดปริมาณการใช้น้ำภายนอกอาคารลงได้ 75.65% เมื่อเทียบกับการคำนวณการใช้น้ำภายนอก - จัดเตรียมถังเก็บน้ำฝน ถังละ 1,500 ลิตร จำนวน 6 ถัง เพื่อกักเก็บน้ำฝน 8,498.44 ลิตร
1-29	4	WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction	186,514.00	6,620.76	สามารถลดการใช้น้ำภายในอาคารลงได้ 20.89 ลิตรต่อเดือน คิดเป็น 40% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำกรณีอ้างอิง
1-30	Y	WE Prerequisite 3 Building - level water metering	2,000.00		
	1	WE Credit 3 Water metering	-	-	
1-31	Y	EA Prerequisite 1 Fundamental commissioning and verification	-	-	

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
1-32	10	EA Prerequisite 2 Minimum energy performance	-	26,600.00	มาตรการประหยัดพลังงานที่ 2
			63,361.96	233,344.44	มาตรการประหยัดพลังงานที่ 3
			-	-	การใช้พลังงานในอาคาร น้อยกว่าอาคารอ้างอิง 25.50%
1-33	Y	EA Prerequisite 3 Building - level energy metering	150,000.00	-	
	1	EA Credit 3 Advanced energy metering	-	-	
1-27	Y	MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables	74,835.00	-	
	Y	MR Prerequisite 2 Construction and demonlition waste management planning	-	-	
1-34	Y	EQ Prerequisite 1 Minimum indoor air quality performance	116,000.00	-	
	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	-	-	อัตราการระบายอากาศมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1 30%
1-36	1	EQ Credit 5 Thermal comfort	-	-	
Certified	46		783,710.96	274,819.62	

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
2-37	6	EA Credit 1 Enhanced commissioning	-	-	
2-39	2	MR Credit 5 Construction and demonlition waste management	-	-	
2-42	1	EQ Credit 3 Construction indoor air quality management plan	-	-	
	2	EQ Credit 4 Indoor air quality assessment	-	-	
2-44	1	EQ Credit 8 Quality view	-	-	
2-46	1	EQ Credit 9 Acoustic performance	-	-	
Silver	58		783,710.96	274,819.62	
3-47	3	EA Credit 2 Optimize energy performance	213,072.78	57,377.78	มาตรการที่ 4 ลดการใช้พลังงานลงได้ 8.72%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 34.22% เมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010
Gold	61		996,783.73	332,197.40	

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
3-47	5	EA Credit 2 Optimize energy performance	189,098.57	44,455.56	มาตรการที่ 5 ลดการใช้พลังงานลงได้ 6.75%
			-	-	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ลดการใช้พลังงานลงได้ 9.16%
			-	-	การใช้พลังงานของอาคารปรับปรุงสามารถลดพลังงานลงได้ 50.14% เมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010
3-48	3	EA Credit 5 Renewable energy production	476,666.67	60,311.08	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์พื้นที่ 110 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้า 15,077.77 kWh คิดเป็น 15.52% ของการใช้พลังงานในอาคาร
3-49	-	WE Credit 1 Outdoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 1 Outdoor water use reduction
3-50	-	WE Credit 2 Indoor water use reduction	-	-	คิดคะแนนไปแล้วในข้อกำหนด WE Prerequsite 2 Indoor water use reduction

ตารางที่ 4.19 การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 ตามมาตรฐาน LEED v.4 (ต่อ)

ลำดับมาตรการ	คะแนน	LEED v.4	เงินลงทุน	ผลประหยัด	หมายเหตุ
4-55	1	EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies	15,000.00	-	
4-56					
4-57					
4-53	1	LT Credit 5 Bicycle facilities	32,719.00	-	
4-54	1	LT Credit 7 Green vehicles	200.00	-	
4-62	2	EA Credit 4 Demand respond	100,000.00	-	
4-59	3	EQ Credit 2 Low -emitting materials	283,036.14	-	
4-69	1	MR Credit 2 Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	742,111.88	-	
4-60	1	MR Credit 3 Building product disclosure and optimization - sourcing of raw material			
4-61	1	MR Credit 4 Building product disclosure and optimization - Material Ingredients			
Platinum	80		2,835,615.99	436,964.04	

ตารางที่ 4.20 ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ 5

มาตรฐาน	มูลค่าก่อสร้างอาคาร	เงินลงทุน		ผลประหยัด		NPV (บาท)	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
	36,428,558.21 บาท	บาท	% ของมูลค่าก่อสร้าง	บาท	% ของเงินลงทุน			
TREES-NC	Certified	-	-	-	-	-	-	-
	Silver	224,196.96	0.62%	259,944.44	115.94%	3,314,990.79	113.94	0.88
	Gold	224,196.96	0.62%	259,944.44	115.94%	3,314,990.79	113.94	0.88
	Platinum	2,414,429.96	6.63%	302,833.89	12.54%	1,112,078.23	10.47	9.49
LEED 2009	Certified	480,710.96	1.32%	266,565.20	55.45%	3,079,126.12	53.45	1.87
	Silver	480,710.96	1.32%	266,565.20	55.45%	3,079,126.12	53.45	1.87
	Gold	1,000,710.96	2.75%	332,359.11	33.21%	3,326,561.50	31.21	3.20
	Platinum	1,682,666.10	4.62%	340,613.53	20.24%	2,570,006.17	18.24	5.48
LEED v.4	Certified	783,710.96	2.15%	274,819.62	35.07%	2,806,527.94	33.07	3.02
	Silver	783,710.96	2.15%	274,819.62	35.07%	2,806,527.94	33.07	3.02
	Gold	996,783.73	2.74%	332,197.40	33.33%	3,329,336.57	31.33	3.19
	Platinum	2,835,615.99	7.78%	436,964.04	15.41%	2,449,049.80	13.46	7.42

4.6 ภาพรวมของการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐานอาคารเขียว

จากการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่าง จำนวน 5 อาคาร ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวทั้ง 3 มาตรฐาน จะเห็นว่าอาคารสำนักงานตัวอย่างอาคารที่ 1 ถึงอาคารที่ 4 ในมาตรฐาน TREES-NC จะมีความคุ้มค่ามากที่สุดในระดับ Gold จากการทำตามลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0, 1, 2 และกลุ่มที่ 3 ซึ่งในระดับ Certified และ Silver จะไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีการลงทุนจากค่าธรรมเนียมในการประเมินมาตรฐาน และการประเมินให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ แต่กลับไม่มีผลประหยัดจากการลงทุน ส่วนการประเมินในระดับ Platinum มีการใช้กลุ่มการประเมินกลุ่มที่ 4 และใช้มาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 8 การปลูกพืชปกคลุมกรอบอาคาร ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนที่สูง แต่กลับให้ผลประหยัดกลับมาค่อนข้างน้อย แต่จะมุ่งในเรื่องการทำคะแนน ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงหรือไม่คุ้มค่าเลย

การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างในมาตรฐาน LEED 2009 จะเริ่มเห็นผลประหยัดตั้งแต่ระดับ Certified จากการทำข้อบังคับ WE Prerequisite 1 Water use reduction แต่ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดในระดับ Silver และ Gold ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 จะเห็นว่าอาคารสำนักงานตัวอย่างอาคารที่ 1 ที่มีความคุ้มค่าที่สุดในระดับ Gold จะใช้มาตรการประหยัดการใช้น้ำภายนอกอาคาร และมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 4 เนื่องจากจำเป็นต้องลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารเพื่อที่จะทำคะแนนในข้อกำหนด EA Credit 1 Optimize energy performance จึงทำให้มีความคุ้มค่ามากกว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ที่ระดับ Gold ในอาคารอื่นๆ ส่วนการประเมินในระดับ Platinum จะทำให้ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงหรือไม่มีความคุ้มค่าเลย จากการใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4

การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างในมาตรฐาน LEED v.4 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดในระดับ Gold จากการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 3 และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงหรือไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนเลย ในการประเมินระดับ Platinum จากการใช้กลุ่มการประเมินกลุ่มที่ 4 ซึ่งการประเมินในมาตรฐาน LEED v.4 จะเริ่มเห็นผลประหยัดตั้งแต่ระดับ Certified เช่นเดียวกับมาตรฐาน LEED 2009 แต่จะเกิดจากการทำตามข้อบังคับ 2 ข้อกำหนด คือ WE Prerequisite 1 Outdoor Water Use Reduction และ WE Prerequisite 1 Indoor Water Use Reduction ซึ่งยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนเช่นเดียวกัน

ส่วนอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 เป็นอาคารเดียวที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่เริ่มประเมิน ที่ระดับ Certified และ Silver เนื่องจากอาคารมีการออกแบบการใช้แสงสว่างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานไปสูงมาก ซึ่งอาคารอ้างอิง (ASHRAE 90.1-2007, ASHRAE 90.1-2010) ได้กำหนดให้มีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ไม่เกิน 11 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่อาคารสำนักงานตัวอย่าง 5 มีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง 21.34 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้อาคารที่ออกแบบมีการใช้พลังงานรวมสูงกว่าอาคารอ้างอิง จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการประหยัดพลังงานที่ 3 ตั้งแต่เริ่มการประเมินในข้อบังคับ และสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารลงได้ถึง 35.39% เมื่อเทียบกับอาคารที่ออกแบบ และยังทำคะแนนในข้อบังคับประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของทุก

มาตรฐานได้คะแนนมากว่าอาคารสำนักงานตัวอย่างอาคารอื่น ส่วนการทำคะแนนในระดับ Gold และ Platinum จะใช้มาตรการประหยัดพลังงานและการลดปริมาณการใช้น้ำที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนน้อยกว่าการเปลี่ยนหลอดไฟภายในอาคาร รวมทั้งการใช้ลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 4 ที่ไม่มีผลตอบแทนกลับมาจากการลงทุน ซึ่งยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่แต่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนลดลง ทั้งในการประเมินตามมาตรฐาน TREEES-NC , LEED 2009 และมาตรฐาน LEED v.4

การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการทำคะแนนเพื่อหาระดับความเป็นอาคารเขียวที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด จากการทำตามลำดับการประเมินในกลุ่มที่ 0-4 ตามลำดับ ซึ่งความคุ้มค่าจะอยู่ที่ระดับ Silver ถึง Gold โดยกลุ่มที่มีผลต่อความคุ้มค่ามากที่สุดคือลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 ซึ่งต้องผ่านการประเมินในกลุ่มข้อบังคับและการประเมินในกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนไม่มีผลประหยัดมาก่อนจึงจะประเมินได้ หากอาคารสำนักงานตัวอย่างในงานวิจัยนี้ไม่มีความต้องการระดับอาคารเขียวดังกล่าว แต่จะมุ่งเน้นในเรื่องความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นหลัก และต้องการเพียงผ่านการประเมินให้ได้รับฉลากอาคารเขียวเท่านั้น การเลือกใช้มาตรการที่มีผลประหยัดขึ้นมาทำต่อจากการประเมินเกณฑ์ข้อบังคับในมาตรฐานผ่านหมดแล้ว จะทำให้ช่วยลดหมวดการประเมินลงได้ ซึ่งอาจได้การรับรองมาตรฐานอาคารเขียวที่ระดับ Certified แต่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนเช่นเดียวกัน

การใช้พืชปกคลุมผนังอาคารทั้งหมด ในการประเมินระดับ Platinum ในมาตรฐาน TREES-NC จะต้องการการลงทุนที่สูง แต่ได้รับผลประหยัดจากการลดพลังงานในอาคารกลับคืนมาเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับเงินลงทุน มีผลทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงจนถึงไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งการเลือกใช้มาตรการในลำดับการประเมินที่ 4 มาใช้แทนการใช้พืชปกคลุมอาคาร เป็นแนวทางที่น่าสนใจ ถึงแม้ว่าจะไม่มีผลประหยัด แต่หากเลือกมาตรการที่ลงทุนน้อย อาจทำให้อาคารยังมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ สำหรับอาคารที่ต้องการการรับรองระดับ Platinum ในมาตรฐาน TREES-NC

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว เป็นการศึกษาถึงมาตรฐานอาคารเขียว LEED 2009, LEED v.4 และมาตรฐานอาคารเขียวไทย TREES-NC โดยใช้อาคารสำนักงานตัวอย่าง จำนวน 5 อาคาร มีขนาดพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร และกำหนดสมมติฐานเพื่อใช้ในการประเมินในแต่ละมาตรฐานอาคารเขียว มีการใช้โปรแกรม EnergyPlus จำลองการใช้พลังงานในอาคารตลอดทั้งปี และใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ คือ ระยะเวลาคืนทุน จะต้องมีระยะคืนทุนยิ่งเร็วยิ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุนแต่จะต้องมีค่าน้อยกว่าอายุอาคาร ที่กำหนดไว้ 50 ปี, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) จะต้องมีค่ามากกว่า 0 โดยใช้อัตราดอกเบี้ยธนาคารแห่งประเทศไทย ที่ 6.9695% และมูลค่าผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate return, IRR) จะต้องมีค่ามากกว่า 6.9695% ซึ่งการประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างจะเริ่มประเมินจากสมมติฐานโครงการที่ตั้งขึ้น โดยให้เป็นกลุ่มการประเมินกลุ่มที่ 0 และจะแบ่งกลุ่มการประเมินออกเป็นอีก 4 กลุ่ม ตามมาตรฐานอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน คือ 1. กลุ่มการประเมินข้อบังคับและกลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด, 2. กลุ่มที่ไม่มีการลงทุนและไม่ได้ผลประหยัด, 3. กลุ่มที่มีการลงทุนและได้ผลประหยัด และ 4. กลุ่มที่มีการลงทุนและไม่มีผลประหยัด จากผลการประเมินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารสำนักงานตัวอย่างที่เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารสำนักงานที่เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างจำนวน 5 อาคาร ตามมาตรฐานอาคารเขียว TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 โดยใช้สมมติฐานลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0-4 จะเห็นว่าอาคารที่ทำตามมาตรฐาน TREES-NC จะต้องมีการลงทุนในการเข้าร่วมการประเมินและการลงทุนจากข้อบังคับ โดยไม่มีผลประหยัดจากการลงทุน และจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนก็ต่อเมื่อการใช้มาตรการประหยัดพลังงานในกลุ่มการประเมินที่ 3 ที่ระดับ Gold ซึ่งเป็นระดับที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด และการใช้พืชปกคลุมกรอบอาคารกับการใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 ในระดับ Platinum จะทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงหรือไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ส่วนมาตรฐาน LEED 2009 และ LEED v.4 จะต้องลงทุนในเรื่องการเข้าร่วมประเมินและการประเมินให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับเช่นเดียวกัน แต่จะเริ่มเห็นผลประหยัดที่เกิดจากข้อบังคับการลดปริมาณใช้น้ำภายในอาคาร ในมาตรฐาน LEED 2009 และข้อบังคับการลดปริมาณใช้น้ำภายในและภายนอกอาคาร ในมาตรฐาน LEED v.4 ตั้งแต่ในระดับ Certified และเห็นความคุ้มค่าในการ

ลงทุนจากการทำมาตรการประหยัดพลังงานในระดับต่อไป โดย LEED 2009 และ LEED v.4 จะคุ้มค่าที่สุดในระดับ Silver และ Gold ขึ้นอยู่กับการใช้มาตรการที่ได้รับผลประหยัด และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงที่ระดับ Platinum ที่ไม่มีผลประหยัดจากการลงทุน

การลงทุนเพื่อให้ได้ระดับฉลากอาคารเขียว จะมีความคุ้มค่าก็ต่อเมื่อมีการใช้มาตรการที่ได้รับผลประหยัด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมีผลประหยัดจากการลดการใช้พลังงาน, ลดปริมาณการใช้น้ำ และการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงเมื่อมีการใช้มาตรการที่จะต้องลงทุนแต่กลับไม่มีผลประหยัด ซึ่งการเลือกใช้มาตรการนี้จะมุ่งเน้นการทำคะแนนเพื่อให้ได้ระดับฉลากที่ต้องการ โดยอาคารสำนักงานตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร ที่ประเมินตามมาตรฐานอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน จะมีระดับความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดดังต่อไปนี้

5.1.1 ระดับความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐาน TREES-NC

มาตรฐาน TREES-NC มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Gold ที่จะต้องมีเงินลงทุนเพิ่มขึ้น 0.62%-2.53% ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร และได้รับผลประหยัดจากการลงทุน คิดเป็น 17.80%-47.75% ของเงินที่ลงทุนเพิ่มขึ้น และอาจได้ผลประหยัดได้ถึง 115.94% สำหรับอาคารที่มีการออกแบบการใช้แสงสว่างภายในอาคารที่มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด การลงทุนและผลประหยัดที่ได้จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 515,112.64-3,314,990.79 บาท, มีผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) 15.79%-113.94% และมีระยะเวลาคืนทุน 0.88ปี-6.33 ปี การลงทุนในระดับ Platinum จะเป็นการใช้มาตรการที่ไม่มีผลตอบแทนจากการลงทุน และมีการใช้ผนังพืชปกคลุมกรอบอาคารที่จะต้องมีการลงทุนสูงและได้ผลตอบแทนกลับมาค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับเงินลงทุน ซึ่งเป็นการลงทุนเพื่อมุ่งเน้นการทำคะแนน ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนลดลงหรืออาจไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนเลย

5.1.2 ระดับความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐาน LEED 2009

การประเมินอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐาน LEED 2009 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด ที่ระดับ Silver และ Gold เมื่อมีการลงทุนเพิ่มขึ้น 1.32%-3.45% ของมูลค่าอาคาร และมีผลประหยัด 13.77%-55.45% ของเงินลงทุน และจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาตร์ที่ NPV 293,767.36-3,079,126.12 บาท, IRR 11.72%-53.45% และมีระยะเวลาคืนทุน 1.87-8.50 ปี โดยระดับความคุ้มค่าจะขึ้นอยู่กับการใช้มาตรการประหยัดพลังงานในลำดับการประเมินกลุ่มที่ 3 และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงในระดับ Platinum ที่มีการลงทุนเพื่อทำคะแนนแต่ไม่มีผลประหยัด

5.1.3 ระดับความคุ้มค่าของอาคารสำนักงานตัวอย่างตามมาตรฐาน LEED v.4

มาตรฐาน LEED v.4 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดที่ระดับ Silver และ Gold ขึ้นอยู่กับการใช้มาตรการประหยัดพลังงานและการใช้ลำดับการประเมินของแต่ละอาคาร โดยจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 2.15%-4.65% ของมูลค่าอาคาร และมีผลประหยัด 9.88%-35.07% ของเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น และมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ NPV 66,010.32-2,806,527.94 บาท, IRR 7.69%-

33.07% และมีระยะเวลาคืนทุน 3.02 ปี-12.69 ปี และความคุ้มค่าในการลงทุนจะลดลงเมื่อใช้ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 4 ในระดับ Platinum

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารสำนักงานที่เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

อาคารสำนักงาน	TREES-NC	LEED 2009	LEED v.4
ระดับอาคารเขียว	Gold	Silver-Gold	Silver - Gold
เงินลงทุน*	0.62% - 2.53%	1.32% - 3.45%	2.15% - 4.65%
ผลประหยัด**	17.80% - 115.94%	13.77% - 55.45%	9.88% - 35.07%
ระยะเวลาคืนทุน	0.88 - 6.33 ปี	1.87 - 8.50 ปี	3.02 - 12.69 ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, NPV (บาท)	515,112.64 - 3,314,990.78	293,767.36 - 3,079,126.12	66,010.32 - 2,806,527.94
อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน, IRR (%)	15.79% - 113.94%	11.72% - 53.45%	7.69% - 33.07%
หมายเหตุ : * % ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ** % ของมูลค่าเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น			

จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าระดับความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวในแต่ละมาตรฐาน มีการลงทุนและความคุ้มค่าที่ไม่เท่ากัน จะเห็นว่าระดับความคุ้มค่าในมาตรฐาน TREES-NC จะมีการลงทุนที่น้อยกว่า และจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า LEED 2009 และ LEED v.4 ความแตกต่างของเงินลงทุนจะเห็นได้ตั้งแต่เริ่มการประเมิน ซึ่งมาตรฐาน TREES-NC จะมีค่าธรรมเนียมการเข้าร่วมการประเมินน้อยกว่า LEED ถึง 2 เท่า ส่วนการลงทุนในมาตรฐาน LEED v.4 จะมีการลงทุนมากกว่ามาตรฐานอื่นๆ ซึ่งนอกจากจะต้องมีค่าธรรมเนียมในการประเมินแล้ว ยังมีข้อบังคับในเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ภายในอาคารที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง แต่ไม่มีผลประหยัดจากการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้ จึงส่งผลให้ความคุ้มค่าในการลงทุนมีค่าน้อยกว่า LEED 2009 และ TREES-NC ตามไปด้วย ซึ่งการลงทุนและระดับความคุ้มค่าในการลงทุนในการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน TREES-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

- TREES-NC มีเงินลงทุนที่น้อยกว่า LEED เมื่อเทียบเป็นร้อยละของมูลค่าอาคาร
- TREES-NC มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า LEED ทั้ง 2 เวอร์ชั่น เนื่องจากมีเงินลงทุนที่น้อยกว่า แต่มีผลประหยัดที่ใกล้เคียงกันจากมาตรการประหยัดพลังงานและประหยัดน้ำ
- LEED 2009 มีเงินลงทุนที่น้อยกว่า LEED v.4 เมื่อเทียบเป็นร้อยละของมูลค่าอาคาร เนื่องจาก LEED v.4 มีข้อบังคับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบระบบภายในอาคาร ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้จะไม่ได้รับผลประหยัด และต้องใช้เงินลงทุนสูงตั้งแต่การประเมินให้ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับทั้งหมด

- LEED 2009 มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า LEED v.4 เนื่องจากการลงทุนที่น้อยกว่าจากการทำให้ผ่านข้อบังคับของ LEED v.4 แต่ได้ผลประหยัดจากมาตรการประหยัดพลังงานและประหยัดน้ำ ที่มาตรการเดียวกันและมีผลประหยัดเท่ากัน

การประเมินอาคารเขียวเพื่อหาระดับที่มีความคุ้มค่ามากที่สุดในการลงทุน ของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการทำคะแนน และผลประหยัดที่ทำให้คุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด โดยจะประเมินตามสมมติฐานลำดับกลุ่มการประเมิน 0-4 ตามลำดับ ทำให้อาคารสำนักงานตัวอย่างในงานวิจัยนี้ได้ระดับความคุ้มค่าในการลงทุนดังกล่าว ซึ่งหากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นแค่การรับรองฉลากและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด อาจใช้วิธีประเมินอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด และเลือกมาตรการที่ลงทุนและได้ผลประหยัดขึ้นมาทำก่อน จะช่วยให้ลดจำนวนหมวดการประเมินในลำดับกลุ่มการประเมินที่ 2 ลงไปได้ ซึ่งอาคารสำนักงานตัวอย่างอาจจะผ่านการประเมินเพียงแค่ระดับ Certified ทั้งหมด แต่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การจัดลำดับการประเมินโดยใช้วิธีคำนวณมูลค่าการลงทุนต่อคะแนนประเมิน

การประเมินโดยใช้วิธีคำนวณมูลค่าการลงทุนต่อคะแนนในการประเมิน เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในงานวิจัยสำหรับอาคารที่มีวงเงินลงทุนที่จำกัด แต่มีความต้องการที่จะได้รับการรับรองอาคารเขียว โดยการเลือกหมวดการประเมินที่ลงทุนน้อยแล้วได้คะแนนขึ้นมาทำก่อน เช่น ข้อกำหนด WC1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ในมาตรฐาน TREES-NC, ทางเลือกที่ 5 ติดมาตรวัดการใช้น้ำย่อยในจุดใดจุดหนึ่งของโครงการ (1 คะแนน) และทางเลือกที่ 6 ติดตั้งถังเก็บน้ำฝนเพื่อใช้ในโครงการ ปริมาตรร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำฝนที่ตก 1 ปี (1คะแนน)

จะเห็นว่าทั้ง 2 ทางเลือกมีคะแนน 1 คะแนนเท่ากัน แต่การลงทุนเพื่อที่จะได้คะแนนในข้อนี้มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งทางเลือกที่ 6 เป็นการกักเก็บน้ำฝนที่ตกภายในโครงการตลอดทั้งปี ซึ่งเมื่อมีการคำนวณปริมาณน้ำฝนภายในโครงการแล้วจะต้องสร้างแหล่งกักเก็บน้ำฝนขนาดใหญ่ และต้องลงทุนสูงกว่าการติดตั้งมาตรวัดน้ำย่อย ทำให้ทางเลือกที่ 5 มีความน่าสนใจในการลงทุนมากกว่า เนื่องจากมีการลงทุนน้อยกว่า ทั้งที่ได้คะแนน 1 คะแนนเท่ากัน เป็นต้น

5.2.2 การพิสูจน์ผลการจำลองพลังงานทางคอมพิวเตอร์กับการใช้พลังงานในสถานการณ์จริง

การนำโปรแกรม EnergyPlus มาใช้ในการคำนวณพลังงานในอาคาร เป็นการจำลองการใช้พลังงานจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ควรมีการนำค่าพลังงานที่ได้จากโปรแกรม มาเปรียบเทียบกับการใช้งานในอาคารจริง โดยกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใส่ไปในโปรแกรม EnergyPlus เช่น วัสดุประกอบอาคาร, กำลังหลอดไฟ, อุปกรณ์สำนักงาน, ขนาดเครื่องปรับอากาศ และตารางการใช้งานอาคาร เป็นต้น ให้มีค่าเท่ากับอาคารที่มีการก่อสร้างและใช้งานอยู่จริง เพื่อยืนยันผลการจำลองจากโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

รายการอ้างอิง

[1] X. Cao, X. Dai, and J. Liu. (2016). "**Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade**." Energy Building 128 (September): 198–213.

[2] Enerdata. (2016). **World Power consumption Electricity consumption.** Accessed August 11. Available from https://yearbook.enerdata.net/#electricity-domestic-consumption-data-by-region.html.

[3] U.S. Department of energy. (2016). **Buildings Energy Data Book.** Accessed July 23. Available from http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro1.aspx.

[4] U.S. Energy information administration. (2016) **CBECS 2012 Energy Usage Summary.** Accessed November 23. Available from http://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/energyusage.

[5] สำนักสถิติเศรษฐกิจ และสังคมและสำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2555). "**การประมวลข้อมูลพื้นที่การก่อสร้าง พ.ศ. 2554.** สำนักสถิติพยากรณ์.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). "**สถิติพลังงานของประเทศไทย ปี 2556.** กระทรวงพลังงาน.

[7] W. L. Lee, and J. Burnett. (2008). "**Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED.**" Build. Environ 43 (November): 1882–1891.

[8] U.S. Green Building Council. (2016). **LEED.** Accessed November 23. Available from http://www.usgbc.org/LEED/

[9] BREEAM. (2016). **BREEAM in numbers worldwide.** Accessed November 23. Available from http://www.breeam.com/

[10] The Hong Kong Green Building Council (HKGBC). (2016). **BEAM Plus Statistics.** Accessed November 23. Available from https://www.hkgbc.org.hk/eng/BEAMPlusStatistics.aspx.

[11] J. Zhao, and K. P. Lam. (2012). "**Influential factors analysis on LEED building markets in U.S. East Coast cities by using Support Vector Regression.**" Sustain. Cities Soc. 5: 37–43.

[12] พันธุดา พุฒิไพโรจน์. (2557). **แนวทางออกแบบอาคารเขียว (Green Building) ตามเกณฑ์การประเมินของ LEED.** เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.coa.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539308989&Ntype=3.

[13] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2555). **เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ (TREES-NC) Version 1.1.** สถาบันอาคารเขียวไทย.

[14] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2557). **TREES Project.** เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.tgbi.or.th/about.php.

[15] The U.S. Green Building Council (USGBC). (2016). **Projects.** Accessed November 23. Available from http://www.usgbc.org/projects.

[16] U.S Green building council. (2008). **LEED 2009 FOR NEW CONSTRUCTION AND MAJOR RENOVATIONS**. U.S Green building council.

[17] U.S Green building council. (2014). **LEED v.4 for building design and construction.** U.S Green building council.

[18] จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์. (2557). **อาคารเขียวและเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวไทยกับสากล.** เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.thaicondoonline.com/itcondo/664-what-building-green.

[19] พิริยะ ผลพิรุฬห์. (2557). **เศรษฐศาสตร์อาคารเขียว (Economics of Green Building).** เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://piriya-pholphirul.blogspot.com/2014/05/economics-of-green-building_28.html.

[20] เกชา ธีระโกเมน. (2557). **How much a Green Building cost.** เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.eec-academy.com

[21] Greg Kats, and Capital E. (2003). **The costs and financial benefits of green building"** USA.

[22] A. Sabapathy, S. K. V. Ragavan, M. Vijendra, and A. G. Nataraja. (2010). **"Energy efficiency benchmarks and the performance of LEED rated buildings for Information Technology facilities in Bangalore, India."** Energy Build 42 (November): 2206–2212.

[23] J. Kneifel. (2010). **"Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings."** Energy Build 42 (March): 333–340.

[24] O. Tatari, and M. Kucukvar. (2011). **"Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach."** Build. Environ 46: 1081–1086.

[25] W. L. Lee, F. W. H. Yik, and J. Burnett. (2007). **"Assessing energy performance in the latest versions of Hong Kong Building Environmental Assessment Method (HK-BEAM)."** Energy Build 39 (March): 343–354.

[26] J. Kneifel. (2011). **"Beyond the code: Energy, carbon, and cost savings using conventional technologies."** Energy Building 43 (April): 951–959.

[27] D. Castro-Lacouture, J. A. Sefair, L. Flórez, and A. L. Medaglia. (2009). **"Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia."** Build. Environ. 44 (June): 1162–1170.

[28] H. Feng, and K. Hewage. (2014). **"Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings."** Energy Build. 75: 281–289.

[29] U.S Green building council. (2016). **All buildings in LEED is flexible enough to apply to all project types.** Accessed July 25. Available from http://www.usgbc.org.

[30] Greenest. (2016). **Greener Cars.** Accessed November 24. Available from http://www.greenercars.org/greenest-meanest/greenest.

[31] D. B. Crawley et al. (2001). **"EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program."** Energy Build. 33 (April): 319–331.

[32] นันทวรรณ หิรัญญการ และลดาวัลย์ ตั้งวิชัย. (2555). **การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารเขียว."** ปริญญานิพนธ์เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[33] EnergyPlus. (2016). **Weather Data.** Accessed November 24. Available from https://energyplus.net/weather.

[34] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2552). **เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสาหรับการเตรียมความพร้อมการก่อสร้างและอาคารปรับปรุงใหม่ (TREES - PRE NC) Version 1.1.** สถาบันอาคารเขียวไทย.

[35] ANSI, ASHRAE, USGBC, and IES. (2008). **Standard 189.1-2009 Standard for the design of high-performance green building.** ASHRAE.

[36] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2550). **คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. 2551.** กระทรวงพลังงาน.

[37] **ASHRAE 2005 HOF Material** [Computer file]. (2015). Energy plus v.8.0.0.008.

[38] ASHRAE Handboook Foundamental 2005. (2004). **CHAPTER 27 VENTILATION AND INFILTRATION**. ASHRAE .

[39] Steve DeBusk. (2012). **"New Low-e glass or window film? A comparison to help you decide.**

[40] Bureau of Trade and Economic Indicies(CMI). (2559). **ราคาวัสดุก่อสร้างกรุงเทพมหานคร ปี 2558.** เข้าถึงเมื่อ 24 พฤศจิกายน. เข้าถึงได้จาก http://www.price.moc.go.th/price/struct/index_new.asp.

[41] American Society of Heating Refrigerating, and Air-Conditioning Energineers. (2008). **Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings Achieving 30% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building.** ASHRAE.

[42] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Energineers. (2008). **Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings Achieving 50% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building.** ASHRAE.

[43] Yiqun Pan, Rongxin Yin, and Zhizhong Huang. (2007). **"Energy modeling of two office buildings with data center for green building design."** Energy Build. 40: 1145–1152.

[44] J. Rose, and K. E. Thomsen. (2015). **"Energy Saving Potential in Retrofitting of Non-residential Buildings in Denmark."** Energy Procedia 78: 1009–1014.

[45] Alexander M. Thiele, Astrid Jamet, Gaurav Sant, and Laurent Pilon. (2015). **"Annual energy analysis of concrete containing phase change materials for building envelopes"** Energy Convers. Manag. 103: 374–386.

[46] A. AlAjmi, H. Abou-Ziyan, and A. Ghoneim. (2016). **"Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate."** Appl. Energy 165: 511–521.

[47] G. Tsalikis and G. Martinopoulos. (2015). **"Solar energy systems potential for nearly net zero energy residential buildings."** Sol. Energy 115: 743–756.

[48] Y. Kwan and L. Guan. (2015). **"Design a Zero Energy House in Brisbane, Australia."** Procedia Eng 121: 604–611.

[49] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค-PEA. (2559). **ประมาณการค่าไฟฟ้า.** เข้าถึงเมื่อ 24 พฤศจิกายน. เข้าถึงได้จาก https://www.pea.co.th/home.

[50] การประปาส่วนภูมิภาค (Provincial Waterworks Authority). (2559). **อัตราค่าน้ำประปาส่วนภูมิภาค.** เข้าถึงเมื่อ 24 พฤศจิกายน. เข้าถึงได้จาก http://www.pwa.co.th/index.html.

[51] มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย. (2558). **ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2557.** เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://www.thaiappraisal.org/thai/value/value.php.

[52] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2559). **อัตราดอกเบี้ยธนาคารพาณิชย์.** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤศจิกายน. เข้าถึงได้จาก http://www.bot.or.th

[53] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2559). **ประกาศค่าตรวจประเมินอาคาร TREES-NC และ TREES-Pre NC ED 1.** เข้าถึงเมื่อ 30 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.tgbi.or.th/files/trees.

[54] U.S. Green Building Council. (2016). **Certification Fees.** Accessed July 30. Available from http://www.usgbc.org/cert-guide/fees.

[55] "กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมจังหวัดนครปฐม พ.ศ. ๒๕๕๖" (2556). **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 130 ตอนที่ 63.

[56] สวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน. (2559). **ไม้ยืนต้น.** เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.rspg.or.th/plants_data/index.htm.

[57] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2558). **"คู่มือการอบรมผู้เชี่ยวชาญอาคารเขียวรุ่นที่ 10."** เอกสารประกอบการอบรมผู้เชี่ยวชาญอาคารเขียว สถาบันอาคารเขียวไทย.

[58] Daikin. (2016). **Smash - Daikin**. Accessed December 10. Available from http://www.daikin.co.th/product/smash/

[59] **WindowGlassMaterial.idf.** [computer file]. (2015). Energy plus v.8.0.0.008.

[60] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2007). **ASHRAE 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American National Standards Institute.** ASHRAE.

[61] Toshiba Lighting Systems. (2016). **E-CORE LED.** Accessed December 10. Available from https://www.toshiba.eu/lighting/en.

[62] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004). **ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. ASHRAE.

[63] Home painting idea. (2016). **Zero Voc Paint Home Depot Home Painting Ideas.** Accessed December 10. Available from http://homepaintingideass.blogspot.com

[64] Carprt-rug. (2016). **Green Label Plus - The Carpet and Rug Institute, Inc. Dalton, GA 30722.** Accessed December 10. Available from http://www.carpet-rug.org/green-label-plus.html.

[65] สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว. (2559). **ฉลากเขียว Green label Thailand**. เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.tei.or.th/greenlabel/th_index.html.

[66] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2559). **ฉลากคาร์บอน ฉลากลดโลกร้อน.** เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=19&s2=112.

[67] บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน). (2559). **SCG eco value.** เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.scg.co.th/th/05sustainability_development/eco-value.html.

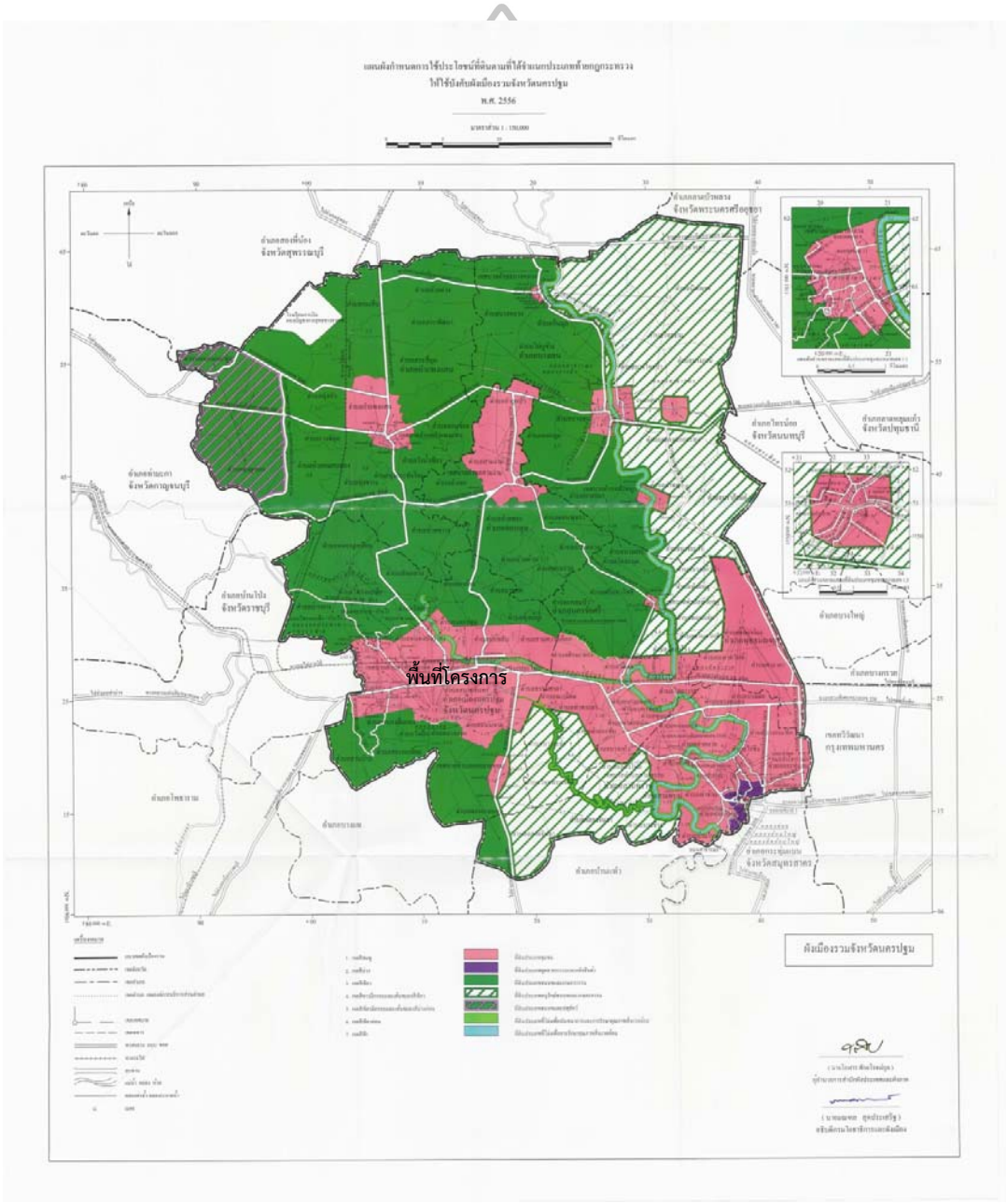
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
วิธีการประเมินอาคารตามสมมติฐานลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0 - 4

ก.1 ลำดับการประเมินกลุ่มที่ 0-4 การประเมินตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้น

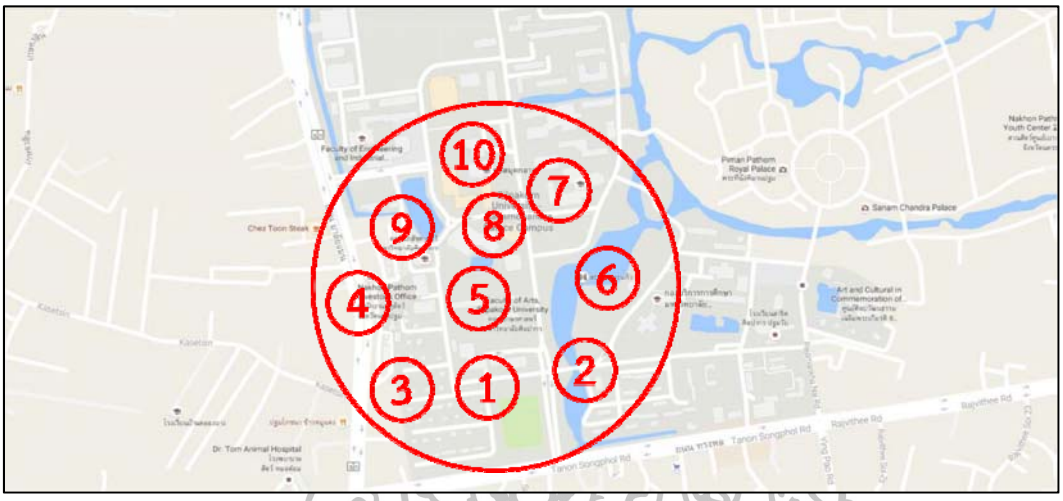
ก.1.1 มาตรการ 0-1 การเลือกพื้นที่ตั้งโครงการให้อยู่ในเขตเมือง

- พื้นที่โครงการ ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัย ศิลปากร นครปฐม อยู่ในพื้นที่ที่กำหนดไว้เป็นพื้นที่สีชมพู เป็นที่ดินประเภทชุมชน ในราชกิจจานุเบกษา กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมจังหวัดนครปฐม พ.ศ. ๒๕๕๖ [55]



รูปที่ ก.1 การเลือกสถานที่ตั้งโครงการ

ก.1.2 มาตรการ 0-3 การแสดงแหล่งสาธารณูปโภคภายในรัศมีที่กำหนด

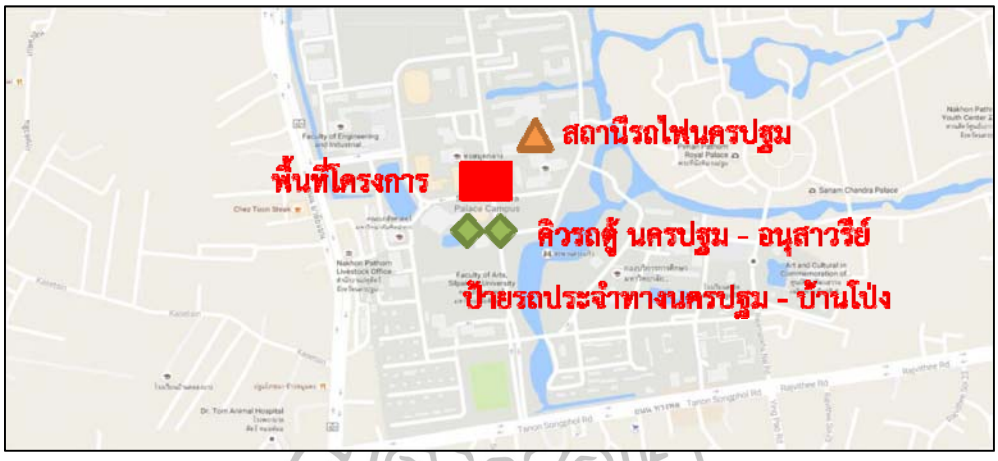


รูปที่ ก.2 ผังแสดงแหล่งสาธารณูปโภค ภายในรัศมี 500 เมตร

ตารางที่ ก.1 แหล่งสาธารณูปโภค 10 ประเภท ภายในรัศมี 500 เมตร

หมายเลขแสดงในแผนผัง	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภทสาธารณูปโภค
1	ธนาคารกรุงเทพ สาขามหาวิทยาลัยศิลปากร	สำนักงาน
2	ห้างสรรพสินค้า เทสโก้โลตัส นครปฐม	ห้างสรรพสินค้า
3	ศูนย์อาหารชุมชน หน้ามหาวิทยาลัยศิลปากร	ร้านอาหาร
4	สถานีตำรวจภูธรนครปฐม	สถานีตำรวจ
5	มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม	สถาณศึกษา
6	บิวตี้ ซาลอน	ร้านเสริมสวยและนวดแผนโบราณ
7	วัดพระงาม	วัดหรือสถานที่ทางศาสนา
8	พระราชวังสนามจันทร์	พิพิธภัณฑ์
9	ร้านกาแฟอินทนิน	ร้านกาแฟและ/หรือร้านขนม
10	โรงพยาบาลสนามจันทร์	โรงพยาบาลหรือสถานีอนามัย

ก.1.3 มาตรการ 0-4 การแสดงตำแหน่งป้ายหยุดรถประจำทาง



รูปที่ ก.3 ผังแสดงระบบขนส่งมวลชน ภายในรัศมี 500 เมตร

ก.1.4 มาตรการที่ 0-8, 0-9 การกำหนดพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศและพื้นที่สีเขียว

การคำนวณพื้นที่สีเขียวและพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศในพื้นที่โครงการ

- โครงการมีพื้นที่ทั้งหมด 3,200 ตารางเมตร
- พื้นที่ฐานอาคาร 370 ตารางเมตร
- มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 2,000 ตารางเมตร
- ในพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ มีพื้นที่สีเขียว 1,000 ตารางเมตร

มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ คิดเป็น 440.54% ของพื้นที่อาคาร และมีพื้นที่สีเขียว 50% ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ

รูปที่ ก.4 ผังพื้นที่ภายในโครงการ

ก.1.5 มาตรการ 0-10 และ 0-15 การแสดงรายชื่อพรรณไม้ที่อยู่ในโครงการ และมีต้นไม้ยืนต้นในโครงการทั้งหมด 13 ต้น

ตารางที่ ก.2 ชนิดไม้ยืนต้นที่อยู่ภายในโครงการ

ชนิดไม้ยืนต้น	จำนวน (ต้น)
กระถินณรงค์	6
กัลปพฤกษ์	2
นนทรี	2
ตีนเป็ดน้ำ	3
รวม	13

ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างรายชื่อไม้ยืนต้นที่ใช้ในงานด้านภูมิทัศน์ [56]

ชื่อสามัญ	การใช้งานด้านภูมิทัศน์ (Landscape Used)	อัตราการเจริญเติบโต	ขนาด
กระถินณรงค์	ปลูกในที่โล่ง ในสวนสาธารณะ สถานที่ราชการ ริมถนน สวนป่า ปลูกเลี้ยงง่าย โตเร็ว ทนน้ำขังแฉะ ทนแล้ง	เร็ว	สูง 7-15 เมตร
กัลปพฤกษ์	ปลูกในที่โล่ง จะทิ้งใบแล้วผลิดอกเต็มต้น ทยอยบาน3-4 สัปดาห์ รูปทรงสวย ให้ดอกสวยงามแต่ใช้เวลาในการปลูกนานจึงจะมีดอก ปลูกในสวนสาธารณะ ริมถนน ทนแล้งได้	ปานกลาง	สูง 5-15 เมตร
นนทรี	ทรงพุ่มสวย ดอกสวยมีสีสัน มีกลิ่นหอม นิยมปลูกในพื้นที่กว้าง ริมถนน ทางเดิน ที่จอดรถ สวนสาธารณะ รีสอร์ท ริมทะเล ดอกมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ทนแล้ง	เร็ว	สูง 8-20 เมตร
ตีนเป็ดน้ำ	ทรงพุ่มสวย ดอกสวยมีกลิ่นหอม ผลสวย ปลูกให้ร่มเงา ลานจอดรถ ริมถนน ปลูกประดับริมสระว่ายน้ำ ริมทะเล ทนลม ทนน้ำท่วมขัง	เร็ว	สูง 5-15 เมตร
หูกระจง	ทรงพุ่มสวย พุ่มใบละเอียดเป็นชั้นๆสวยงาม ปลูกประดับสวน อาคาร ให้ร่มเงา ริมถนน ลานจอดรถ ปลูกในพื้นที่กว้าง เช่น สวนสาธารณะ	เร็ว	สูง 15-20 เมตร

ก.1.6 มาตรการ 0-11 การคำนวณสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย

พื้นที่ผิวทั้งโครงการประกอบไปด้วย

- พื้นที่จอดรถ 285 ตารางเมตร เป็นพื้นคอนกรีต
- พื้นที่ถนน 390 ตารางเมตร เป็นพื้นคอนกรีต
- พื้นที่สีเขียว 1,000 ตารางเมตร เป็นสนามหญ้าเรียบ
- พื้นที่หลังคา 540 ตารางเมตร หลังคาดาดฟ้าคอนกรีตทั่วไป
- พื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 1,000 ตารางเมตร เป็นพื้นดินปูด้วยหินเกร็ด

Average Runoff Coefficient (สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน) สามารถคำนวณได้จาก

$$C_{AVG} = \frac{C_1A_1+C_2A_2+C_3A_3+C_4A_4}{A_1+A_2+A_3+A_4} = \frac{\sum C_iA_i}{\sum A_i}$$

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินของชนิดพื้นผิว (ตารางที่ ก.5)

A คือ พื้นที่ของพื้นผิว

จากการคำนวณสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินตามสมการที่ 1.1 จะได้ สัมประสิทธิ์การไหลภายในโครงการ เท่ากับ 0.623 คิดเป็น 2 คะแนน

ตารางที่ ก.4 ค่าคะแนนสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน [13]

สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย	คะแนน
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70	1
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 แต่น้อยกว่า 0.70	2
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แต่น้อยกว่า 0.60	3
น้อยกว่า 0.50	4

ตารางที่ ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินในแต่ละชนิดพื้นผิว [57]

ชนิดพื้นผิว	สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (C)
Pavament , Asphalt, Concrete	0.95
Pavament , Gravel	0.75
Roof , Conventional	0.95
Roof , GardenRoof (<10 cm)	0.50
Vegetation , Flat (0-1% Slope)	0.10
Vegetation , Average (1-3% Slope)	0.20

ก.1.7 มาตการ 0-13 การคำนวณพื้นที่ดาดแข็งรับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

จากสมการ $(P_R) + (P_B) + (C_S) + (C_A) + (C_P) \geq 0.5T$

C_S = ขอบเขตร่มเงาต้นไม้หรือโครงสร้างในงานภูมิทัศน์อื่นๆ โดยขอบเขตร่มเงาต้นไม้คิด ณ เวลาที่อาคารเปิดใช้หรือภายใน 5 ปี หลังการก่อสร้างพื้นที่ภายใต้ร่มเงาคำนวณโดยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของต้นไม้ใหญ่

C_A = ขอบเขตพื้นที่ดาดแข็งที่คลุมด้วยหลังคาที่มีวัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีสูงมากกว่า 30% โดยคิดเป็นพื้นที่

C_P = ขอบเขตพื้นที่ดาดแข็งที่ปกคุมด้วยพืชหรือเซลล์แสงอาทิตย์โดยคิดเป็นพื้นที่

P_R = ขอบเขตพื้นที่ดาดแข็งที่ปูด้วยวัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูงมากกว่า 30% โดยคิดเป็นพื้นที่

P_B = ขอบเขตพื้นที่ดาดแข็งที่ใช้บล็อกหญ้าหรือมีพื้นที่ปลูกพืชร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิวบล็อกหญ้า โดยคิดเป็นพื้นที่

T = พื้นที่ดาดแข็งทั้งโครงการ

แทนค่าในสมการ จะได้;

$(732.43) + (0) + (94) + (286) + (0) \geq 0.5(1141.13)$

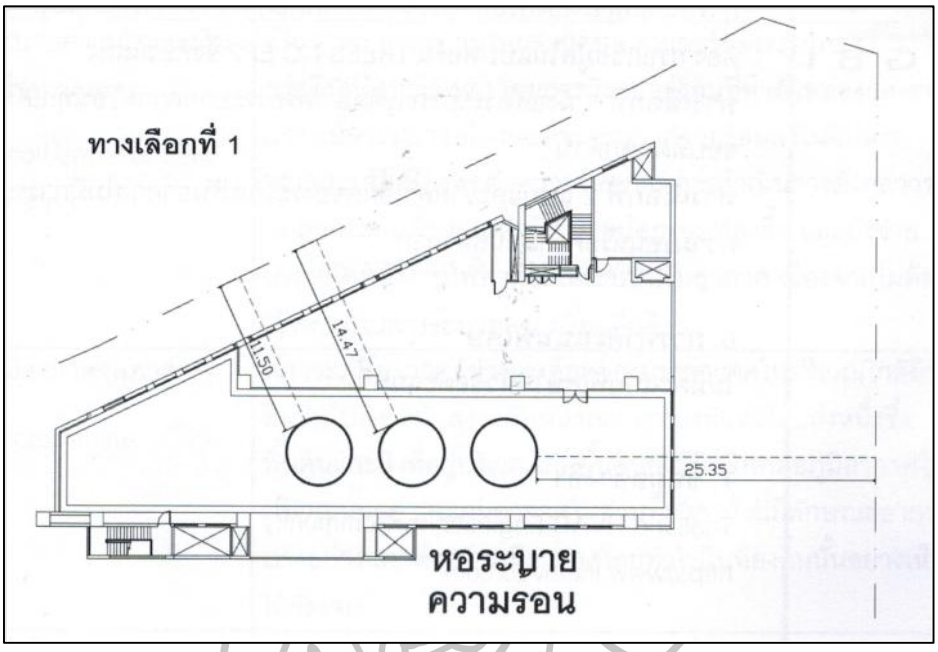
$1,112.43 \geq 705.565$

ก.1.8 มาตรการ 0-18 แสดงชนิดสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศ Split type Daikin Smash FTM SERIES-R32 [58]

DAIKIN Smash FTM SERIES-R32	Capacity		Air flow	COP	Refrigerant		
	BTU/h	kW	m3/s		Type	ODPs	GWPs
FTM09NV2S	8,900	2.70	0.158	3.740	R32	0	675
FTM13NV2S	12,700	3.70	0.165	3.551	R32	0	675
FTM15NV2S	14,400	4.40	0.292	3.719	R32	0	675
FTM18NV2S	18,090	5.30	0.292	3.550	R32	0	675
FTM24NV2S	22,530	6.50	0.300	3.497	R32	0	675
FTM28NV2S	24,500	6.90	0.382	3.162	R32	0	675

ก.1.9 มาตรการ 0-20 การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนที่เหมาะสม



รูปที่ ก.5 ตำแหน่งการวางเครื่องระบายความร้อน [57]

ก.1.10 มาตรการ 0-21 การใช้กระจกภายนอกอาคาร

กระจกที่ใช้กับอาคารสำนักงานตัวอย่างทั้ง 5 อาคาร เป็นกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร มีค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ในแนวปกติ ที่ 7.1% [59] มีค่าคุณสมบัติกระจก ดังต่อไปนี้

- Solar transmittance at normal incidence 0.775
- Front side solar reflectance at normal incidence 0.071 (7.1%)
- Back side solar reflectance at normal incidence 0.071 (7.1%)
- Visible transmittance at normal incidence 0.881
- Front side visible reflectance at normal incidence 0.08
- Back side visible reflectance at normal incidence 0.08
- Infrared transmittance at normal incidence 0
- Front side infrared hemispherical emissivity 0.84
- Back side infrared hemispherical emissivity 0.84
- Conductivity 0.9 W/m.K

ก.1.10 มาตรการ 1-29 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร

ตารางที่ ก.7 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำในอาคารสำนักงาน มีพื้นที่ใช้สอย 1,744.00 ตารางเมตร

เครื่องสุขภัณฑ์	จำนวนผู้ใช้งาน		ความถี่ต่อวัน		การใช้น้ำ		ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)			
	FTE	ผู้ติดต่อ	FTE	ผู้ติดต่อ	รุ่นธรรมดา	รุ่นประหยัดน้ำ	รุ่นธรรมดา		รุ่นประหยัดน้ำ	
	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)	(ลิตรต่อครั้ง)		FTE	ผู้ติดต่อ	FTE	ผู้ติดต่อ
สุขภัณฑ์ (หญิง)	37.91	0	3	0.5	6	3.5	0.68	0	0.40	0
สุขภัณฑ์ (ชาย)	37.91	0	1	1	6	3.5	0.23	0	0.13	0
ฟลัชวาล์วชาย	37.91	0	2	0.4	5	2	0.38	0	0.15	0
ก๊อกน้ำล้างมือ	75.83	0	3	0.5	1.5	1	0.34	0	0.23	0
ปริมาณการใช้น้ำต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)							1.63	0	0.91	0
อัตราการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน)							48.91		27.30	
สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้							44.19%			

ตารางที่ ก.8 จำนวนพนักงานที่ใช้อาคารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 ชั่งโมง/สัปดาห์ (FTE) [57]

ประเภท	พื้นที่ใช้สอย 1 คน (ตร.ม.)	
	FTE	ผู้มาติดต่อ
สำนักงาน	23	0
ศูนย์การค้า	51	12
ร้านอาหาร	41	9
โรงพยาบาล	21	31
โรงงาน	232	0
โกดัง (เก็บของ)	1,858	0
โรงแรม	139	65
สถานรับเลี้ยงเด็ก	59	10
โรงเรียน (ประถม , มัธยม)	121	13
มหาวิทยาลัย	195	14

ตารางที่ ก.9 ความถี่การใช้สุขภัณฑ์ต่อวัน [57]

ประเภทสุขภัณฑ์	FTE	ผู้มาติดต่อ		ผู้อยู่อาศัย
		ศูนย์การค้า	อื่นๆ	
	ความถี่การใช้สุขภัณฑ์ต่อวัน			
โถสุขภัณฑ์				
- ผู้หญิง	3	0.2	0.5	5
- ผู้ชาย	1	0.1	1	5
ฟลัชวาล์วที่ปัสสาวะ				
- ผู้ชาย	2	0.1	0.4	N/A
ก๊อกน้ำอ่างล้างมือ				
- ระยะเวลาไม่เกิน 15 วินาที	3	0.2	0.5	5
- ระยะเวลาไม่เกิน 12 วินาที (เปิด/ปิดอัตโนมัติ)	3	0.2	0.5	5
- ระยะเวลาไม่เกิน 60 วินาที (ผู้อาศัยอยู่ในอาคารประเภทต่างๆ)	3	0.2	0.5	5
ก๊อกฝักบัวอาบน้ำ				
- ระยะเวลาไม่เกิน 300 วินาที	0.1	0	0	1
- ระยะเวลาไม่เกิน 480 วินาที (ผู้อาศัยอยู่ในอาคารประเภทต่างๆ)	0.1	0	0	1
ก๊อกซิงค์				
- ระยะเวลาไม่เกิน 15 วินาที	1	0	0	N/A
- ระยะเวลาไม่เกิน 60 วินาที (ผู้อาศัยอยู่ในอาคารประเภทต่างๆ)	N/A	N/A	N/A	4

ก.1.11 มาตรการ1-32, 3-47 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

ตารางที่ ก.10 ร้อยละของการลดค่าใช้จ่ายพลังงานเมื่อใช้มาตรการประหยัดพลังงานที่ 1-6

การใช้พลังงาน	ASHRAE 90.1-2010	อาคารออกแบบและมาตรการที่ 1	มาตรการประหยัดพลังงาน				
			มาตรการที่ 2	มาตรการที่ 3	มาตรการที่ 4	มาตรการที่ 5	มาตรการที่ 6
ระบบปรับอากาศ	366.11	365.50	341.56	287.15	235.51	195.50	0.00
แสงสว่าง	161.61	298.32	298.32	89.22	89.22	89.22	0.00
อุปกรณ์	64.71	64.96	64.96	64.96	64.96	64.96	0.00
กรผลิตพลังงาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.28
การใช้พลังงานรวม (GJ)	592.43	728.78	704.84	441.33	389.69	349.68	295.40
ค่าพลังงาน (kWh)	164,563.89	202,438.89	195,788.89	122,591.67	108,247.22	97,133.33	82,055.56
ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	70.33	86.51	83.67	52.39	46.26	41.51	35.07
ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	658,255.56	809,755.56	783,155.56	490,366.67	432,988.89	388,533.33	328,222.25
ค่าใช้จ่ายลดลง (บาท/ปี)	-	0.00	26,600.00	319,388.89	376,766.67	421,222.22	481,533.30
ร้อยละการลดค่าใช้จ่ายพลังงานเมื่อเทียบกับ ASHRAE 90.1-2010		-23.02	-18.97	25.51	34.22	40.98	50.14

มาตรการ 3-48 การใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร

จากตารางที่ ก.3 จะใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร โดยนำการใช้พลังงานในอาคารมาตรการ ที่ 5 มาคำนวณเป็นร้อยละของการผลิตพลังงาน ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ 110 ตารางเมตร
- ปริมาณที่โซล่าเซลล์ผลิตได้ 15,077.77 kWh/ปี
- สามารถผลิตพลังงานได้เทียบเท่าการใช้พลังงานของอาคาร

จะได้ ; 100 x (60,311.08 / 388,535.33) = 15.52%

คิดเป็นคะแนนในข้อกำหนด EA Credit 5 Renewable energy production = 3 คะแนน

ก.1.12 มาตการที่ 1-34 การคำนวณอัตราการระบายอาคารในพื้นที่ปรับอากาศ

ตารางที่ ก.11 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการระบายอากาศโดยวิธีกลตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007 [60]

พื้นที่	อัตราการไหลของอากาศที่จุดนำอากาศภายนอกเข้าต่อคน (R_p) (L/s.person)	จำนวนผู้ใช้งาน (P_z)	อัตราการนำอากาศจากภายนอกต่อพื้นที่ (R_a) (L/s.m^2)	พื้นที่ใช้งาน (A_z) (m^2)	การไหลของอากาศภายนอกมายังพื้นที่หายใจ (V_{bz})	ประสิทธิผลของการระบายอากาศ (E_z)	$V_{oz} = V_{bz}/E_z$ หรือ $V_{ot} = V_{oz}$ (L/s)
กองสารสนเทศการวิจัย	2.5	3.80	0.3	76.00	32.30	1	32.30
โถงทางเดิน , ห้องน้ำ	2.5	5.25	0.3	105.00	44.63	1	44.63
รับแขก + เทอดเกียติรนักวิจัย	2.5	1.60	0.3	32.00	13.60	1	13.60
สิบเวร	2.5	0.50	0.3	10.00	4.25	1	4.25
นายทหารเวร	2.5	0.50	0.3	10.00	4.25	1	4.25
การเงิน	2.5	1.95	0.3	39.00	16.58	1	16.58
งบประมาณ	2.5	0.65	0.3	13.00	5.53	1	5.53
งานธุรการ	2.5	3.35	0.3	67.00	28.48	1	28.48

ก.1.13 มาตรการ 1-35 ความส่องสว่างจากหลอดไฟผ่านกฎกระทรวง 2539

การใช้วิธีการจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Dialux program) โดยอาคารที่ออกแบบใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ มีค่าความสว่าง 3,600 ลูเมน ซึ่งในข้อกำหนดนี้ จะทำมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟทั้งอาคารเป็นหลอดไฟ TOSHIBA LDL004D6574-TH ขนาด 23 วัตต์ มีค่าความสว่าง 2400 ลูเมน [61] แสดงดังตารางที่ ก.14

ตารางที่ ก.12 ตัวอย่างค่าความส่องสว่าง ในทางเลือกที่ 2 การใช้วิธีการจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Dialux program)

พื้นที่	Area (m^2)	ประเภทดวงโคม	ก่อนปรับปรุง		มาตรฐานกฎกระทรวง 2539	หลังปรับปรุง	
			กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (lux)		กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (lux)
Zone 1	76.00	FLU 36W	1,472	851	300	460	353
Zone 2	105.00	FLU 36W	2,760	884	200	506	213
Zone 3	32.00	FLU 36W	736	771	300	230	320
Zone 4	10.00	FLU 36W	184	443	300	115	360
Zone 5	10.00	FLU 36W	184	443	300	115	362

ก.1.14 มาตรการ 1-36 แสดงภาวะสบายผ่านเกณฑ์ ASHRAE 55-2004

กำหนดลักษณะการทำงาน ASHRAE 55:2004 [62]

- Office Activities; Seat, reading, or writing Met unit = 1 met
- สภาพการทำงาน 5%

ลักษณะการสวมใส่เสื้อผ้า

- กางเกงขาวยาว, เสื้อเชิ๊ตแขนยาว 0.61clo
- ชุดชั้นใน 0.04clo
- ถุงเท้า 0.02clo
- รองเท้า 0.02clo

ตารางที่ ก.13 การคำนวณพื้นที่ภาวะสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55-2004 ภายในอาคาร [57]

พื้นที่	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.ม.)	พื้นที่ปรับอากาศ		พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	
		พื้นที่ใช้งานประจำ (ตร.ม)	ผ่านมาตรฐานภาวะน่าสบาย (ตร.ม.)	พื้นที่ใช้งานประจำ (ตร.ม)	ผ่านมาตรฐานภาวะน่าสบาย (ตร.ม.)
ชั้น 1	900	350	350	350	320
ชั้น 2	850	650	650	80	50
รวม	1750	1000	1000	430	370
คิดสัดส่วน (ร้อยละ)		[(1000+370) / (1000+430)] x 100 = 95.80			
ได้คะแนน		3 คะแนน			

ก.1.15 มาตรการ 4-59 การใช้วัสดุที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย

วิธีการประเมินค่าสารระเหยในวัสดุ สามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ

(1) ประเมินค่าสารละเหยของแต่ละผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ ก.14

(2) วิธีการ VOC budget สามารคำนวณได้จาก

- ปริมาณสารที่ระเหยออกมาจริง = ปริมาณของผลิตภัณฑ์ x ปริมาณการปล่อย VOCs ของผลิตภัณฑ์

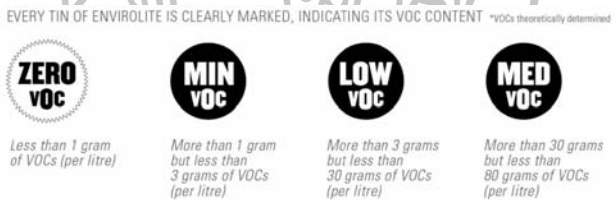
- ปริมาณสารระเหยง่ายตามมาตรฐาน = ปริมาณของผลิตภัณฑ์ x ปริมาณการปล่อย VOCs ตามมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ ก.15

ตารางที่ ก.14 การประเมินค่าสารระเหยของแต่ละผลิตภัณฑ์ [57]

ผลิตภัณฑ์วัสดุประสาน วัสดุยาแนวและรองพื้น	ผู้ผลิต / รุ่น	ได้รับการรับรองอาคารเขียว	ค่า VOCs มาตรฐาน (g/L) ของผลิตภัณฑ์	ปริมาณ VOCs (g/L) ที่ปล่อยออกมาจริง	ผลการประเมิน
1. สีทาภายในกึ่งเงา	บ. SOC Thai / Typical	-	250	250	ผ่าน
2. สีทาภายในกึ่งเงา	บ. SOC Thai / Typical	ฉลากเขียว	250	250	ผ่าน
3. สารเคลือบป้องกันสนิม	บ. SOC Thai / Metal clean	ฉลากเขียว	420	410	ผ่าน
4. พรมอัดเรียบ	บ.พรมดี / CPP-200	NSF / ANSI 140-2007	-	-	ผ่าน
5. กาวติดพรมในอาคาร	Cr-525	-	50	45	ผ่าน
6. ไม้ลามิเนต	บ.ไม้ไทย / LM10	ใช้วัสดุประสานระดับ E0			ผ่าน
7. กาวติดพื้นไม้	บ. ส.เคมีภัณฑ์ / M	ไม่มียูเรีย-ฟอร์มาดีไฮด์	100	100	ผ่าน

ตารางที่ ก.15 การประเมินค่าสารระเหยโดยใช้วิธี VOC budget [57]

ผลิตภัณฑ์สีและวัสดุเคลือบผิว	ผู้ผลิต / รุ่น	ปริมาณที่ใช้ (ลิตร)	ค่า VOCs ตามมาตรฐาน		ปริมาณ VOC sที่ปล่อยออกมา	
			ค่า VOCs (g/L) ตามมาตรฐาน	ปริมาณ VOCs รวม (กรัม)	ค่า VOCs (g/L) ที่ปล่อยออกมาจริง	ปริมาณ VOCs รวม (กรัม)
1. สีทาภายในแบบกึ่งเงา	บ. T-Tun / Season change	1200	250	300000	200	240000
2. สีทาภายในแบบด้าน	บ. T-Tun / In F3	1800	250	450000	190	342000
3. สารรองพื้นแบบแห้งเร็ว	บ. T-Tun / Pr.3	800	350	280000	250	200000
4. สารเคลือบผิวตกแต่ง	บ. GTH / T-Coat	350	700	245000	710	248500
5. เซลแล็กแบบใส	บ. GTH / Sh-8	250	730	182500	760	190000
6. แล็กเกอร์ใสแบบทา	บ. GTH / LC-5	50	680	34000	690	34500
ปริมาณ VOCs รวม				1491500		1255000
ผลการประเมิน =					ผ่าน	



รูปที่ ก.6 ระดับฉลากรับรองวัสดุที่มีสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) [63]

รูปที่ ก.7 ฉลากรับรองพรมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน [64]

รูปที่ ก.8 ฉลากรับรองผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้วัสดุประสานระดับ E0

ก.1.16 มาตรการใช้วัสดุที่มีฉลากแวดล้อมรับรอง

- มูลค่าวัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน = % ของน้ำหนักวัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน x ราคาของวัสดุนั้นๆ

- สัดส่วนของวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (%) = 100 x มูลค่าของวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม / มูลค่าวัสดุของโครงการ

ตารางที่ ก.16 ตัวอย่างการคำนวณมูลค่าวัสดุฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน

มูลค่าวัสดุก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่าง 5						19,275,617
วัสดุ	ราคา	ฉลากเขียว	ฉลากคาร์บอน	มูลค่าวัสดุ	ผู้ผลิต	เอกสาร
กระจก	80,522.00	100%	0%	80,521.85	AAA	ผู้ผลิต
พื้นกระเบื้อง	1,082,140.00	100%	0%	1,082,140.00	BBB	ผู้ผลิต
ชุดประตูหน้าต่าง	67,283.00	100%	0%	67,283.13	A1A	ผู้ผลิต
ฉนวนกันความร้อน	101,803.00	100%	0%	101,803.28	A1A	ผู้ผลิต
ปูนซีเมนต์	540,000.00	80%	80%	864,000.00	A1A	ผู้ผลิต
รวมมูลค่าวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการ						2,195,748
ร้อยละ ของมูลค่าวัสดุที่ได้รับฉลากโครงการ						11.39

รูปที่ ก.9 ฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของประเทศไทย [65], [66]

รูปที่ ก.10 ฉลาก SCG ECO VALUE [67]

ตารางที่ ก.17 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองฉลากเขียว [65]

รายละเอียดผลรายละเอียดผลิตภัณฑ์ที่ได้รับรองฉลากเขียว ประจำเดือน พฤศจิกายน 2559							
ฉนวนกันความร้อน (TGL-14-R1-11)					รายละเอียดสัญญา		
ลำดับ	บริษัท	เครื่องหมายการค้า	ผลิตภัณฑ์	จำนวนรุ่น	เลขที่สัญญา	ระยะเวลา	วันหมดอายุ
1	บริษัท แอร์โรแฟลกซ์ จำกัด	Aeroflex-HF	ประเภทฉนวนยางกันความร้อนจำนวน 1 รุ่น ได้แก่ Aeroflex-HF (Tube and Sheet)	1	GL2014/861	3 ปี	31 ส.ค. 60
2	บริษัท ไมโครไฟเบอร์ อุตสาหกรรม จำกัด	ไมโครไฟเบอร์	ประเภท: ใยแก้ว จำนวน 11 รุ่น ได้แก่ 1. 1250 2. 1275 3. 12100 4. 1625 5. 1650 6. 2425 7. 2450 8. 3225 9. 3250 10. 4825 11. 4850	11	GL2015/919	3 ปี	1 ก.ค. 61
ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อผนัง (TGL-61-11)							
1	บริษัท อีโค แมท จำกัด	EKOBLOK	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น สัญลักษณ์ 2 ขนาด (สูง×หนา×ยาว) 19×7×39, 19x14x39, 19x19x39 เซนติเมตร	1	GL2014/830 (1)	3 ปี	4 พ.ค. 60
2	บริษัท อินทรีซุปเปอร์บล๊อก จำกัด	INSEE SUPERBLOCK	ประเภท : คอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ ชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7	1	GL2016/056	1 ปี	6 ส.ค. 60

ภาคผนวก ข
ผลการจำลองการใช้แสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

มาตรการที่ 2-43 การจำลองการใช้แสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

การจำลองการใช้แสงธรรมชาติ เป็นข้อกำหนดที่อยู่ในมาตรฐานอาคารเขียว ทั้ง 3 มาตรฐาน ที่เป็นการประเมินที่ไม่ต้องมีการลงทุน แต่สามารถทำคะแนนได้ โดยคะแนนในมาตรฐาน TREE-NC จะมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน, LEED 2009 มี 1 คะแนน และ LEED v.4 มี 2 คะแนน

ตัวอย่าง การคิดคะแนนข้อกำหนด IE4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ของมาตรฐาน TREES- NC

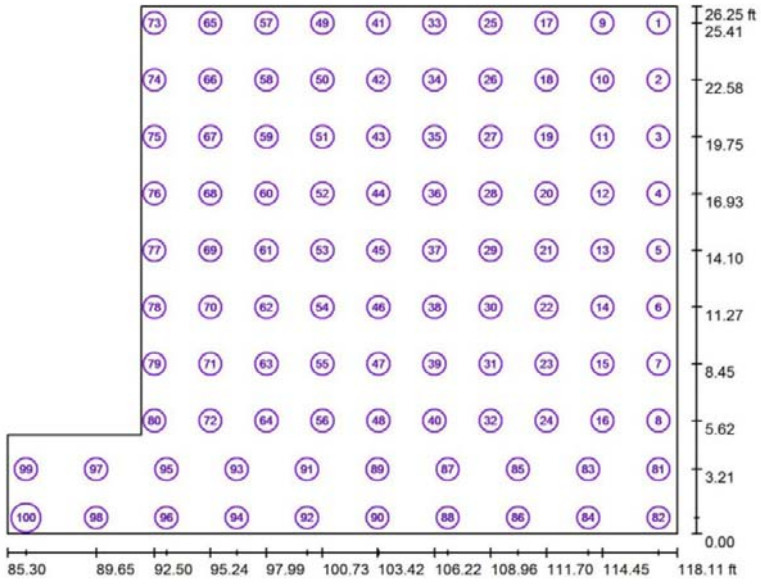
- อาคารมีพื้นที่ใช้งานประจำทั้งหมด 1,242.25 ตารางเมตร
- จากการจำลองแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรม Dialux พบพื้นที่ที่มีตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จำนวน 702.95 ตารางเมตร
- พื้นที่ 702.95 ตารางเมตร คิดเป็น 56.58% ของพื้นที่ใช้งานประจำทั้งหมด
- สามารถทำคะแนนได้ 2 คะแนน

Project 1 DIALux

12 / 06 / 2016

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

1F Thermal Zone 8 / Light scene 1 / Daylight calculation points (results overview)



Scale 1 : 72

Calculation Points List

No.	Designation	Position [ft] X	Y	Z	Rotation [°] X	Y	Z	Value [%]
1	Daylight factor 2	117.191	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	2.52
2	Daylight factor 2	117.191	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	2.65
3	Daylight factor 2	117.191	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	1.60

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

1F Thermal Zone 8 / Light scene 1 / Daylight calculation points (results overview)

Calculation Points List

No.	Designation	Position [ft] X	Y	Z	Rotation [°] X	Y	Z	Value [%]
4	Daylight factor 2	117.191	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.11
5	Daylight factor 2	117.191	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	0.95
6	Daylight factor 2	117.191	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	0.99
7	Daylight factor 2	117.191	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.16
8	Daylight factor 2	117.191	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	1.93
9	Daylight factor 2	114.448	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	11
10	Daylight factor 2	114.448	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	4.68
11	Daylight factor 2	114.448	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.02
12	Daylight factor 2	114.448	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.21
13	Daylight factor 2	114.448	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.01
14	Daylight factor 2	114.448	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.05
15	Daylight factor 2	114.448	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.27
16	Daylight factor 2	114.448	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.34
17	Daylight factor 2	111.704	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	9.13
18	Daylight factor 2	111.704	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	5.36
19	Daylight factor 2	111.704	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.30
20	Daylight factor 2	111.704	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.32
21	Daylight factor 2	111.704	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.08
22	Daylight factor 2	111.704	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.11
23	Daylight factor 2	111.704	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.37
24	Daylight factor 2	111.704	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.39
25	Daylight factor 2	108.960	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	12
26	Daylight factor 2	108.960	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	5.01
27	Daylight factor 2	108.960	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.24
28	Daylight factor 2	108.960	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.36
29	Daylight factor 2	108.960	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.16
30	Daylight factor 2	108.960	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.17
31	Daylight factor 2	108.960	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.51
32	Daylight factor 2	108.960	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.71
33	Daylight factor 2	106.217	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	3.71

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

1F Thermal Zone 8 / Light scene 1 / Daylight calculation points (results overview)

Calculation Points List

No.	Designation	Position [ft] X	Y	Z	Rotation [°] X	Y	Z	Value [%]
34	Daylight factor 2	106.217	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	3.56
35	Daylight factor 2	106.217	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	1.98
36	Daylight factor 2	106.217	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.35
37	Daylight factor 2	106.217	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.13
38	Daylight factor 2	106.217	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.24
39	Daylight factor 2	106.217	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.59
40	Daylight factor 2	106.217	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	3.08
41	Daylight factor 2	103.473	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	3.58
42	Daylight factor 2	103.473	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	3.40
43	Daylight factor 2	103.473	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.01
44	Daylight factor 2	103.473	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.35
45	Daylight factor 2	103.473	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.17
46	Daylight factor 2	103.473	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.24
47	Daylight factor 2	103.473	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.57
48	Daylight factor 2	103.473	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.94
49	Daylight factor 2	100.729	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	12
50	Daylight factor 2	100.729	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	4.89
51	Daylight factor 2	100.729	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.19
52	Daylight factor 2	100.729	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.39
53	Daylight factor 2	100.729	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.15
54	Daylight factor 2	100.729	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.22
55	Daylight factor 2	100.729	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.53
56	Daylight factor 2	100.729	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.52
57	Daylight factor 2	97.986	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	8.15
58	Daylight factor 2	97.986	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	5.20
59	Daylight factor 2	97.986	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.21
60	Daylight factor 2	97.986	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.29
61	Daylight factor 2	97.986	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.14
62	Daylight factor 2	97.986	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.20
63	Daylight factor 2	97.986	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.48

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

1F Thermal Zone 8 / Light scene 1 / Daylight calculation points (results overview)

Calculation Points List

No.	Designation	Position [ft] X	Y	Z	Rotation [°] X	Y	Z	Value [%]
64	Daylight factor 2	97.986	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.49
65	Daylight factor 2	95.242	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	12
66	Daylight factor 2	95.242	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	4.74
67	Daylight factor 2	95.242	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	2.04
68	Daylight factor 2	95.242	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.20
69	Daylight factor 2	95.242	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	1.04
70	Daylight factor 2	95.242	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.15
71	Daylight factor 2	95.242	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.50
72	Daylight factor 2	95.242	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	2.79
73	Daylight factor 2	92.498	25.408	2.461	0.0	0.0	0.0	3.09
74	Daylight factor 2	92.498	22.581	2.461	0.0	0.0	0.0	2.96
75	Daylight factor 2	92.498	19.755	2.461	0.0	0.0	0.0	1.64
76	Daylight factor 2	92.498	16.928	2.461	0.0	0.0	0.0	1.11
77	Daylight factor 2	92.498	14.101	2.461	0.0	0.0	0.0	0.96
78	Daylight factor 2	92.498	11.275	2.461	0.0	0.0	0.0	1.05
79	Daylight factor 2	92.498	8.448	2.461	0.0	0.0	0.0	1.33
80	Daylight factor 2	92.498	5.622	2.461	0.0	0.0	0.0	3.10
81	Daylight factor 2	117.191	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	3.78
82	Daylight factor 2	117.191	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	5.15
83	Daylight factor 2	113.748	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	5.16
84	Daylight factor 2	113.748	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	10
85	Daylight factor 2	110.305	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	4.49
86	Daylight factor 2	110.305	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	4.63
87	Daylight factor 2	106.862	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	6.40
88	Daylight factor 2	106.862	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	11
89	Daylight factor 2	103.419	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	6.24
90	Daylight factor 2	103.419	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	12
91	Daylight factor 2	99.976	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	3.99
92	Daylight factor 2	99.976	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	3.29
93	Daylight factor 2	96.533	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	5.41

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

1F Thermal Zone 8 / Light scene 1 / Daylight calculation points (results overview)

Calculation Points List

No.	Designation	Position [ft] X	Y	Z	Rotation [°] X	Y	Z	Value [%]
94	Daylight factor 2	96.533	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	9.67
95	Daylight factor 2	93.090	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	6.49
96	Daylight factor 2	93.090	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	9.62
97	Daylight factor 2	89.647	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	5.57
98	Daylight factor 2	89.647	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	11
99	Daylight factor 2	86.204	3.209	2.461	0.0	0.0	0.0	2.04
100	Daylight factor 2	86.204	0.796	2.461	0.0	0.0	0.0	1.14

Summary of Results: D_{av}: 3.42 %, D_{min}: 0.95 %, D_{max}: 12 %
Horizontal illuminance outdoors E_o: 1062 fc

ภาคผนวก ค.
ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ค.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์หลอดไฟ LED ที่ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงานมาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดไฟภายในอาคารเป็นหลอดไฟ แบบ LED และผ่านเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวง 2539

TOSHIBA
Leading Innovation

LED TUBE

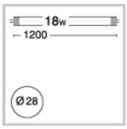
The LED TUBE lets you perfectly light up large rooms and offices. It will ensure bright light and a low consumption of energy. It is now available in 1,700 to 2,400 lm.

PRODUCT FEATURES

- Easy installation, just replace fluorescent lamp with Toshiba LED tube (in case magnetic ballast is in use)
- Save energy by 60% (comparing to 4ft 36W fluorescent tube with conventional magnetic ballast)
- Long life, more than double of standard fluorescent tube
- No UV, no mercury
- Instant start

*Above specifications are subject to change without prior notice.
** Dummy starter is included in package.

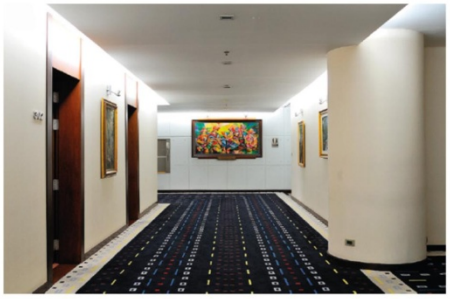
Dimension



(mm)

Socket

	Replace to (W)	Wattage (W)	Luminous Flux (lm)	Voltage (V)	Lifetime (hrs.)	Color Rendering Index (Ra)	Power Factor	Beam Angle
DAYLIGHT (6500K)								
LDL003D6574-TH	36	18	1,800	220-240	40,000	>80	>0.9	150
LDL004D6574-TH	36 EXTRA	23	2,400	220-240	40,000	>80	>0.9	150
COOL WHITE (4000K)								
LDL003D4074-TH	36	18	1,700	220-240	40,000	>80	>0.9	150
LDL004D4074-TH	36 EXTRA	23	2,300	220-240	40,000	>80	>0.9	150



Thai Toshiba Lighting Co., Ltd.
144 Moo 5 Bangkadi Industrial Park, Tambon Bangkadi, Amphur Muang, Pathumthani 12000
Tel. +66(0) 2 501 1425-9, 963 7408-11 Fax. +66(0) 2 501 1431, 963 9300

ส่องสว่าง ยาวนาน เคียงข้างคุณ
www.toshibalight.com

ค.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ ที่ใช้ในอาคารก่อนการปรับปรุง

Smash
FTM SERIES-R32

RA-L FTM 03-03/16

SMASH (FTM)

ใช้สารทำความเย็นเจเนอเรชั่นใหม่ R32
ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง ประหยัดพลังงาน

R32 เย็นเร็ว ทำงานได้ประหยัดพลังงาน

- สารทำความเย็นประสิทธิภาพสูง
- ประหยัดพลังงาน
- ไม่ทำลายโอโซน ลดภาวะเรือนกระจก

EGAT NO.5

- แผ่นกรองอากาศ Titanium Apatite ดับกลิ่น ยับยั้งแบคทีเรียและไวรัส
- โหมด Powerful ทำความเย็นเร็วทันใจ
- โหมดทำงานกลางคืน ปรับเพิ่มอุณหภูมิ หลับสบาย ไม่เย็นเกินไป
- ทนทาน ครีบระบายความร้อนเคลือบสารป้องกันการกัดกร่อน
- กระจายลมเย็นสามมิติ ส่งลมทั่วถึงทั้งห้อง (เฉพาะรุ่น 28,000 BTU)

แผ่นฟอก Titanium Apatite
ดับกลิ่น ยับยั้งแบคทีเรียและไวรัส

โหมด Powerful
ทำความเย็นเร็วทันใจ

โหมดทำงานกลางคืน
หลับสบาย ไม่เย็นเกินไป

Specifications

Models (รุ่น)	Indoor Unit ชุดภายใน		FTM09NV2S	FTM13NV2S	FTM15NV2S	FTM18NV2S	FTM24NV2S	FTM28NV2S
	Outdoor Unit ชุดภายนอก		RM09NV2S	RM13NV2S	RM15NV2S	RM18NV2S	RM24NV2S	RM28NV2S
Nominal Capacity (ขนาดทำความเย็นออกแบบ)		BTU/hr	8,900	12,700	14,400	18,090	22,530	24,500
Cooling Capacity (ขนาดการทำความเย็น)		kW	2.7	3.7	4.4	5.3	6.5	6.9
		BTU/hr	9,082.06	12,487.58	15,119.60	17,991.82	22,275.24	23,606.26
Power Consumption (กำลังไฟฟ้า)		W	722	1,042	1,183	1,493	1,859	2,182
EER (อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน)		BTU/W·h	12.28	12.06	13.47	12.15	12.19	11.61
Power Source (แหล่งจ่ายไฟ)		V/Ph/Hz	220 V / 1 Phase / 50 Hz					
Indoor Unit (ชุดภายใน)			FTM09NV2S	FTM13NV2S	FTM15NV2S	FTM18NV2S	FTM24NV2S	FTM28NV2S
Front Panel Color (สีหน้ากาก)			White (ขาว)					
Air Flow Rate (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)	H	m^3/min (cfm)	9.5 (335)	9.9 (350)	17.5 (617)		18.0 (635)	22.9 (809)
	M		7.8 (275)	8.3 (293)	14.5 (512)	14.9 (526)	15.2 (537)	19.5 (689)
	L		5.9 (208)	6.8 (240)	11.6 (409)	11.9 (420)	12.5 (441)	16.2 (572)
Fan Speed (ระดับความเร็วพัดลม)			5 Steps, Auto					
Air Direction Control (การกระจายลม)			Auto-swing (Up-down), Manual (Right-left) สวิงอัตโนมัติเฉพาะขึ้น-ลง					Auto Swing (Up-down, Right-left), 3D Airflow สวิงอัตโนมัติ (ขึ้น-ลง, ขวา-ซ้าย)
Air Filter (แผ่นกรองอากาศ)			Titanium Apatite Photocatalytic Filter					
Sound Level (H/M/L) (ระดับเสียง)		dBA	37/33/28	40/36/31	45/39/34	45/41/35	47/43/38	48/43/38
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	283 x 800 x 195		290 x 1,050 x 238		340 x 1,050 x 248	340 x 1,200 x 240
Weight (น้ำหนัก)		kg	9		12		15	18
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Drain	mm	Φ18.0				Φ16.0	
Outdoor Unit (ชุดภายนอก)			RM09NV2S	RM13NV2S	RM15NV2S	RM18NV2S	RM24NV2S	RM28NV2S
Casing Color (สีชุดภายนอก)			Ivory White (ขาวงาช้าง)					
Air Flow Rate (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)		m^3/min	27.0			38.5	46.0	
Sound Level (ระดับเสียง)		dBA	49				54	
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	550 x 658 x 275	550 x 765 x 285		595 x 845 x 300	770 x 900 x 320	
Weight (น้ำหนัก)		kg	32	38		43	60	66
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Liquid	mm	Φ6.4					
	Gas	mm	Φ9.5	Φ12.7			Φ15.9	
	Drain	mm	Φ18.0				Φ16.0	
Compressor Type (คอมเพรสเซอร์)			Hermetically Sealed Rotary Type					
Refrigerant (สารทำความเย็น)			R32					
Refrigerant Charge (ปริมาณน้ำยา)		kg	0.8	0.95	1.15	1.40	1.70	1.95
Chargeless (เดินท่อได้ไกลสุดสุดโดยไม่ต้องเติมน้ำยา)		m	10					
Max. Interunit Piping Length (ความยาวการเดินท่อสูงสุด)		m	25			30		
Max. Interunit Height Difference (ความต่างระดับสูงสุด)		m	15					20

เงื่อนไขการติดตั้ง
1. เงื่อนไขการทดสอบความเย็น : อุณหภูมิภายใน 27°CDB, 19°CWB ; อุณหภูมิภายนอก 35°CDB ; ความยาวท่อ 7.5 m.
2. ระยะห่างรอบตัวเครื่องที่ต้องเว้นระยะเพื่อการบำรุงรักษาและการไหลเวียนของอากาศที่สะดวกต้องอยู่ตามคู่มือการติดตั้งของผลิตภัณฑ์นั้นๆ
3. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งานจริง
4. เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนประหยัดไฟเบอร์ 5 สามารถตรวจสอบได้จากฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
5. ข้อมูลของการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

คิดดีวัน...คิดห่วงใยโลกสีเขียว

27449/A/0001/UK/En
JQA-1452
SDS

JQA-EM4484
SDS

DIT
(ISO9001)
JQA-1452

DIT
(ISO14001)
JQA-E-90108

DIT
(OHSAS 18001)
JQA-OH0031

Calibration 0094

มอก.1155-2536

มอก. 2134-2553

DAIKIN บริการ-แจ้งซ่อม ทุกวัน
COOL LINE
0-2715-3333

DAIKIN

บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด
22 ซ.อ่อนนุช 55/1 แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250
โทร. 0-2715-3200 โทรสาร. 0-2721-7607

www.daikin.co.th

ผู้จำหน่าย

หมายเหตุ : สีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับงานนิทรรศการ รายละเอียดของสินค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ค.3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการที่ 4 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศภายในอาคารเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง (Inverter)

INVERTER-R32
SMART

RA-L FTKM 01-06/15

SMART (FTKM)

นวัตกรรมเครื่องปรับอากาศอัจฉริยะ ที่เหนือกว่า...ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์

R32 INVERTER เย็นเร็ว ประหยัดพลังงาน

- สารทำความเย็นประสิทธิภาพสูง
- ประหยัดพลังงาน
- ไม่ทำลายโอโซน ลดภาวะเรือนกระจก

INVERTER

World's No.1 Air Conditioning Sales

EGAT NO.5

- **ประหยัดไฟ** ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์แบบสวิง SEER สูงสุด 23.76
- **ระบบตาอัจฉริยะ:** จับการเคลื่อนไหว ส่งลมเย็นสบาย
- **แผ่นกรองอากาศ Titanium Apatite** ดับกลิ่น ยับยั้งแบคทีเรียและไวรัส
- **กระจายลมเย็นสามมิติ** ส่งลมทั่วถึงทั้งห้อง
- **ทำงานเงียบ** ระดับเสียงต่ำสุดเพียง 22 เดซิเบล
- **โหมด Econo** ประหยัดพลังงานสูงสุด 30%
- **เชื่อมต่อด้วย Wifi** ควบคุมได้ทุกที่ (อุปกรณ์เสริม)

ประหยัดไฟ
SEER สูงสุด 23.76

ระบบตาอัจฉริยะ:
เย็นสบายในทุกการเคลื่อนไหว

กระจายลมเย็น 3 มิติ
เย็นทั่วถึงทั้งห้อง

Specifications

Models (รุ่น)	Indoor Unit ชุดภายใน		FTKM09NV2S	FTKM12NV2S	FTKM15NV2S	FTKM18NV2S	FTKM24NV2S	FTKM28NV2S	FTKM33NV2S
	Outdoor Unit ชุดภายนอก		RKM09NV2S	RKM12NV2S	RKM15NV2S	RKM18NV2S	RKM24NV2S	RKM28NV2S	RKM33NV2S
Nominal Capacity (ขนาดทำความเย็นมาตรฐาน)		BTU/hr	8,500 (4,100-11,600)	11,900 (4,800-14,000)	14,300 (5,100-16,400)	17,700 (5,800-21,200)	20,500 (6,500-23,900)	24,200 (7,800-30,400)	29,000 (10,200-35,800)
Cooling Capacity (ขนาดการทำความเย็น)		kW	2.5 (1.2-3.4)	3.5 (1.4-4.1)	4.2 (1.5-4.8)	5.2 (1.7-6.2)	6.0 (1.9-7.0)	7.1 (2.3-8.9)	8.5 (3.0-10.5)
		BTU/hr	8,700 (4,100-11,600)	11,900 (4,800-14,000)	14,300 (5,100-16,400)	17,700 (5,800-21,200)	20,500 (6,500-23,900)	24,200 (7,800-30,400)	29,000 (10,200-35,800)
Power Consumption (กำลังไฟฟ้า)		W	490	810	1,170	1,240	1,500	2,000	2,390
SEER (อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงานตามกฎกระทรวง)		BTU/W·h	23.76	21.81	20.44	22.75	21.43	18.90	18.63
Power Source (แหล่งจ่ายไฟ)		V/Ph/Hz	220 V / 1 Phase/ 50 Hz						
Indoor Unit (ชุดภายใน)			**FTKM09NV2S**	**FTKM12NV2S**	**FTKM15NV2S**	**FTKM18NV2S**	**FTKM24NV2S**	**FTKM28NV2S**	**FTKM33NV2S**
Front Panel Color (สีหน้ากาก)			Pearl White with Pearl Paint (ขาวประกายมุก)						
Air Flow Rate (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)	H	m^3/min (cfm)	11.4 (392)	12 (424)		16.1 (568)	18.2 (643)		22.3 (787)
	M		8.4 (297)	8.9 (314)		13.9 (491)	15.4 (544)		19.6 (692)
	L		5.6 (198)	5.8 (205)		11.6 (410)	12.6 (445)		16.9 (597)
	SL		4.1 (145)	4.5 (159)		10.6 (374)	11.3 (399)		15.3 (540)
Fan Speed (ระดับความเร็วพัดลม)			5 Steps, Quiet, Auto						
Air Direction Control (การกระจายลม)			Auto Swing (Up-down, Right-left), 3D Airflow สวิงอัตโนมัติ (ขึ้น-ลง, ซ้าย-ขวา)						
Air Filter (แผ่นกรองอากาศ)			Titanium Apatite Photocatalytic Filter						
Sound Level (H/M/L/SL) (ระดับเสียง)		dBA	43/35/25/22	44/36/26/23		43/39/34/31	46/42/37/33		49/45/40/37
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	295 x 800 x 215			340 x 1,050 x 248			340 x 1,200 x 240
Weight (น้ำหนัก)		kg	10			14			17
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Drain	mm	Φ 16.0 (Flare)						
Outdoor Unit (ชุดภายนอก)			**RKM09NV2S**	**RKM12NV2S**	**RKM15NV2S**	**RKM18NV2S**	**RKM24NV2S**	**RKM28NV2S**	**RKM33NV2S**
Casing Color (สีชุดภายนอก)			Ivory White (ขาวงาช้าง)						
Air Flow Rate (H/SL) (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)		m^3/min	31.8/ 28.3			49.5/45.8	53.4/45.8	61.4/50.6	85.0/72.2
Sound Level (H/SL) (ระดับเสียง)		dBA	46/43	47/44	48/44		52/46	52/49	55/52
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	550 x765 x 285			735 x 825 x 300		770 x 900 x 320	990 x 940 x 320
Weight (น้ำหนัก)		kg	34			43		60	73
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Liquid	mm	Φ 6.4 (Flare)						
	Gas	mm	Φ 9.5 (Flare)			Φ 12.7 (Flare)		Φ 15.9 (Flare)	
	Drain	mm	Φ 16.0 (Flare)						
Compressor Type (คอมเพรสเซอร์)			Hermetically Sealed Swing Type						
Refrigerant (สารทำความเย็น)			R32						
Refrigerant Charge (ปริมาณน้ำยา)		kg	0.9			1.2		1.5	2.0
Chargeless (ปริมาณที่ไม่ต้องเติมน้ำยา)		m	10						
Max. Interunit Piping Length (ความยาวการเดินท่อสูงสุด)		m	20			30			
Max. Interunit Height Difference (ความต่างระดับสูงสุด)		m	15					20	

เงื่อนไขการวัดค่า
1. เงื่อนไขทำนองการทำความเย็น : อุณหภูมิภายใน 27°CDB, 19°CWB : อุณหภูมิภายนอก 35°CDB : ความยาวท่อ 7.5 m.
2. ช่วงอุณหภูมิภายในห้องเย็น ที่เงื่อนไขอุณหภูมิในตัวแทนท่อ 1 ในการใช้งานจริงที่อาจต่างจากนี้ ปริมาณของน้ำยาที่เหมาะสมของระบบขึ้นอยู่กับความยาวท่อและเงื่อนไขการติดตั้ง
3. ค่าที่แสดงข้างต้นนี้เป็นการทดสอบโดยใช้ชุดแรงดันไฟฟ้าที่ 5 สายรถยนต์ของคอมเพรสเซอร์ไฟฟ้าแบบ 5 ขดลวดไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อเครื่องปรับอากาศ (www.) เครื่องที่ของแบบ 220V, 50Hz
4. เครื่องปรับอากาศรุ่นประหยัดไฟฟ้าแบบ 5 สายรถยนต์ของคอมเพรสเซอร์ไฟฟ้าแบบ 5 ขดลวดไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อเครื่องปรับอากาศ (www.)
5. ข้อมูลของน้ำยาและเงื่อนไขต่างๆ ที่ต้องใช้ในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

*ระยะห่างขั้นต่ำ 1 เครื่องปรับอากาศมีค่าที่ผู้ประกอบการต้องการ ปี 2013-2014

คิดดีวิธี...คิดช่วยโลกเย็นได้ | 27449/A/0001/UK/En JGA-1452 SDS | JGA-EM4484 SDS | DIT (ISO9001) JGA-1452 | DIT (ISO14001) JGA-E-90108 | DIT (OHSAS 18001) JGA-OH0031 | Calibration 0094 | WI.1155-2536 | WI. 2134-2553

DAIKIN บริการ-แจ้งซ่อม ทุกวัน COOL LINE 0-2715-3333

ผู้จำหน่าย

DAIKIN

บริษัท สยามไดกิ้นเซลล์ จำกัด
22 ซ.อ่อนนุช 55/1 แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250
โทร. 0-2715-3200 โทรสาร. 0-2721-7607
www.daikin.co.th

หมายเหตุ : สีที่ปรากฏในเอกสารนี้เป็นสีที่ใช้สำหรับงานพิมพ์เท่านั้น รายละเอียดของสินค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ค.4 ข้อมูลผลิตภัณฑ์แผงโซล่าเซลล์ ที่ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงานที่ 6 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร

SOLARTRON
PUBLIC COMPANY LIMITED

245W/250W/255W/260W
Multicrystalline Silicon Solar Module

Module Efficiency is up to 16%, minimizing installation costs and maximizing the output of the system.
1662.7x992.7x40mm is suitable for residential and commercial on-grid system.
Higher Durability, Certified to withstand 2400 Pa wind load and 5400 Pa snow load.
Higher Output, Improved ribbon layout and cable length, Enhanced fill factor, Increased power output up to 1% by reducing power loss.
Lower Junction Box Temperature, Separated junction box design, Better heat dissipation, Lower diode operating temperature and life time.

Warranty
10 years Product Workmanship Warranty
25 years Linear Power Output Warranty:
Output power shall not be less than 97.5% in the first year
Loss shall not exceed 0.7% per year from year 2nd to 25th

Standards and Certification
ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, TIS 18001:1999 and OHSAS 18001:2007 certified factories
CE Mark (EMC–Directive 2004/108/EC) certificate of European Conformity
RoHS certified of directive on the restriction of the use of certain hazardous substances
TIS 1843-2553 (IEC61215) Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules, Thai Industrial Standards
TÜV Rheinland IEC61215, IEC61730

TIS. 1843-2553

Mechanical Characteristics

Solar Cell :	60 Cells, 156x156 multicrystalline	**Junction box :**	IP67 Certified Junction Box
Dimension :	1662.7 x 992.7 x 40mm.	**Diodes :**	3 Schottky bypass diodes
Weight :	18 kg.	**Connector :**	MC4 compatible
Construction :	Front: High Transmission 3.2 mm. tempered glass; Rear: PET; Encapsulant: EVA	**Output cables :**	4.0 mm² 12 AWG cable. Cable length 315 mm.

SOLARTRON PUBLIC COMPANY LIMITED
1000/65, 66, 67 P.B. Tower 16th Floor,
Sukhumvit 71 Road, North Khlongton, Wattana,
Bangkok 10110, Thailand.
Tel : +66 2 392 0224 (Auto 10 Lines),
Fax : +66 2 381 0936 , +66 2 381 2971
E-mail : support@solartron.co.th www.solartron.co.th

SOLARTRON FACTORY
88/8,9 Moo 10, Nongnamdang, Pakchong,
Nakonratchasima 30130, Thailand.
Tel : +66 44 365 651, +66 44 365 652
Fax : +66 44 365 654

SOLARTRON
PUBLIC COMPANY LIMITED

Electrical Characteristics

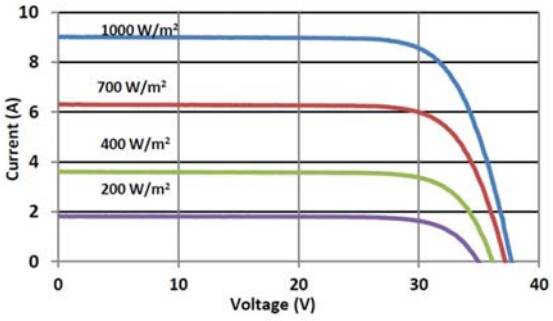
STC Performance	SP245	SP250	SP255	SP260
Rated Power, Pm (W)	245	250	255	260
Open Circuit Voltage, Voc (V)	37.5	37.67	37.70	37.74
Short Circuit Current, Isc (A)	8.78	8.89	9.00	9.05
Maximum Power Voltage, Vmp (V)	29.56	30.01	30.40	30.70
Maximum Power Current, Imp (A)	8.29	8.34	8.40	8.47
Module Efficiency (%)	14.84	15.15	15.45	15.75
Maximum Power Tolerance (W)	-0 W, +3 W			
Maximum System Voltage (V)	1000			
Maximum Rated Current Series (A)	15			
Temperature coefficients of Pmax	-0.42 % / °C			
Temperature coefficients of Voc	-0.31 % / °C			
Temperature coefficients of Isc	0.04 %/ °C			
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45.0 °C (±2 °C)			

❖ STC: Irradiance of 1,000 W/m2, Air Mass AM1.5, Module Temperature 25 °C.
❖ Weaklight Performance at 200 W/m²: Efficiency of module shall not be less than 96% of STC efficiency.

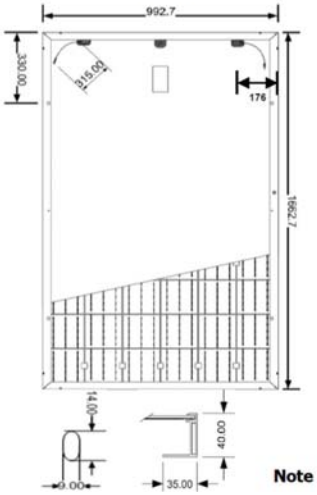
NOCT Performance	SP245	SP250	SP255	SP260
Rated Power, Pm (W)	181.17	184.87	188.57	192.26
Open Circuit Voltage, Voc (V)	34.54	34.69	34.72	34.75
Short Circuit Current, Isc (A)	7.08	7.17	7.26	7.30
Maximum Power Voltage, Vmp (V)	27.15	27.56	27.92	28.20
Maximum Power Current, Imp (A)	6.67	6.71	6.75	6.81

❖ NOCT: Irradiance of 800 W/m2, Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1m/s.

I-V CURVES OF PV MODULE



DIMENSION OF PV MODULE



Note : mm.

Packaging Configuration	
Modules per box	25 pieces
Container 20' HC	300 pieces
Container 40' HC	700 pieces

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล	นายวรวิช ปิ่นปิติ
ที่อยู่	37 ม. 2 ตำบลท่าเจ้าสนุก อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2554	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

มหาวิทยาลัยศิลปากร