

คู่มือ

แนวทางการออกแบบ อาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน





กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน



ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน



คำนำ

กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ออกกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ภาอาคารที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบอาคาร ให้เกิดการประหยัดพลังงาน

พพ. จึงได้จัดตั้ง "ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" ขึ้นในปี 2553 เพื่อเป็นศูนย์รวมข้อมูลทางวิชาการ ให้คำปรึกษาด้านการออกแบบอาคาร ส่งเสริมและสนับสนุนให้อาคารที่ก่อสร้างใหม่มีการออกแบบตามข้อกำหนดของกฎหมายได้ อย่างถูกต้อง รวมถึงมีหน้าที่ให้บริการตรวจประเมินและรับรองการออกแบบอาคารที่จะก่อสร้าง ใหม่ ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2554

จากผลการดำเนินงานของศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน พบว่าอาคารที่ได้รับการตรวจประเมินส่วนใหญ่จะผ่านเกณฑ์การประเมินด้านการใช้ พลังงานโดยรวมทั้งอาคาร (Whole Building Energy Performance) แต่ยังมีอาคารบางส่วนที่ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินรายระบบ เช่น ระบบรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หรือระบบปรับ อากาศ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พพ. จึงได้จัดทำ “คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน” เล่มนี้ขึ้น ซึ่งได้ อ้างอิงตามมาตรฐานและข้อกำหนดตามกฎหมายฯ เพื่อให้เป็นแนวทางให้แก่สถาปนิก วิศวกร และผู้สนใจให้สามารถออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพการ ใช้พลังงานสูงสุด

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
ธันวาคม 2560

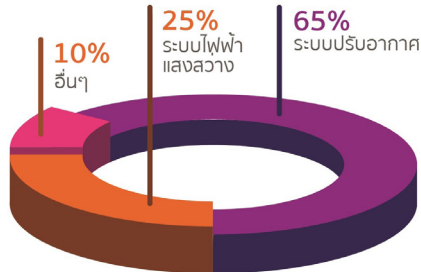


สารบัญ

การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	หน้า 5
• ปัจจัยภายนอกต่อการออกแบบอาคาร	หน้า 6
• ปัจจัยภายในต่อการออกแบบอาคาร	หน้า 9
สถิติการตรวจประเมินแบบอาคาร	หน้า 14
แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามเกณฑ์มาตรฐานกฎกระทรวงฯ	หน้า 15
• ระบบกรอบอาคาร	หน้า 16
• ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	หน้า 24
• ระบบปรับอากาศ	หน้า 26
• อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน	หน้า 27
• พลังงานหมุนเวียน	หน้า 28
เอกสารอ้างอิง	หน้า 29
คณะทำงาน	หน้า 30

“การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน”

สัดส่วนการใช้
พลังงานในอาคาร



ข้อมูลสถานการณ์พลังงานในภาคอาคาร พบว่าสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นของระบบปรับอากาศ 65% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25% และระบบอื่นๆ 10% ดังนั้นการประหยัดพลังงานในอาคารส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การลดใช้พลังงานในการดำเนินกิจกรรมในอาคาร การออกแบบระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพแต่อย่างไรก็ตามหากการออกแบบอาคารไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนแล้วการประหยัดพลังงานในอาคารก็ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้

แหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร



การนำความร้อนจากหลังคาอาคาร

การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

อุปกรณ์ในอาคาร

อากาศภายนอก

ผนังอาคาร

ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร

การนำความร้อนจากพื้นอาคาร



“ ปัจจัยภายนอก ต่อการออกแบบอาคาร ”

ทิศทางแสงแดด

1

พืชพันธุ์ธรรมชาติ

2

สภาพภูมิประเทศ

3

สภาพภูมิอากาศ

4

1

4

3

2

“ปัจจัยภายนอก ต่อการออกแบบอาคาร”

ทิศทางแสงแดด

ควรออกแบบให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เพื่อให้ด้านที่มีพื้นที่ผิวน้อยรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ โดยเฉพาะช่วงบ่ายที่มีรังสีอาทิตย์ร้อนจัด จะช่วยให้ความร้อนเข้าอาคารลดลงและลดการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศด้วย



พืชพันธุ์ธรรมชาติ

การปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งรอบๆ อาคาร เพื่อให้ร่มเงาจะช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ หรือการปลูกไม้พุ่มและการสร้างบ่อน้ำเพื่อสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม หรือการปลูกหญ้าและพืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนให้กับพื้นดิน





“ปัจจัยภายนอก ต่อการออกแบบอาคาร”

สภาพภูมิประเทศ

การออกแบบสภาพภูมิประเทศให้เหมาะสมกับอาคาร เช่น การปรับแต่งเนินดินรอบอาคารเพื่อช่วยส่งเสริมให้กระแสลมเย็นสามารถพัดผ่านตัวอาคารได้สะดวกยิ่งขึ้น หรือการสร้างบ่อน้ำขนาดใหญ่เพื่อให้ลมพัดผ่านสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม เป็นต้น



สภาพภูมิอากาศ

การสร้างอาคารควรคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้น ๆ เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ เช่น การใช้ประโยชน์จากลมประจำถิ่น ด้วยการวางแนวอาคารและเปิดช่องเพื่อรับลม สำหรับประเทศไทยมีลมประจำถิ่น ได้แก่ ลมฤดูร้อนพัดจากทางทิศใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้ และลมฤดูหนาวพัดจากทางทิศเหนือหรือตะวันออกเฉียงเหนือ



“ ปัจจัยภายใน ต่อการออกแบบอาคาร ”

ผนังทึบ

1

3

4

ผนังโปร่งแสง

2

2

หลังคา

3

6

อุปกรณ์บังแดดภายนอก

4

1

ระบบปรับอากาศ

5

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

6

5

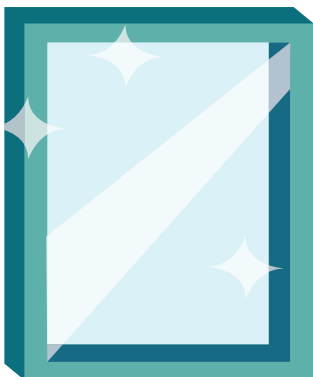
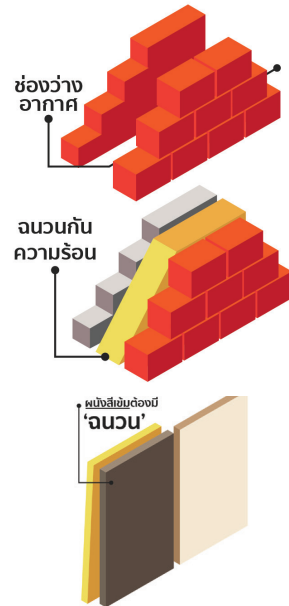


ผนังทึบ

ผนังทึบเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจึงเป็นส่วนสำคัญในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารและลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

แนวทางการออกแบบผนังทึบ

- เพิ่มความสามารถต้านทานความร้อนให้สูง (R-value) ด้วยการติดฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกหรือใช้ผนัง 2 ชั้น ที่มีช่องว่างอากาศระหว่างชั้น เพื่อกันความร้อนจากภายนอก
- สีของผนังทึบภายนอก ควรเป็นสีโทนอ่อน เช่น สีขาว สีครีม เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์น้อยกว่าสีโทนเข้ม แต่ถ้าต้องการใช้สีโทนเข้มควรทาสีผนังทึบในตำแหน่งที่โดนแสงอาทิตย์น้อยหรือมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติมด้วย



ผนังโปร่งแสง

ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้มากกว่าผนังทึบ 5-10 เท่า การเลือกชนิดกระจกและเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

คุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสม

Visible Transmittance (VT)

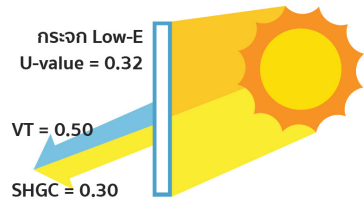
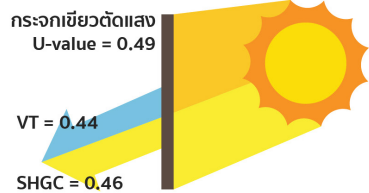
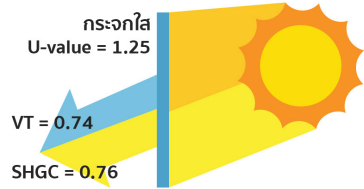
ค่าการส่องผ่านของแสงไม่ควรน้อยกว่า 20% เพื่อสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้

U-value

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมควรน้อยเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจกเขียวตัดแสง กระจกสะท้อนแสง หรือกระจก Low-E เป็นต้น

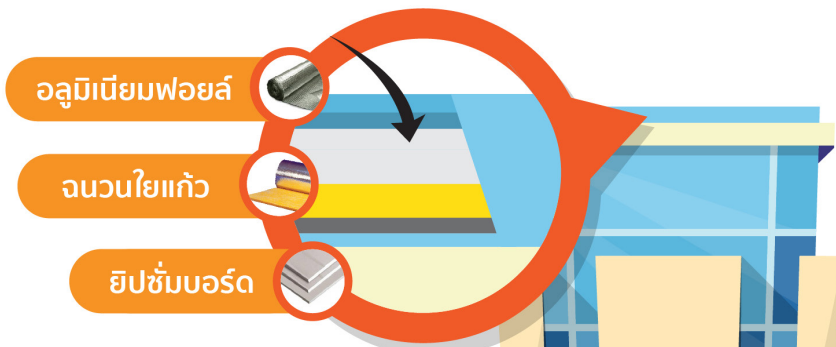
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)

SHGC คือค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก ควรมีค่าน้อยเพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้อาคาร



หลังคา

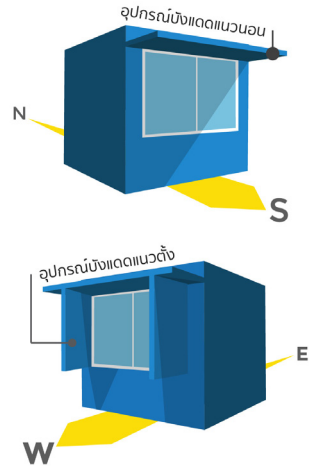
หลังคาควรติดตั้งฉนวนกันความร้อน เพื่อให้อาคารสามารถกันความร้อนได้ดีขึ้น เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวน PU แผ่นยิปซัมบอร์ด และแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น





อุปกรณ์บังแดดภายนอก

อุปกรณ์บังแดดแบบภายนอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดีกว่าแบบภายใน ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดและช่องผนังโปร่งแสงของอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดติดตั้งด้วยเสมอ โดยการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน เช่น ทิศทางตัวอาคาร ขนาดช่องเปิด และช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับผนังอาคาร เป็นต้น



แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก

- อาคารด้านทิศใต้และทิศเหนือควรติดตั้งแบบแนวนอน
- อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกควรติดตั้งแบบแนวตั้ง

หมายเหตุ: การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกจะเป็นการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient, SC) ให้กับผนังโปร่งแสง ซึ่งเป็นการลดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่จะผ่านผนังโปร่งแสงเข้าสู่อาคารได้



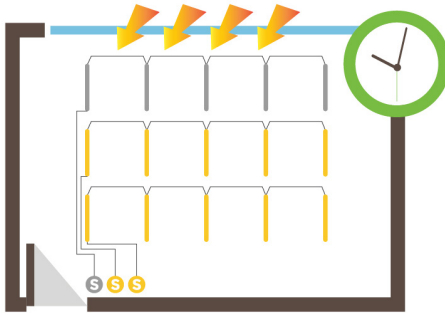
ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดทำความเย็นเหมาะสมกับการ

ทำความเย็น และมีประสิทธิภาพสูงหรือเป็นรุ่นประหยัดไฟเบอร์ 5 เป็นต้น

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

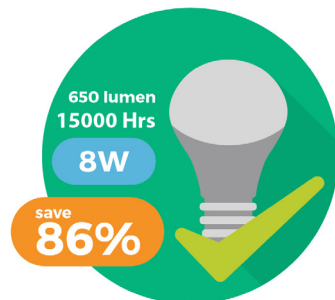
การลดการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือการประหยัดไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟให้ได้มากที่สุด แต่ยังคงความสว่างเพียงพอกับการใช้งาน แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้แก่ การเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง หรือหลอด LED และการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในเวลากลางวันด้วยเทคนิคการติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิดแบบแยกสำหรับพื้นที่ตามแนวรอบอาคารด้านที่มีแสงสว่างจากภายนอก เป็นต้น



หลอดไส้



หลอด CFC

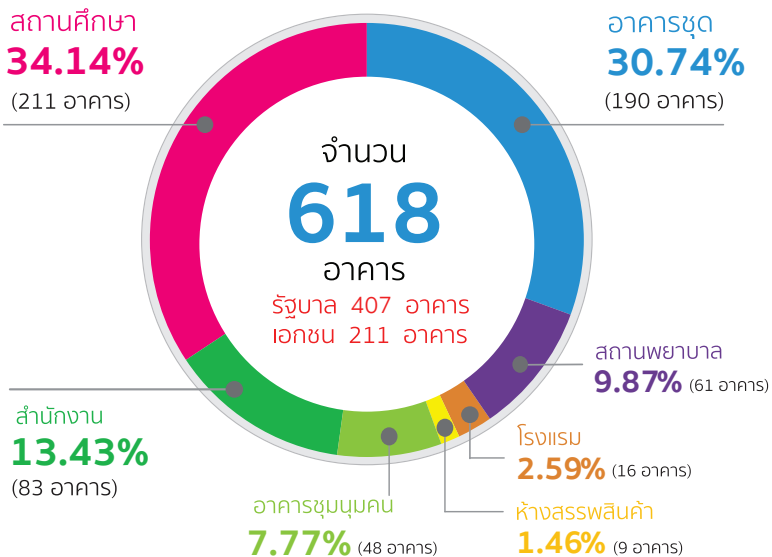


หลอด LED

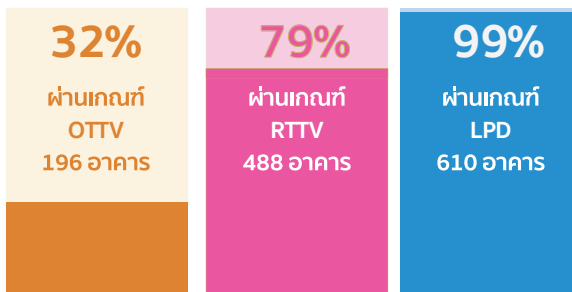
ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

“ สถิติการตรวจประเมินแบบอาคาร ”

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานให้บริการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 (มาตรฐาน Building Energy Code, BEC) ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2560) จำนวน 618 อาคาร ดังนี้



จากผลการตรวจประเมินพบว่าอาคารผ่านเกณฑ์ OTTV จำนวน 196 อาคาร (32%) ผ่านเกณฑ์ RTTV จำนวน 488 อาคาร (79%) และผ่านเกณฑ์ LPD จำนวน 610 อาคาร (99%)



“ แนวทางการออกแบบอาคาร

เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ”

มาตรฐาน Building Energy Code, BEC กำหนดให้อาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ขึ้นไป 9 ประเภทอาคาร ได้แก่ สถานศึกษา สำนักงาน โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ อาคารชุมนุมคน สถานพยาบาล อาคารชุด และโรงแรม ต้องมีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยแบ่งประเภทอาคารตามชั่วโมงการใช้งานเป็น 3 กลุ่มดังนี้



แนวทางการออกแบบ



ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall thermal transfer value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof thermal transfer value, RTTV) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ดังนี้

1. สมบัติความร้อนของวัสดุ ได้แก่ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (p) ความจุความร้อนจำเพาะ (C_p) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ (Solar heat gain coefficient, SHGC) เป็นต้น

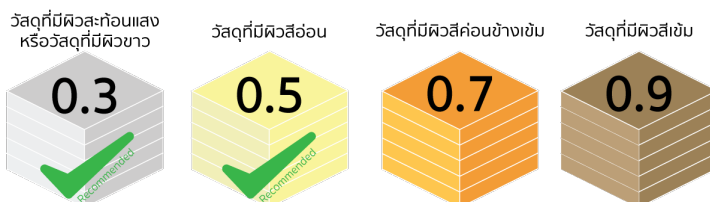
2. อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to wall ratio, WWR)



3. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient, SC) มีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยที่ค่า SC=1 หมายถึงผนังไม่มีการบังของอุปกรณ์บังแดด



4. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของสีทาผนังอาคาร อ้างอิงตามสีอ่อน-สีเข้ม โดยมีค่าตั้งแต่ 0.3-0.9 ดังนี้



ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

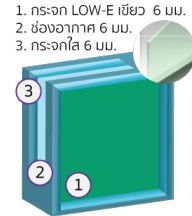
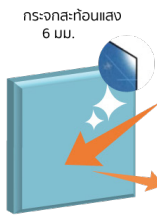
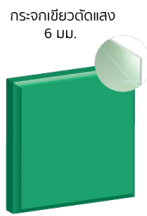
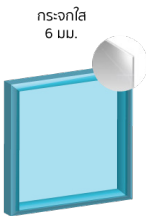


ระบบปรับอากาศ

ตัวอย่างวัสดุผนังทึบ

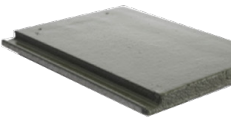


ตัวอย่างวัสดุผนังโปร่งแสง

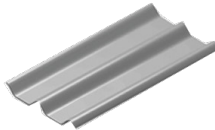


ตัวอย่างวัสดุหลังคา

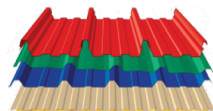
หลังคาคอนกรีต 25 ซม.



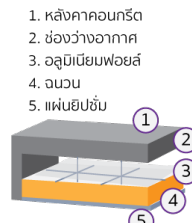
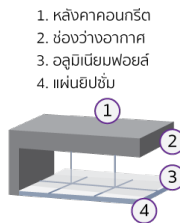
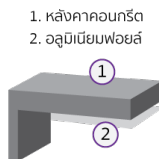
หลังคากระเบื้อง 0.6 ซม.



หลังคาเหล็ก Metal Sheet 0.4 มม.



ตัวอย่างส่วนประกอบของหลังคา





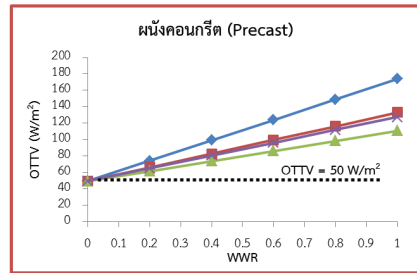
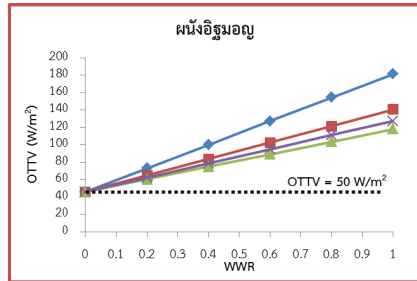
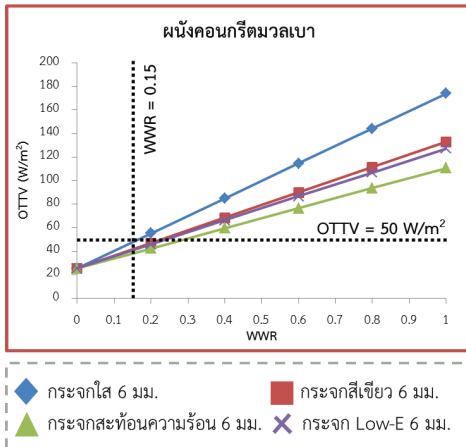
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน



ผนังอาคาร

อาคารสำนักงาน



* แบบจำลองอาคารสำนักงานรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผนังทึบหนา 10 เซนติเมตร ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังคอนกรีต และผนังคอนกรีตมวลเบา ใช้ร่วมกับผนังโปร่งแสงหนา 6 มิลลิเมตร ได้แก่ กระดาษใส กระดาษเขียว กระดาษสะท้อนแสง และกระดาษ Low-E โดยมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก SC=0.8 และผนังทึบหาสื่ออุณหภูมิอากาศ OTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ WWR ของแบบจำลองอาคารสำนักงาน พบว่าการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากับผนังโปร่งแสงทุกประเภทสามารถผ่านเกณฑ์ค่า OTTV ได้ที่อัตราส่วน WWR น้อยกว่า 15% ซึ่งหากต้องการออกแบบอาคารให้มีค่าอัตราส่วน WWR สูงขึ้น สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนชนิดผนังโปร่งแสงให้มีสมบัติกันความร้อนที่ดีขึ้น

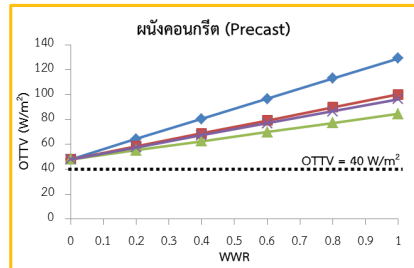
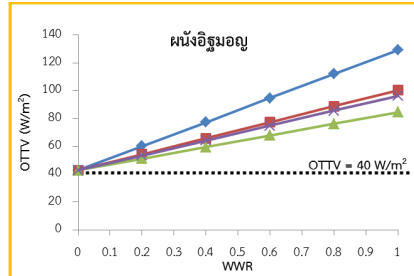
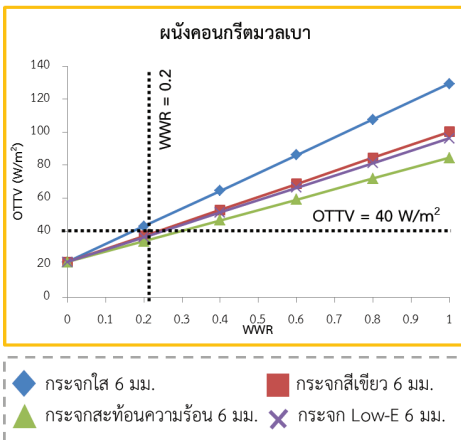
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน



ผนังอาคาร

อาคารศูนย์การค้า



* แบบจำลองอาคารศูนย์การค้ารูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผนังทึบหนา 10 เซนติเมตร ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังคอนกรีต และผนังคอนกรีตมวลเบา ใช้ร่วมกับผนังโปร่งแสงหนา 6 มิลลิเมตร ได้แก่ กระดาษใส กระดาษเขียว กระดาษสะท้อนแสง และกระดาษ Low-E โดยมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก SC=0.8 และผนังทึบหาสื่อ้นประเมินค่า OTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ WWR ของแบบจำลองอาคารศูนย์การค้า พบว่าการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากับผนังโปร่งแสงทุกประเภทสามารถผ่านเกณฑ์ค่า OTTV ได้ที่อัตราส่วน WWR น้อยกว่า 20%



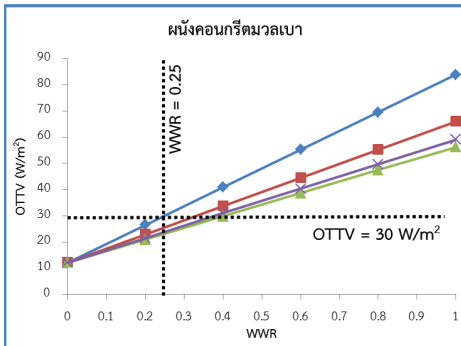
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

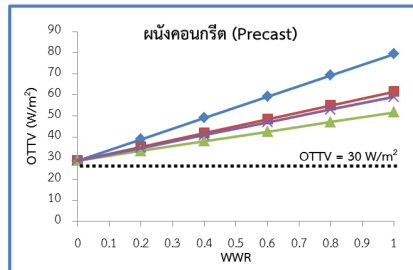
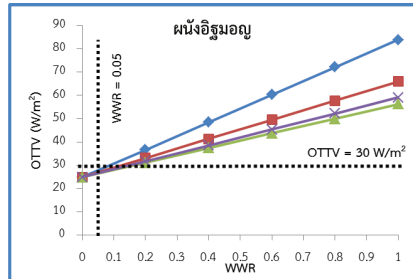


ผนังอาคาร

อาคารชุด



- ◆ กระดาษใส 6 มม.
- กระดาษสีเขียว 6 มม.
- ▲ กระดาษสะท้อนความร้อน 6 มม.
- ✕ กระดาษ Low-E 6 มม.



* แบบจำลองอาคารชุดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผนังทึบหนา 10 เซนติเมตร ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังคอนกรีต และผนังคอนกรีตมวลเบา ใช้ร่วมกับผนังโปร่งแสงหนา 6 มิลลิเมตร ได้แก่ กระดาษใส กระดาษเขียว กระดาษสะท้อนแสง และกระดาษ Low-E โดยมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก SC=0.8 และผนังทึบหนา 10 เซนติเมตร ประเมินค่า OTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ WWR ของแบบจำลองอาคารชุดพบว่า การใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา กับผนังโปร่งแสงทุกประเภทสามารถผ่านเกณฑ์ค่า OTTV ได้ที่อัตราส่วน WWR น้อยกว่า 25% และหากใช้ผนังอิฐมวลเบาจะสามารถผ่านเกณฑ์ค่า OTTV ได้ที่อัตราส่วน WWR น้อยกว่า 5%

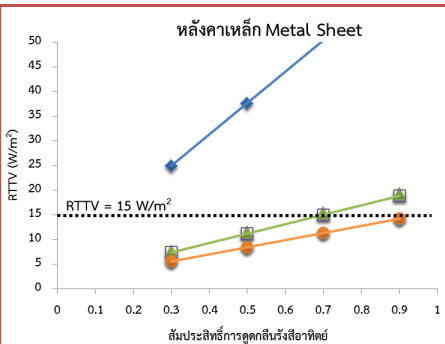
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

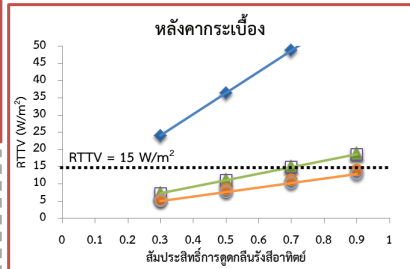
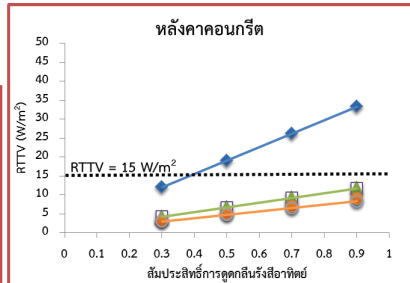


หลังคาอาคาร

อาคารสำนักงาน



- ◆ Case 1 หลังคา ไม่มีการติดอลูมิเนียมฟอยล์
- ▲ Case 2 หลังคา และอลูมิเนียมฟอยล์
- Case 3 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ และแผ่นยับซั่ม
- Case 4 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ ฉนวน และแผ่นยับซั่ม



* แบบจำลองอาคารสำนักงาน ได้แก่ หลังคาเหล็ก หลังคาคอนกรีต และหลังคากระเบื้อง ใช้อุณหภูมิผิววัสดุประกอบหลังคา ได้แก่ อลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฉนวน และแผ่นยับซั่ม ประเมินค่า RTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTTV และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของแบบจำลองอาคารสำนักงาน พบว่าการใช้สีหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์น้อยกว่า 0.7 (สีค่อนข้างเข้ม) สามารถผ่านเกณฑ์ค่า RTTV ได้ทุกชนิดวัสดุหลังคา ยกเว้น เพียงกรณีที่ไม่ติดอลูมิเนียมฟอยล์เท่านั้น ดังนั้นการออกแบบอย่างน้อยควรติดอลูมิเนียมฟอยล์จึงจะผ่านเกณฑ์ค่า RTTV ได้



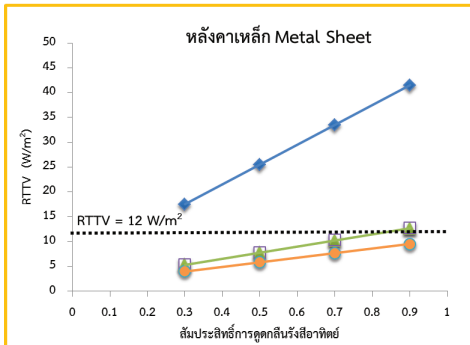
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

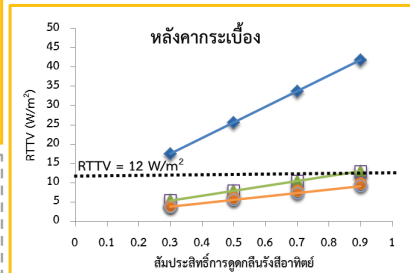
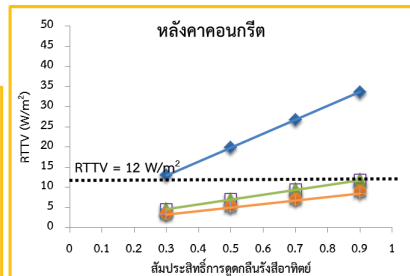


หลังคาอาคาร

อาคารศูนย์การค้า



- ◆ Case 1 หลังคา ไม่มีการติดอลูมิเนียมฟอยล์
- ▲ Case 2 หลังคา และอลูมิเนียมฟอยล์
- Case 3 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ และแผ่นยิปซัม
- Case 4 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ ฉนวน และแผ่นยิปซัม



* แบบจำลองอาคารศูนย์การค้า ได้แก่ หลังคาเหล็ก หลังคาคอนกรีต และหลังคากระเบื้อง ใช้อุณหภูมิวัสดุประกอบหลังคา ได้แก่ อลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฉนวน และแผ่นยิปซัม ประเมินค่า RTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTTV และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของแบบจำลองอาคารศูนย์การค้า พบว่าการใช้สีหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์น้อยกว่า 0.9 (สีเข้ม) สามารถผ่านเกณฑ์ค่า RTTV ได้ทุกชนิดวัสดุหลังคา ยกเว้น เพียงกรณีที่ไม่ติดอลูมิเนียมฟอยล์เท่านั้น ดังนั้นอาคารศูนย์การค้าเพียงแค่อลูมิเนียมฟอยล์จะผ่านเกณฑ์ค่า RTTV ได้

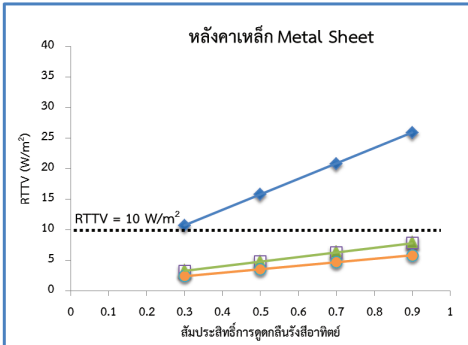
ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน



หลังคาอาคาร

อาคารชุด

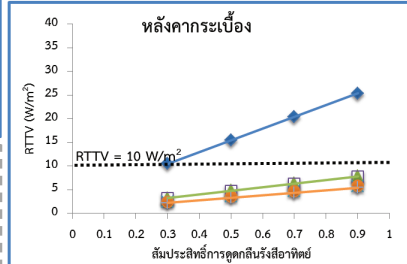
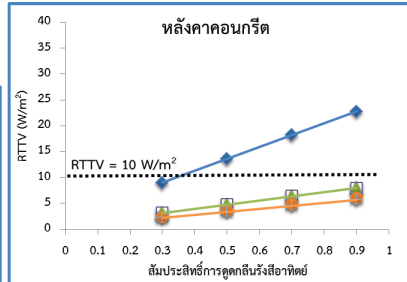


◆ Case 1 หลังคา ไม่มีการติดอลูมิเนียมฟอยล์

▲ Case 2 หลังคา และอลูมิเนียมฟอยล์

□ Case 3 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ และแผ่นยับซึม

● Case 4 หลังคา ช่องว่างอากาศ อลูมิเนียมฟอยล์ ฉนวน และแผ่นยับซึม



* แบบจำลองอาคารชุด ได้แก่ หลังคาเหล็ก หลังคาคอนกรีต และหลังคากระเบื้อง ไขว่รวมกับวัสดุประกอบหลังคา ได้แก่ อลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฉนวน และแผ่นยับซึม ประเมินค่า RTTV ด้วยโปรแกรม BEC V1.0.6

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTTV และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของอาคารชุด พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับอาคารศูนย์การค้า ดังนั้นการออกแบบหลังคาให้ผ่านเกณฑ์ค่า RTTV อย่างน้อยควรติดอลูมิเนียมฟอยล์ และหากมีการใช้ฉนวนกันความร้อนด้วยแล้วยิ่งจะทำให้ค่า RTTV ของอาคารต่ำกว่าเกณฑ์มาก

แนวทางการออกแบบ



ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting power density, LPD) พิจารณาจากผลรวมของกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์ ในแต่ละพื้นที่ใช้สอยนั้น ๆ มีสมการดังนี้

$$LPD = \frac{LW + BW}{A}$$

LW คือ ผลรวมกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (Watt)

BW คือ ผลรวมกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (Watt)

A คือ พื้นที่ใช้สอย (m²)

แนวทางการออกแบบวิเคราะห์จากค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยนั้นๆ ด้วยวิธีของลูเมน (Lumen method) เพื่อให้ทราบจำนวนหลอดไฟที่จะติดตั้งบริเวณพื้นที่ใช้สอยนั้น แล้วนำมาหาค่า LPD โดยอ้างอิงค่าความส่องสว่างพื้นที่กิจกรรมต่าง ๆ มีสมการดังนี้

$$TL = \frac{E \times A}{CU \times LLD \times LDD}$$

TL คือ ค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวม (Lumen)

E คือ ค่าความส่องสว่าง (Lux)

A คือ พื้นที่ใช้สอย (m²)

CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of utilization) = 0.5

LLD คือ ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp lumen depreciation) = 1

LDD คือ ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire dirt depreciation) = 1

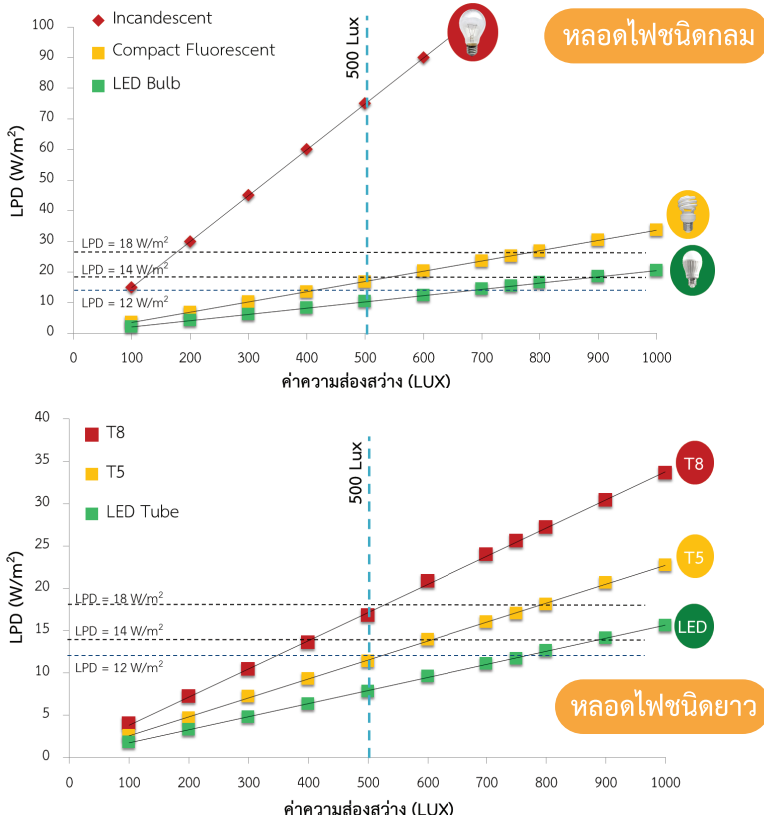
วิเคราะห์แนวทางการออกแบบด้วยความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 100-1,000 Lux กับแบบจำลองอาคารและหลอดไฟชนิดกลม และชนิดยาว ที่มีค่าสมบัติดังนี้

ชนิดหลอดไฟ		ความสว่าง (Lumen)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	อายุการ ใช้งาน (Hr)
Incandescent		730	60	1,000
CFL		760	14	8,000
LED Bulb		800	9	15,000
FL-T5		2,850	36	13,000
FL-T8		2,500	18	15,000
LED Tube		2,100	16	30,000

ตัวอย่าง

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ค่าความส่องสว่าง (Lux) ตามมาตรฐานที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
แนะนำสำหรับพื้นที่ทำงานทั่วไปเฉลี่ย 500 Lux นำข้อมูลไปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่า Lux กับค่า LPD ของหลอดไฟชนิดกลม และหลอดไฟชนิดยาว ได้ดังรูป



การออกแบบให้ผ่านเกณฑ์ค่า $LPD \leq 12 \text{ W/m}^2$ ซึ่งเป็นเกณฑ์น้อยที่สุดกับค่า
ความส่องสว่าง 500 Lux พบว่าการใช้หลอดไฟชนิดกลม LED Bulb หรือหลอดไฟชนิดยาว
ฟลูออเรสเซนต์ T5 หรือหลอดไฟ LED Tube สามารถให้ผ่านเกณฑ์ค่า LPD ได้

แนวทางการออกแบบ



ระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (Split type) และเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ (Chiller) สามารถเลือกใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพได้ดังตาราง มีค่าดังนี้

ขนาดเครื่องปรับอากาศ แบบหน่วยเดียว (Split Type)				
	เกณฑ์ BEC พ.ศ. 2552 EER (COP)	กฎกระทรวง ประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 EER (COP)	ฉลากเบอร์ 5 กฟผ. Fix Speed พ.ศ. 2560 EER (COP)	Inverter พ.ศ. 2558 SEER (COP)
≤ 8,000 W (≤ 27,296 BTU/h)	≥ 11	11 - 14	≥ 12.85 (≥ 3.76)	≥ 15.00 (≥ 4.39)
8,000 – 12,000 W (27,296 – 40,944 BTU/h)	(≥ 3.22)	(3.22 - 4.1)	≥ 12.40 (≥ 3.63)	≥ 14.00 (≥ 4.10)

เครื่องทำน้ำเย็น แบบอัดไอ (Chiller) การระบายความร้อน	ชนิดเครื่องอัด			
		เกณฑ์ BEC พ.ศ. 2552	กฎกระทรวงประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552	
		ค่ากำลังไฟฟ้า kW/ton (Full load)		
Air-cooled	ทุกชนิด	≤ 300 ตัน	1.33	ทุกขนาด 1.12
		> 300 ตัน	1.31	
Water-cooled	Reciprocating	ทุกขนาด	1.24	ทุกขนาด 0.88
	Rotary, Screw and Scroll	≤ 150 ตัน	0.89	ทุกขนาด 0.70
		> 150 ตัน	0.78	
	Centrifugal	≤ 500 ตัน	0.76	≤ 300 ตัน 0.67
		> 500 ตัน	0.62	> 300 ตัน 0.61

แนวทางการออกแบบ



อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

หม้อต้มน้ำร้อน หรือหม้อไอน้ำ (Boiler) พิจารณาจากค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของอุปกรณ์ด้วยวิธีเปรียบเทียบพลังงานจากน้ำร้อนหรือไอน้ำที่ผลิตได้กับพลังงานของเชื้อเพลิงที่ให้กับหม้อไอน้ำ มีค่าดังนี้

ประเภท	ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ
(ก) หม้อไอน้ำ ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil fired steam boiler)	85 %
(ข) หม้อต้มน้ำร้อน ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil fired hot water boiler)	80 %
(ค) หม้อไอน้ำ ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired steam boiler)	80 %
(ง) หม้อต้มน้ำร้อน ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas fired hot water boiler)	80 %

สำหรับเครื่องผลิตน้ำร้อนแบบฮีตปั๊ม (Heat pump) เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตน้ำร้อนประมาณ 50-60 °C พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (Coefficient of performance, COP) มีค่าดังนี้

ลักษณะ การออกแบบ	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ อากาศ (°C)	COP
ก) แบบที่ 1	30.0	50.0	30.0	3.5
ข) แบบที่ 2	30.0	60.0	30.0	3.0

แนวทางการออกแบบ

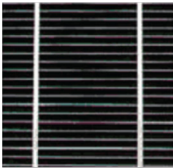
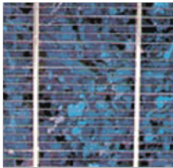


พลังงานหมุนเวียน

มาตรฐาน BEC นอกจากกำหนดมาตรฐานตามรายระบบต่าง ๆ แล้ว ยังสามารถนำการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ หรือการชดเชยการใช้หลอดไฟฟ้าตามแนวกรอบอาคารมาลดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารลงได้ มีวิธีการแนะนำดังนี้

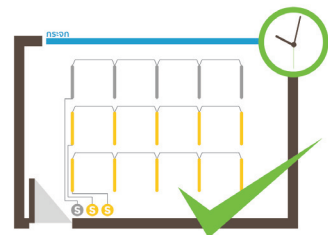
1. เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Photovoltaic electrification system) โดยสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน ซึ่งเมื่อมีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

● **ผลิตจากซิลิคอน** เช่น ชนิดผลึกเดี่ยว (Single crystalline silicon solar cell) และชนิดหลายผลึก (Poly crystalline silicon solar cell) และชนิดไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) มีประสิทธิภาพดังนี้

Single crystalline silicon	Poly crystalline silicon	Amorphous
		
Efficiency 10 – 22%	Efficiency 12 – 18%	Efficiency 8 – 13%

● **ผลิตจากสารที่ไม่ใช่ซิลิคอน** ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง 25% ขึ้นไป นิยมใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่

2. การชดเชยหลอดไฟฟ้าตามแนวกรอบอาคาร
เมื่อดำเนินการตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดแล้ว สามารถยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนตามแนวกรอบอาคารเพราะถือเป็นการใช้แสงสว่างธรรมชาติทดแทนการใช้หลอดไฟฟ้านั้น ๆ ได้



เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. “กฎกระทรวง กำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552.” ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 126. ตอนที่ 12 ก (20 กุมภาพันธ์ 2552): หน้า 9-15.
- กระทรวงพลังงาน. “ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคาร แต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552.” 14 กรกฎาคม 2552.
- กระทรวงพลังงาน. “ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อต้นความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552.” 14 กรกฎาคม 2552.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กองอนุรักษ์พลังงาน. (2536). คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร (Manual for Energy Conservation in Buildings) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.
- ตรึงใจ บุณสมภพ. (2539). การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Building Design). กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์ปริ้นตติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ธนิศ จินดาวณิต. (2540). สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี (Architecture and Technology). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2542). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (Energy Efficient Home for Better Quality of Life: Design Techniques) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: พร็อพเพอร์ตี้-มาเก็ต.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. (2541). การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Building Design for Hot-humid Climate). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมสิทธิ์ นิตยะและคณะ. (2545). การออกแบบประสานระบบกรณีศึกษา : ธนาคารกสิกรไทยสำนักงานใหญ่ราษฎร์บูรณะ (Design Integration, Case study: Thai Farmer Bank, Ratburana the Head Quarter) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



คณะทำงาน

ที่ปรึกษาการบริหารโครงการ

นายประพนธ์ วงษ์ท่าเรือ

อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

นายยงยุทธ์ สวัสดิ์สวณีย์

รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

คณะกรรมการโครงการ

นายโกลบ บัวเกตุ

ผู้อำนวยการสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน

นายวรยุทธ์ คงบุญ

ผู้อำนวยการกลุ่มกำกับการอนุรักษ์พลังงาน 1

นายประกอบ เอี่ยมสอาด

ผู้อำนวยการกลุ่มมาตรฐานอาคารใหม่

นายณัฐพล รุ่งประแสง

วิศวกรชำนาญการ

นายพชร วัชรสินภาพร

วิศวกรปฏิบัติการ

ที่ปรึกษาโครงการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน





ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 02 225 2412 โทรสาร 02 225 2412

www.2e-building.com



BEC

