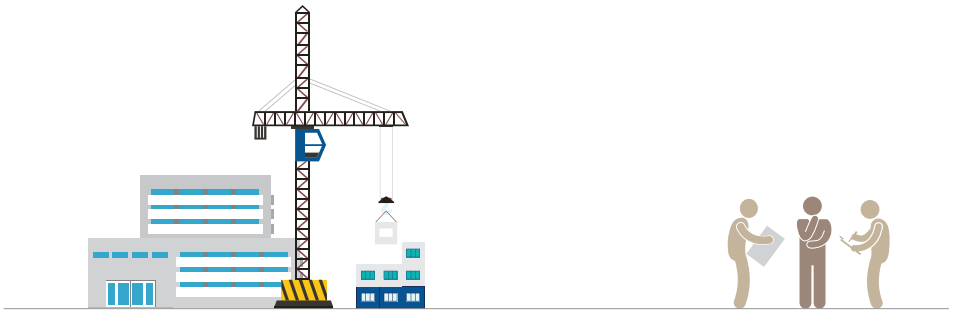
แนวทางเบื้องต้นในการออกแบบ

อาคารอนุรักษ์พลังงาน ประสิทธิภาพสูงเชิงสถาปัตยกรรม

TGP-EEDP
Thai - German Programme on Energy Efficiency Development Plan

Coordinating Center for Energy Conservation Building Design



แนวทางเบื้องต้นในการออกแบบ
อาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง
เชิงสถาปัตยกรรม

คำนำ

เนื่องจากการใช้พลังงานในภาคอาคารธุรกิจมีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะมีการใช้พลังงานมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่จะสร้างใหม่หรือดัดแปลง จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งที่ทำให้มั่นใจได้ว่าประเทศไทยจะลดการใช้พลังงานลงและจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในอนาคต ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงหรือ Building Energy Code (BEC) เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะทำให้ศักยภาพการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นได้จริงในภาคอาคารธุรกิจ

BEC คือเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลง ออกโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งออกเป็นกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 ข้อกำหนด BEC จะมีการปรับปรุงเพื่อยกระดับมาตรฐานขั้นต่ำให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้นการส่งเสริมการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงจะช่วยยกระดับเกณฑ์ BEC ในอนาคตได้

เอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแรงจูงใจและเป็นแนวทางเบื้องต้นให้กับเจ้าของอาคารและสถาปนิกในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงโดยจัดทำขึ้นภายใต้ความร่วมมือระหว่างโครงการความร่วมมือไทย-เยอรมันตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (Thai-German Programme on Energy Efficiency Development Plan, TGP-EEDP) และศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2E Building Centre) ภายใต้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เราหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารเล่มนี้จะเป็นแนวทาง และสร้างแรงบันดาลใจให้กับสถาปนิกในการค้นหาแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือที่โต๊ะออกแบบของสถาปนิกนั่นเอง

กรุงเทพฯ
มีนาคม 2559

สารบัญ

บทนำ 4

ส่วนที่ 1: Background 7
เกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และเกณฑ์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง
- เกณฑ์ Building Energy Code (BEC) ของไทย 8
- ทำไมต้องให้ความสำคัญกับค่า OTTV และ RTTV 8
- ประเภทของอาคารจำแนกตามเกณฑ์ BEC 10
- เกณฑ์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง 11
- ที่มาของตัวอย่างการออกแบบผนังและหลังคา 12

ส่วนที่ 2: การออกแบบผนังเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง 15
- ตัวอย่างการออกแบบผนังตามเกณฑ์ OTTV 16
- คำอธิบายตัวอย่าง 16
- สัญลักษณ์แสดงประสิทธิภาพขององค์ประกอบผนัง 18

กลุ่มที่ 1 – สำนักงาน 21
กลุ่มที่ 2 – ศูนย์การค้า 29
กลุ่มที่ 3 – อาคารชุด 37

ส่วนที่ 3: การออกแบบหลังคาเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง 45
- ตัวอย่างการออกแบบหลังคาตามเกณฑ์ RTTV 46

ส่วนที่ 4: Next Steps สำหรับการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง 53

อภิธานศัพท์ 56

บทนำ

ช่วงปลายปี พ.ศ. 2553 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ภายใต้กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย พ.ศ. 2554 – 2573 ภายใต้แผนดังกล่าว ประเทศไทยมีเป้าหมายที่จะลดความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ต่อ GDP ลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยเทียบกับปี พ.ศ. 2553 ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 ได้มีการปรับปรุงแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยขยายเป้าหมายด้านการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานให้ลดความเข้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553

ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานในภาคอาคารค่อนข้างสูงโดยคิดเป็นร้อยละ 17.6 ของความต้องการพลังงานรวมของประเทศ ดังนั้น ภาคอาคารจึงมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยทำให้แผนอนุรักษ์พลังงานบรรลุตามเป้าหมายได้ โดยเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร หรือ (Building Energy Code, BEC) สามารถเข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอาคารได้ตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบอาคาร

เนื่องจาก BEC จะมีการปรับปรุงเพื่อยกระดับมาตรฐานขั้นต่ำให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้น การส่งเสริมการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงจะช่วยยกระดับเกณฑ์ BEC ในอนาคตได้ เอกสารนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแรงจูงใจและเป็นแนวทางเบื้องต้นให้กับเจ้าของอาคารและสถาปนิกในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

จุดเด่นของเอกสาร

- การเชื่อมโยงข้อกำหนด BEC ให้สอดคล้องกับมุมมองของสถาปนิกในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง
- การให้ความสำคัญในการเสนอแนวทางการออกแบบผนังและหลังคาซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและท้าทายการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง
- การแสดงตัวอย่างให้เห็นแนวทางการออกแบบที่มีประสิทธิภาพการสูงขึ้นเป็นลำดับ

เอกสารนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1

Background ในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลที่สำคัญเบื้องต้นเกี่ยวกับเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร หรือ Building Energy Code (BEC) รวมถึงแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีการอ้างถึงข้อมูลเหล่านี้ในส่วนอื่นๆ ต่อไป

ส่วนที่ 2

การออกแบบผนัง ในส่วนนี้ถือเป็นหัวใจหลักของเอกสารซึ่งจะมีการนำเสนอแนวทางเบื้องต้นและสร้างแรงจูงใจในการออกแบบผนังอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพในระดับ BEC จนถึงระดับประสิทธิภาพสูง

ส่วนที่ 3

การออกแบบหลังคา ในส่วนนี้จะนำเสนอแนวทางเบื้องต้นและสร้างแรงจูงใจในการออกแบบหลังคาเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพในระดับ BEC จนถึงระดับประสิทธิภาพสูง

ส่วนที่ 4

Next Steps เนื่องจากเราหวังว่าเอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อนำเสนอแนวทางเบื้องต้น และสร้างแรงจูงใจให้ท่านในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงเท่านั้น ดังนั้นในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลต่างๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งพร้อมจะสนับสนุนท่านในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงต่อไป

เอกสารเล่มนี้จะทำให้ท่านเห็นว่า

การออกแบบอาคารตามเกณฑ์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ (BEC) ไม่ใช่เรื่องยาก และการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงก็เป็นสิ่งที่เป็นไปได้เช่นกัน

ส่วนที่ 1: Background

เกณฑ์ Building Energy Code (BEC) และเกณฑ์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

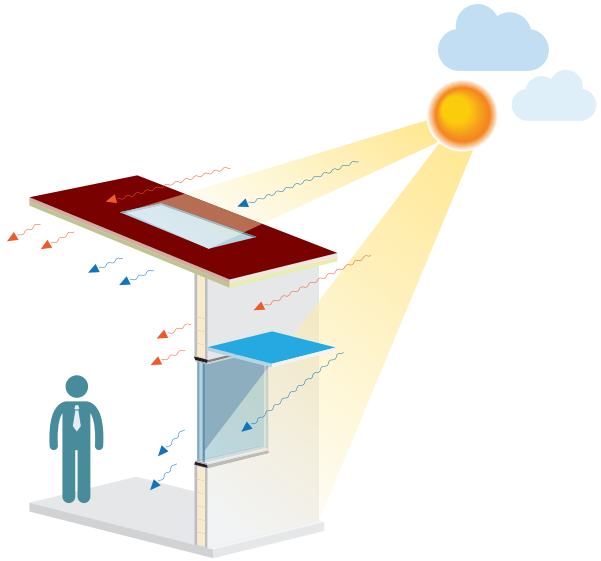
เกณฑ์ Building Energy Code (BEC) ของไทย

BEC คือเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลง ซึ่งได้รับการบรรจุในกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตราฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กระทรวงพลังงาน ประกอบด้วยการออกแบบระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร

- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร หรือ Overall Thermal Transfer Value (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา หรือ Roof Thermal Transfer Value (RTTV) เป็นตัวแสดงประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานของกรอบอาคาร
- ค่ากำลังไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างต่อตารางเมตร หรือ Lighting Power Density (LPD) เป็นตัวแสดงประสิทธิภาพในการส่องสว่าง
- ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ Coefficient of Performance (COP) เป็นตัวแสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

ทำไมต้องให้ความสำคัญกับค่า OTTV และ RTTV

จากเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าวเห็นได้ชัดว่าการออกแบบกรอบอาคารให้ผ่านค่ามาตรฐาน OTTV และ RTTV ถือเป็นเรื่องท้าทายสำหรับสถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร ดังนั้นในเอกสารเล่มนี้จึงนำเสนอแนวทางเบื้องต้นและสร้างแรงจูงใจให้กับสถาปนิกในการออกแบบผนังและหลังคาเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง



ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนผ่านผนัง / หลังคาทึบ

- พื้นที่ผนัง/หลังคาทึบ
- สีของผนัง/หลังคา
- ความหนาวัสดุ
- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)
- ความหนาแน่นวัสดุ
- ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ
- ทิศทางผนัง/หลังคา
- มุมเอียงผนัง/หลังคา

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนผ่านผนัง / หลังคาโปร่งแสง

- พื้นที่ผนัง/หลังคาโปร่งแสง
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
- ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนัง / หลังคาโปร่งแสง (SHGC)
- รูปแบบของแผงบังแดด
- ทิศทางผนัง/หลังคา
- มุมเอียงผนัง/หลังคา

ประเภทของอาคารจำแนกตามเกณฑ์ BEC

เกณฑ์ BEC ของไทย มีสมมติฐานในการแบ่งอาคารออกเป็น 3 กลุ่มตามช่วงเวลาการใช้ เนื่องจากระยะเวลาการใช้งานอาคารที่แตกต่างกันจะมีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาจากภายนอกของอาคารที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 กลุ่มจำแนกได้ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1

ใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง
(เวลา 8.00 – 17.00 น.)

กลุ่มที่ 2

ใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง
(เวลา 10.00 – 22.00 น.)

กลุ่มที่ 3

ใช้งานตลอด
24 ชั่วโมง

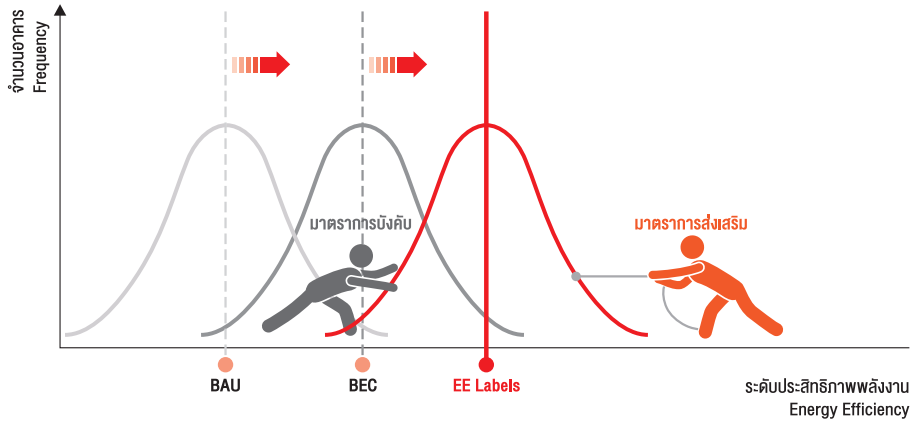
สถานศึกษา สำนักงาน

โรงมหรสพ ศูนย์การค้า
สถานบริการ และอาคาร
ชุมนุมคน

สถานพยาบาล
อาคารชุด โรงแรม

เกณฑ์การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

เนื่องจากเกณฑ์ BEC เป็นเพียงมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารขั้นต่ำ ที่มีผลบังคับใช้กับอาคารก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลง **เอกสารนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ BEC** เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการออกแบบและเป็นการรองรับการปรับยกระดับเกณฑ์ BEC ให้สูงขึ้นตามเทคโนโลยีและประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในอนาคต ทั้งนี้ การสนับสนุนการออกแบบการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงจึงมีความสำคัญในการเตรียมความพร้อมกับการยกระดับมาตรฐานขั้นต่ำในอนาคต



BAU : Business-As-Usual คือระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสถานการณ์ปกติ
BEC : Building Energy Code คือระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ
EE : Energy Efficiency คือระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอนาคตที่สูงขึ้น

ที่มาของตัวอย่างการออกแบบผนังและหลังคา

เอกสารเล่มนี้จะนำเสนอตัวอย่างการออกแบบผนังและหลังคาตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารขั้นต่ำ (BEC) และที่สูงกว่าเกณฑ์ BEC เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นและสร้างแรงจูงใจในการออกแบบกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูงโดยจะนำเสนอตัวอย่างจาก 3 กลุ่มอาคารตามเกณฑ์ BEC ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สถานศึกษา สำนักงาน
กลุ่มที่ 2 โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ อาคารชุมนุมคน
กลุ่มที่ 3 สถานพยาบาล อาคารชุด โรงแรม

ตัวอย่างทั้งหมดในเอกสารนี้ได้มาจากการจำลองโมเดล เพื่อคำนวณค่า OTTV และ ค่า RTTV ตามเกณฑ์ BEC และใช้โปรแกรม BEC ที่ได้รับการพัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในการคำนวณ โดยมีสมมติฐานของการจำลองโมเดลเพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้น คือ ผังอาคารเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผนังแต่ละด้านมีลักษณะเหมือนกัน ผนังวางตัวในแนวดิ่ง (90˚) อาคารวางตัวอยู่ในแกนของทิศหลัก หลังคาวางตัวในแนวราบ (0˚) หลังคาไม่มีวัสดุโปร่งแสง อาคารตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ และวัสดุต่างๆ ที่เลือกใช้จากฐานข้อมูลในโปรแกรม BEC อย่างไรก็ตามหากอาคารไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว ค่า OTTV และ RTTV ที่แสดงในเอกสารนี้อาจจะมีการคลาดเคลื่อนได้ โดยสามารถใช้โปรแกรม BEC ในการวิเคราะห์ในรายละเอียดต่อไปได้

ในการนำเสนอเพื่อการปรับองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นตัวกำหนดระดับของประสิทธิภาพการใช้พลังงานของผนังหรือหลังคา ประกอบด้วย

การคำนวณค่า OTTV
- อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio, WWR)
- สีของผนังทึบ
- คุณสมบัติของวัสดุผนังทึบและวัสดุโปร่งแสง
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด

การคำนวณค่า RTTV
- สีของหลังคาทึบ
- คุณสมบัติวัสดุหลังคาทึบ

ส่วนที่ 2:

การออกแบบผนัง
เพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

ตัวอย่าง
การออกแบบผนังตามเกณฑ์ OTTV

ในมุมมองของสถาปนิกแล้วการออกแบบอาคารตามเกณฑ์ OTTV (ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร) ถือเป็นเรื่องที่ท้าทาย ในส่วนที่ 2 นี้จะนำเสนอตัวอย่างการออกแบบผนังตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารขั้นต่ำ (BEC) และที่สูงกว่าเกณฑ์ BEC เพื่อเป็นแนวทางและสร้างแรงจูงใจในการออกแบบผนังอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง โดยจะนำเสนอตัวอย่างจาก 3 กลุ่มอาคารตามเกณฑ์ BEC ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สำนักงาน
กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า
กลุ่มที่ 3 อาคารชุด

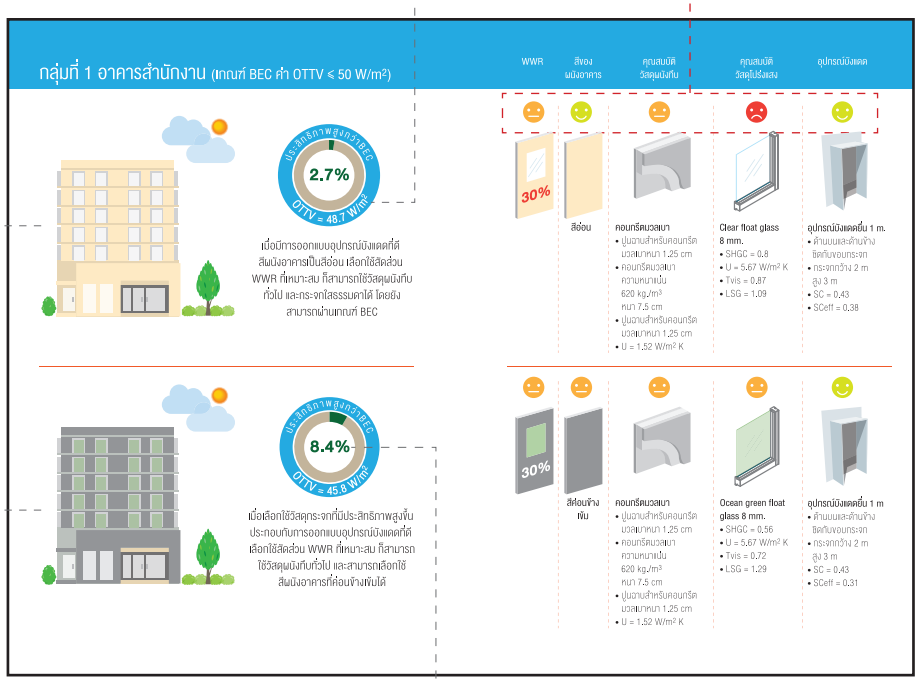
คำอธิบาย
ส่วนประกอบต่างๆ
ของตัวอย่าง

ค่า OTTV ที่คำนวณได้
ค่า OTTV ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าตามเกณฑ์ BEC

สัญลักษณ์แสดงประสิทธิภาพของแต่ละองค์ประกอบ
สัญลักษณ์นี้จะแสดงถึงความแตกต่างขององค์ประกอบของผนัง **(ดูรายละเอียดของสัญลักษณ์ในหน้าถัดไป)**

การเปรียบเทียบ
ในแต่ละกลุ่มอาคารจะแสดงให้เห็น 6 ตัวอย่างที่มีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ BEC และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นลำดับ จากความแตกต่างขององค์ประกอบของผนัง คือ

1. อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR)
2. สีของผนังทึบ
3. คุณสมบัติของวัสดุผนังทึบ
4. คุณสมบัติของวัสดุโปร่งแสง
5. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด



เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดีสีผนังอาคารเป็นสีอ่อน เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป และกระจกใสธรรมดาได้ โดยยังสามารถผ่านเกณฑ์ BEC

เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นประกอบกับการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป และสามารถเลือกใช้สีผนังอาคารที่ค่อนข้างเข้มได้

ระดับประสิทธิภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ BEC
แสดงในรูปแบบค่าร้อยละของผลต่าง OTTV ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าค่าตามเกณฑ์ BEC ตามประเภทของอาคาร ในกรณีนี้เป็นระดับประสิทธิภาพของกลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน

สัญลักษณ์แสดงประสิทธิภาพ ขององค์ประกอบผนัง

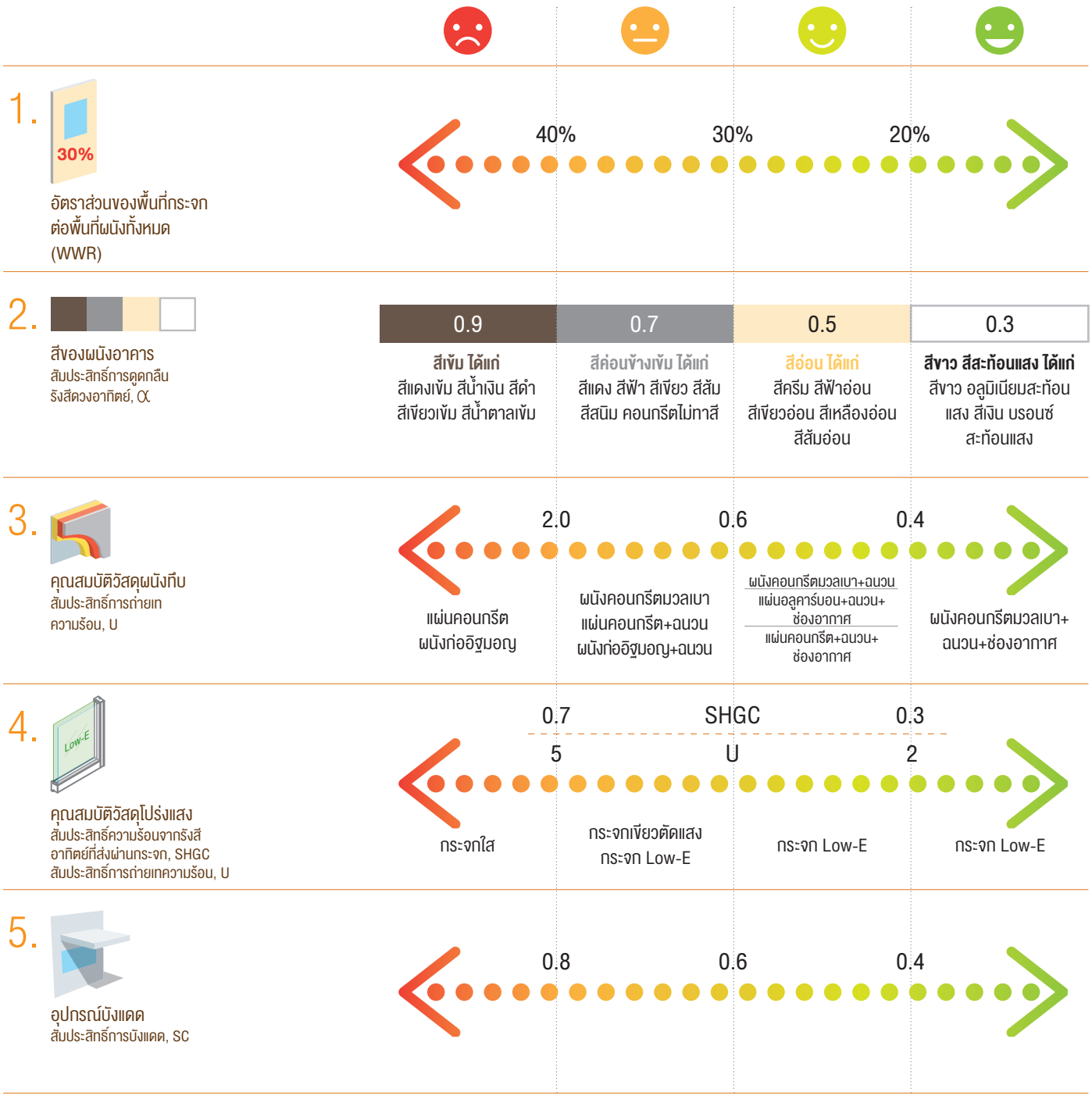
องค์ประกอบของผนังภายนอกอาคาร เช่น อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทึบ สีของผนังทึบ คุณสมบัติของวัสดุผนังทึบและหน้าต่าง ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด เป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบผนังเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของผนังต่างๆ สามารถออกแบบได้หลายทางเลือกซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ เอกสารนี้จะนำเสนอตัวอย่างองค์ประกอบของผนังบางทางเลือกเท่านั้น

ทั้งนี้องค์ประกอบผนังแต่ละทางเลือกจะปรากฏสัญลักษณ์ที่มีระดับที่ต่างกันเพื่อแสดงประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในระดับต่างๆ ดังแสดงให้เห็นในตาราง

หมายเหตุ : ตัวอย่างสีและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์, อ้างอิงจากคู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง การอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

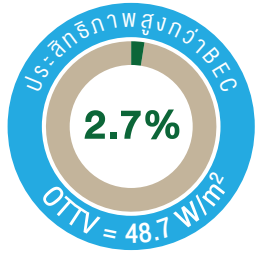
การเลือกวัสดุโปร่งแสง ควรพิจารณาร่วมกับค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Tvis) เพื่อให้ค่า Light to Solar Gain (LSG) มีค่ามากกว่า 1 กรณีต้องการใช้แสงธรรมชาติ

การเลือกรูปแบบขอบอุปกรณ์บังแดดควรพิจารณาร่วมกับค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Tvis) เพื่อให้ค่า Effective Shading Coefficient มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 กรณีต้องการใช้แสงธรรมชาติ

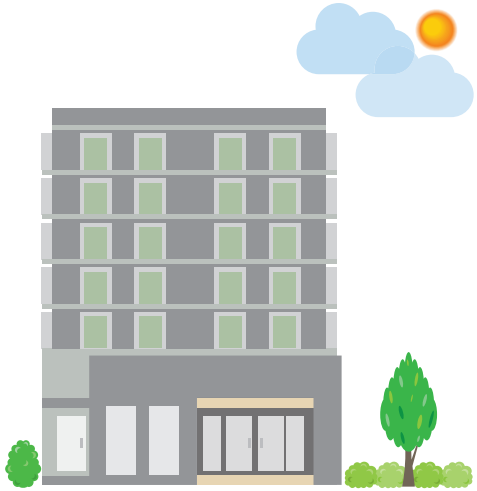


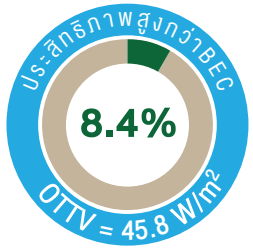
กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน

กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 50 W/m²)

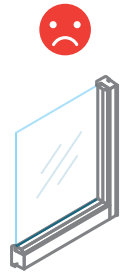
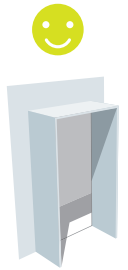
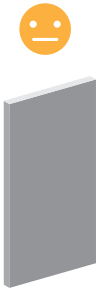
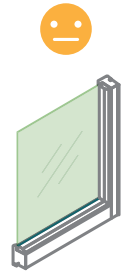
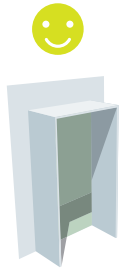


เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป และกระจกใสธรรมดาได้ โดยยังสามารถผ่านเกณฑ์ BEC

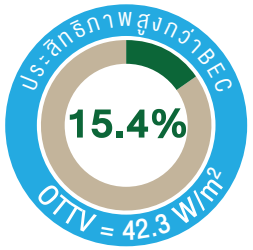




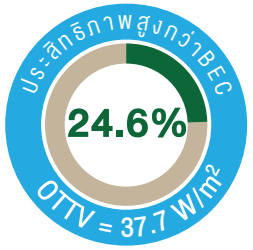
เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประกอบกับการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป และสามารถเลือกใช้สีผนังอาคารที่ค่อนข้างเข้มได้

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบา** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • U = 1.52 W/m² K	**Clear float glass 8 mm.** • SHGC = 0.8 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.87 • LSG = 1.09	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m.** • ด้านบนและด้านข้างชิดกับขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.43 • SCeff = 0.38
				
	สีค่อนข้างเข้ม	**คอนกรีตมวลเบา** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • U = 1.52 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm.** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนและด้านข้างชิดกับขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.43 • SCeff = 0.31

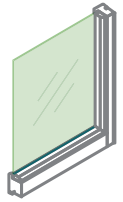
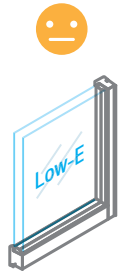
กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 50 W/m²)



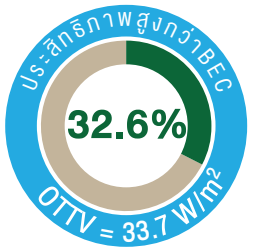
เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มฉนวนบริเวณผนัง ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้น แม้จะเลือกใช้สีผนังอาคารที่ค่อนข้างเข้มก็ตาม



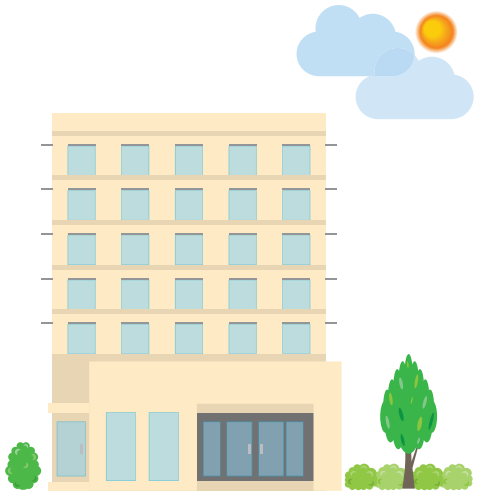
เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงประกอบกับเพิ่มฉนวนบริเวณผนัง และสีผนังอาคารที่เป็นสีอ่อน ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้น

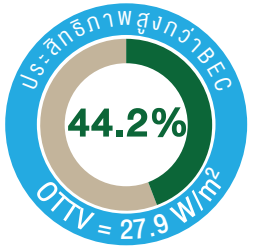
WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีค่อนข้างเข้ม	**คอนกรีตมวลเบาและฉนวน** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.506 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 1 m • SC = 0.69 • SCeff = 0.50
				
	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบาและฉนวน** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.506 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on clear 10 mm (10-12-10)** • SHGC = 0.61 • U = 1.97 W/m² K • Tvis = 0.70 • LSG = 1.15	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 1 m • SC = 0.69 • SCeff = 0.49

กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 50 W/m²)

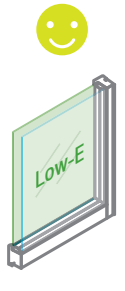
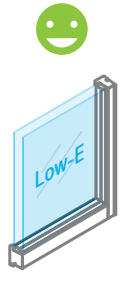


เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง ประกอบกับเพิ่มฉนวนและช่องอากาศบริเวณผนัง สีผนังอาคารที่เป็นสีอ่อน เพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด (เป็นระเบียงรอบอาคาร) ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้น แม้จะเพิ่มสัดส่วน WWR ก็ตาม



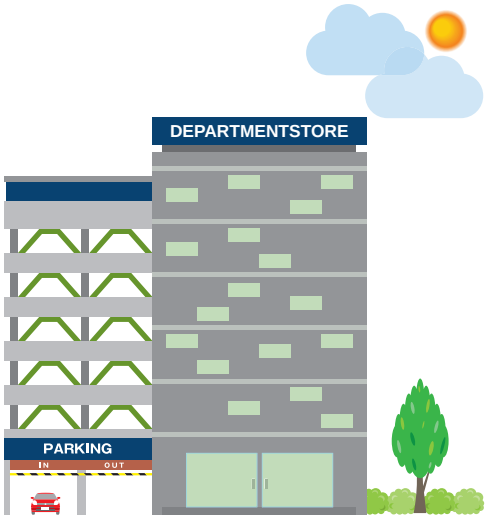


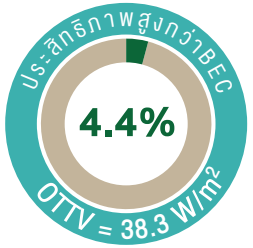
เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง ประกอบกับเพิ่มฉนวนและช่องอากาศบริเวณผนัง สีผนังอาคารที่เป็นสีอ่อน ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้น แม้จะเพิ่มสัดส่วน WWR ก็ตาม

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีอ่อน	**Aluminium cladding ฉนวนและช่องอากาศ** • Aluminium cladding หนา 0.1 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.474 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on ocean green 6 mm (6-12-6)** • SHGC = 0.39 • U = 2 W/m² K • Tvis = 0.64 • LSG = 1.64	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 2 m** • ด้านบนห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 1 m • SC = 0.55 • SCeff = 0.35
				
	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบา ฉนวนและช่องอากาศ** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.39 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on sky blue 8 mm (8-12-8) insulating glass (Clear color single silver low-e for outer glass)** • SHGC = 0.3 • U = 1.98 W/m² K • Tvis = 0.43 • LSG = 1.44	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนชิดขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.74 • SCeff = 0.32

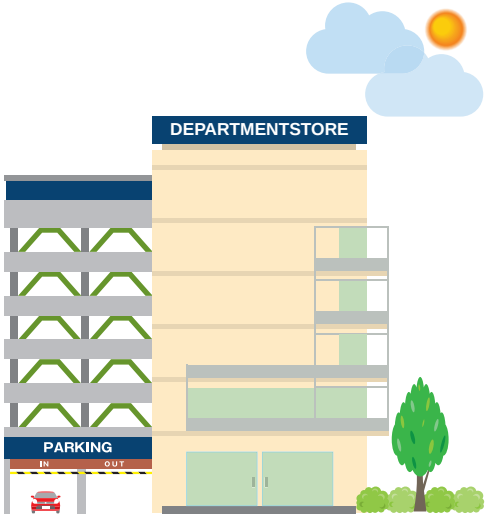
กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า

กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 40 W/m²)

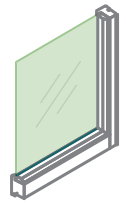
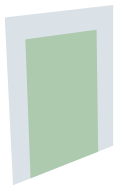


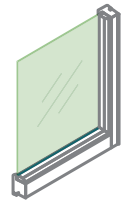
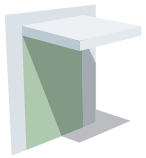


เนื่องจากอาคารประเภทนี้ไม่ต้องการสัดส่วน WWR ที่สูงมากนัก การเลือกใช้กระจกเขียว แม้ไม่ต้องมีอุปกรณ์บังแดดและวัสดุผนังทึบทั่วไป ก็สามารถผ่านเกณฑ์ BEC ได้ ถึงแม้ว่าสีผนังอาคารจะเป็นสีค่อนข้างเข้ม

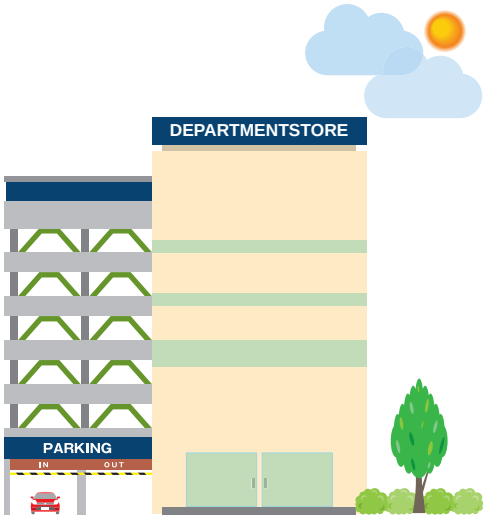


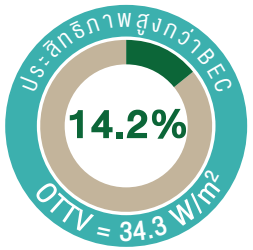
เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี กระจกเขียว ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน ใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป ก็สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีค่อนข้างเข้ม	**คอนกรีตมวลเบา** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • U = 1.52 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**ไม่มีอุปกรณ์บังแดด** • SC = 1 • SCeff = 0.72

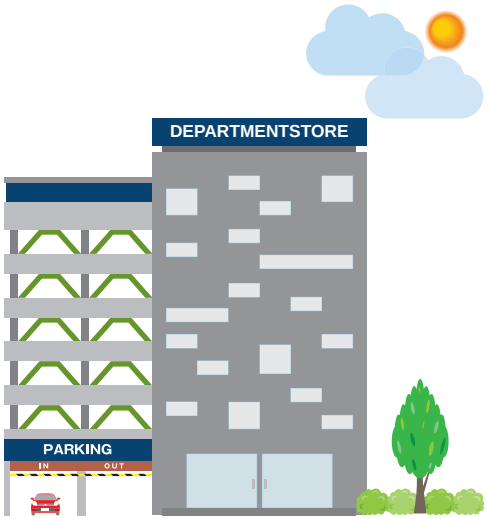
WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบา** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • U = 1.52 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 2 m** • ด้านบนชิดขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.62 • SCeff = 0.45

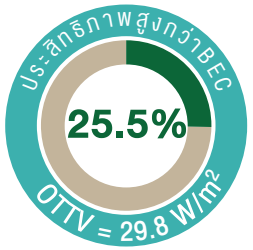
กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 40 W/m²)



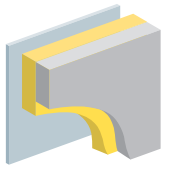
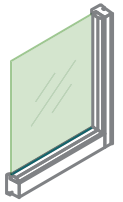
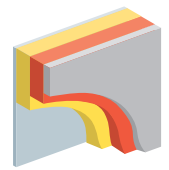


เมื่อมีการเพิ่มฉนวนและช่องอากาศกับผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในการทำผนังอาคาร สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน ใช้วัสดุกระจกเขียว ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม แม้จะไม่มีอุปกรณ์บังแดด ก็สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

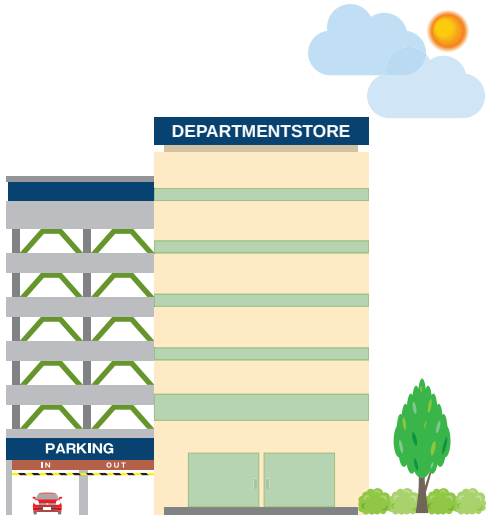


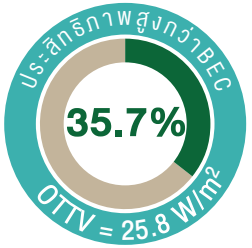


เมื่อมีการเพิ่มฉนวนให้กับผนังก่ออิฐธรรมดา ใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม แม้จะไม่มีอุปกรณ์บังแดด และสีผนังอาคารเป็นสีค่อนข้างเข้ม ก็สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

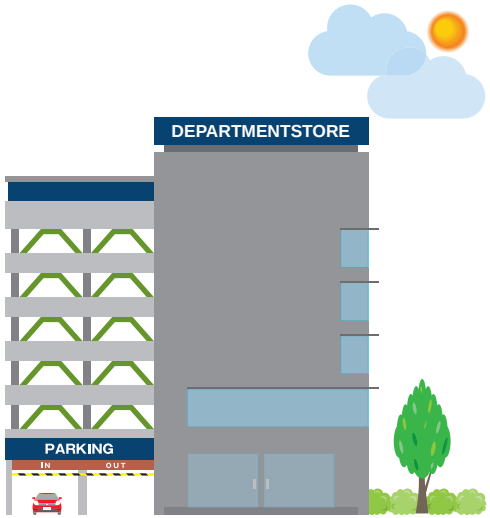
WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีอ่อน	**แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ฉนวน และช่องอากาศ** • คอนกรีตหนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.459 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**ไม่มีอุปกรณ์บังแดด** • SC = 1 • SCeff = 0.72
				
	สีค่อนข้างเข้ม	**อิฐและฉนวน** • ปูนฉาบหนา 1.5 cm • อิฐหนา 7 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.613 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on clear 10 mm (10-12-10), insulating glass (Clear color single silver low-e for outer glass)** • SHGC = 0.61 • U = 1.97 W/m² K • Tvis = 0.70 • LSG = 1.15	**ไม่มีอุปกรณ์บังแดด** • SC = 1 • SCeff = 0.70

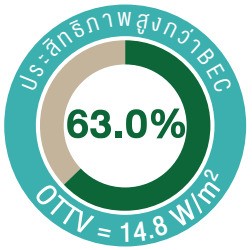
กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 40 W/m²)



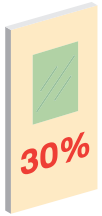
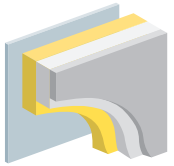
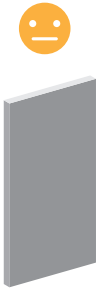


เมื่อมีการเพิ่มฉนวนและช่องอากาศกับผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในการทำผนังอาคาร สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน ใช้วัสดุกระจกเขียว ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม แม้จะไม่มีอุปกรณ์บังแดด ก็สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

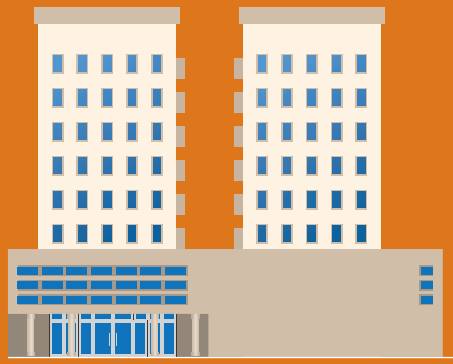




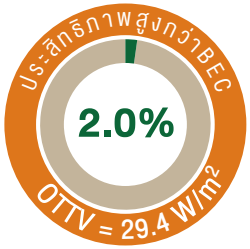
เมื่อมีการเพิ่มฉนวนให้กับผนังก่ออิฐธรรมดา ใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม และสีผนังอาคารเป็นสีค่อนข้างเข้ม ก็สามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
30%	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบา ฉนวนและช่องอากาศ** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.39 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on ocean green 6 mm (6-12-6) insulating glass (Clear color single silver LOW-E for outer glass)** • SHGC = 0.39 • U = 2 W/m² K • Tvis = 0.64 • LSG = 1.64	**ไม่มีอุปกรณ์บังแดด** • SC = 1 • SCeff = 0.64
				
20%	สีค่อนข้างเข้ม	**แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปฉนวน และช่องอากาศ** • คอนกรีตหนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.459 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on sky blue 8 mm (8-12-8) insulating glass (Clear color single silver LOW-E for outer glass)** • SHGC = 0.3 • U = 1.98 W/m² K • Tvis = 0.43 • LSG = 1.44	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนชิดขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.74 • SCeff = 0.32

กลุ่มที่ 3 อาคารชุด

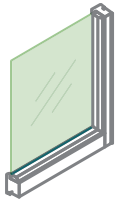
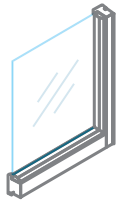
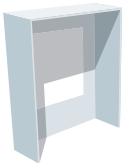


กลุ่มที่ 3 อาคารชุด (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 30 W/m²)

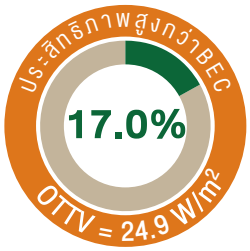


เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี
สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม
และกระจกเขียว ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป
โดยยังสามารถผ่านเกณฑ์ BEC

เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ดี สีผนังอาคาร
เป็นสีอ่อน เลือกใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม
ก็สามารถใช้วัสดุผนังทึบทั่วไป และกระจกใส
ธรรมดาได้ โดยยังสามารถผ่านเกณฑ์ BEC

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีอ่อน	**อิฐมอญ** • ปูนฉาบหนา 1.5 cm • อิฐมอญหนา 7 cm • ปูนฉาบหนา 1.5 cm • U = 3.413 W/m² K	**Ocean green float glass 8 mm** • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 2 m** • ด้านบนห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 2 m • SC = 0.68 • SCeff = 0.49
				
	สีอ่อน	**คอนกรีตมวลเบา** • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่น 620 kg./m³ หนา 7.5 cm • ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบาหนา 1.25 cm • U = 1.52 W/m² K	**Clear float glass 8 mm** • SHGC = 0.8 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.87 • LSG = 1.09	**อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m** • ด้านบนและด้านข้างห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 2 m • SC = 0.60 • SCeff = 0.52

กลุ่มที่ 3 อาคารชุด (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 30 W/m²)

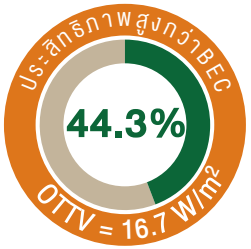


เมื่อมีการเลือกใช้ฉนวนร่วมกับผนังอิฐธรรมดา
สีผนังอาคารเป็นสีอ่อน กระจกเขียว มีอุปกรณ์บังแดด
ทำให้สามารถออกแบบให้มีสัดส่วน WWR ได้ถึง 35%
และสามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

เมื่อมีการเลือกใช้ฉนวนร่วมกับผนังคอนกรีตสำเร็จรูป
สีผนังอาคารเป็นสีอ่อนที่สำคัญคือมีการออกแบบ
อุปกรณ์บังแดดสำหรับระเบียงห้องพัก แม้จะใช้กระจกใสธรรมดา
ก็ยังสามารถใช้สัดส่วน WWR ได้ถึง 40%
และสามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า BEC ได้

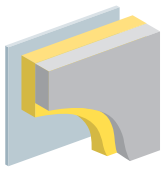
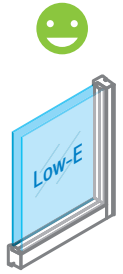
WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
35%	สีอ่อน	อิฐมอญและฉนวน • ปูนฉาบหนา 1.5 cm • อิฐมอญหนา 7 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.613 W/m² K	Ocean green float glass 8 mm • SHGC = 0.56 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.72 • LSG = 1.29	อุปกรณ์บังแดดยื่น 1 m • ด้านบนห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 2 m • SC = 0.81 • SCeff = 0.58
40%	สีอ่อน	แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปและฉนวน • คอนกรีตหนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.628 W/m² K	Clear float glass 8 mm • SHGC = 0.8 • U = 5.67 W/m² K • Tvis = 0.87 • LSG = 1.09	อุปกรณ์บังแดดยื่น 2 m • ด้านบนและด้านข้างห่างจากขอบกระจก 0.5 m • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.37 • SCeff = 0.32

กลุ่มที่ 3 อาคารชุด (เกณฑ์ BEC ค่า OTTV ⩽ 30 W/m²)



เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงประกอบกับเพิ่มฉนวนและช่องอากาศบริเวณแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้สัดส่วน WWR ที่เหมาะสม ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้นกว่าเกณฑ์ BEC แม้จะไม่มีอุปกรณ์บังแดดและสีผนังอาคารค่อนข้างเข้มก็ตาม

เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงประกอบกับวัสดุผนังทึบที่เป็นแผ่น Aluminium Cladding ที่มีฉนวนและช่องอากาศ ผนังอาคารเป็นสีอ่อน ก็ทำให้ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสูงขึ้นมากกว่าเกณฑ์ BEC ประมาณ 50% โดยยังสามารถใช้สัดส่วน WWR ได้สูงถึง 40% และอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นเพียง 0.5 m บนกระจกที่มีความสูงถึง 3 m

WWR	สีของผนังอาคาร	คุณสมบัติวัสดุผนังทึบ	คุณสมบัติวัสดุโปร่งแสง	อุปกรณ์บังแดด
				
	สีค่อนข้างเข้ม	**แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ฉนวน และช่องอากาศ** • คอนกรีตหนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm. หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.459 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on ocean green 6 mm. (6-12-6) insulating glass (Clear color single silver LOW-E for outer glass)** • SHGC = 0.39 • U = 2 W/m² K • Tvis = 0.64 • LSG = 1.64	**ไม่มีอุปกรณ์บังแดด** SC = 1 SCeff = 0.64
				
	สีอ่อน	**Aluminium cladding ฉนวน และช่องอากาศ** • Aluminium cladding หนา 0.1 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm. หุ้มฟอยล์ • ช่องว่างอากาศ 5 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 1.2 cm • U = 0.474 W/m² K	**Clear color single silver LOW-E coat on sky blue 8 mm (8-12-8) insulating glass (Clear color single silver LOW-E for outer glass)** • SHGC = 0.3 • U = 1.98 W/m² K • Tvis = 0.43 • LSG = 1.44	**อุปกรณ์บังแดดยื่น** 0.5 m • ด้านบนชิดขอบกระจก • กระจกกว้าง 2 m สูง 3 m • SC = 0.84 • SCeff = 0.36

ส่วนที่ 3:

การออกแบบหลังคา
เพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

ตัวอย่าง
การออกแบบหลังคาตามเกณฑ์ RTTV

การออกแบบอาคารตามเกณฑ์ RTTV (ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร) ถือเป็นอีกเรื่องที่มีความสำคัญ ดังนั้นในส่วนที่ 3 นี้จะนำเสนอตัวอย่างการออกแบบหลังคาตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารขั้นต่ำ (BEC) และที่สูงกว่าเกณฑ์ BEC เพื่อเป็นแนวทางและสร้างแรงจูงใจในการออกแบบหลังคาอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง โดยจะนำเสนอตัวอย่างอาคารจาก 3 กลุ่มอาคารตามเกณฑ์ BEC ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สำนักงาน
กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า
กลุ่มที่ 3 อาคารชุด

การเปรียบเทียบ: ในแต่ละกลุ่มอาคารจะแสดงให้เห็น 5 ตัวอย่างที่มีค่า RTTV ผ่านเกณฑ์ BEC ในระดับประสิทธิภาพที่ต่างกันจากความแตกต่างขององค์ประกอบของหลังคา คือ

1. สีของหลังคา
2. คุณสมบัติของวัสดุหลังคาทึบ

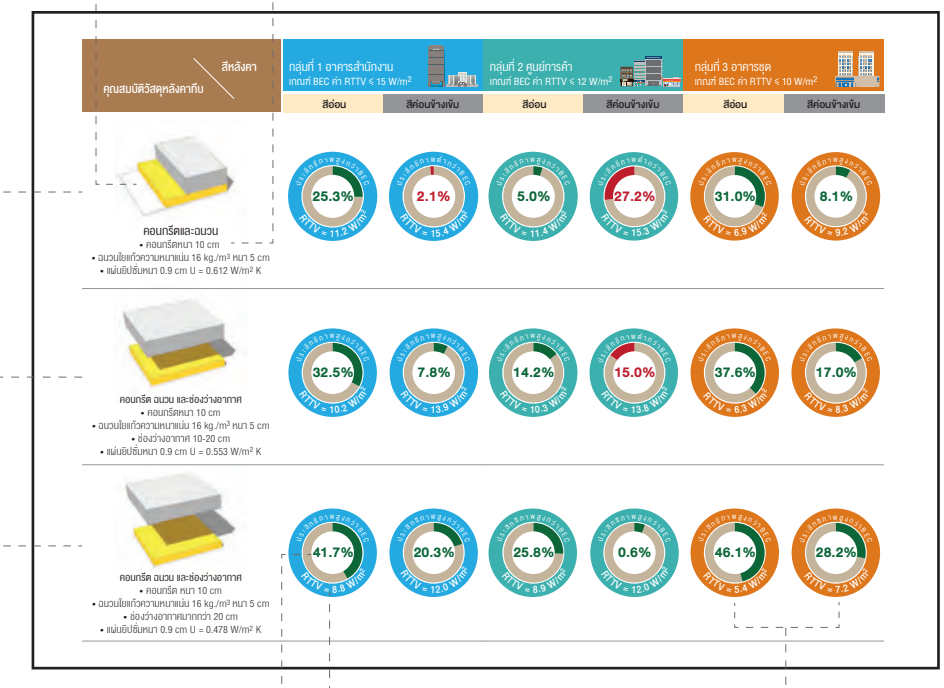
โดยในที่นี้มิได้พิจารณาองค์ประกอบ อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่หลังคาทึบ คุณสมบัติของวัสดุโปร่งแสง และมุมเอียงของหลังคา (พิจารณาเฉพาะหลังคาแนวราบ)

คำอธิบาย ส่วนประกอบต่างๆ ของตัวอย่าง

ภาพตัวอย่าง
แสดงองค์ประกอบของหลังคา

องค์ประกอบของหลังคา
องค์ประกอบและค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณ RTTV ของตัวอย่างนี้

การเปรียบเทียบจากการใช้วัสดุ
แสดงค่า RTTV 5 ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ BEC และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นลำดับจากความแตกต่างของวัสดุหลังคา

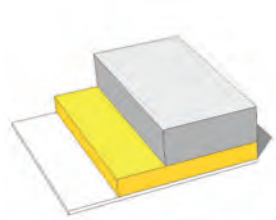


ค่า RTTV ที่คำนวณได้
ค่า RTTV ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าตามเกณฑ์ BEC

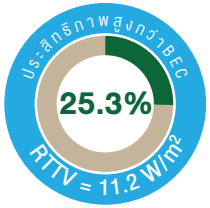
ระดับประสิทธิภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ BEC
แสดงในรูปแบบค่าร้อยละของผลต่าง RTTV ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าค่าตามเกณฑ์ BEC ตามประเภทของอาคาร

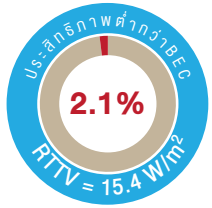
การเปรียบเทียบจากการเลือกใช้สี
สีหลังคามีผลต่อค่า RTTV แม้ว่าจะใช้วัสดุหลังคาเหมือนกันก็ตาม

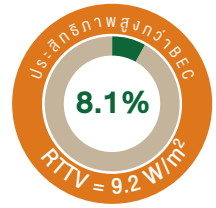
คุณสมบัติวัสดุหลังคาทึบ / สีหลังคา	กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 15 W/m²		กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 12 W/m²		กลุ่มที่ 3 อาคารชุด เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 10 W/m²	
	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม

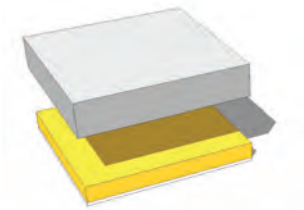


คอนกรีตและฉนวน
- คอนกรีตหนา 10 cm
- ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm
- แผ่นยิปซั่มหนา 0.9 cm U = 0.612 W/m² K

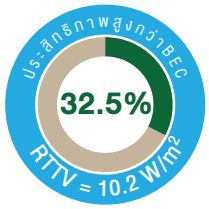


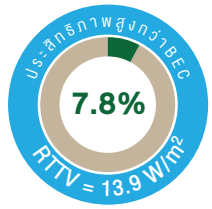


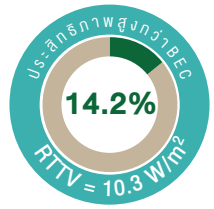


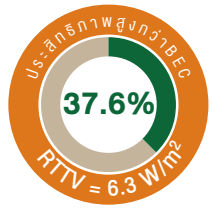


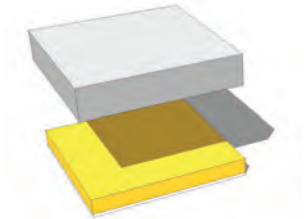
คอนกรีต ฉนวน และช่องว่างอากาศ
- คอนกรีตหนา 10 cm
- ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm
- ช่องว่างอากาศ 10-20 cm
- แผ่นยิปซั่มหนา 0.9 cm U = 0.553 W/m² K



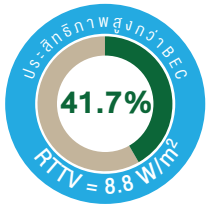


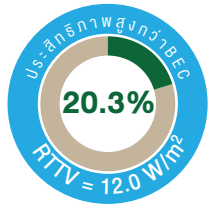


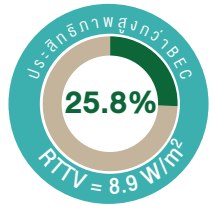


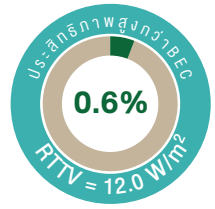


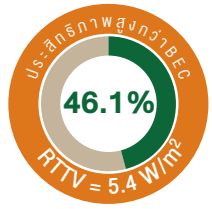
คอนกรีต ฉนวน และช่องว่างอากาศ
- คอนกรีต หนา 10 cm
- ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 5 cm
- ช่องว่างอากาศมากกว่า 20 cm
- แผ่นยิปซั่มหนา 0.9 cm U = 0.478 W/m² K

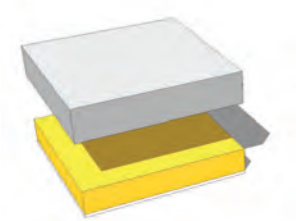
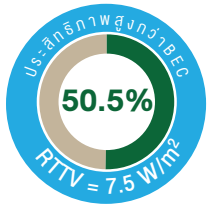
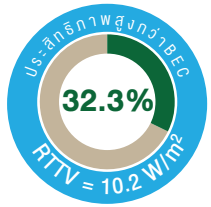
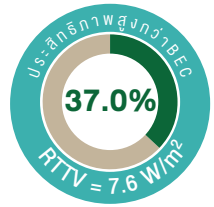
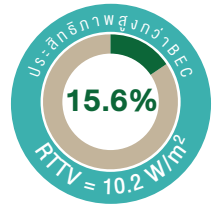
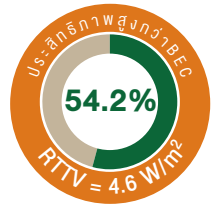
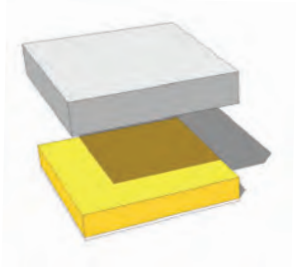
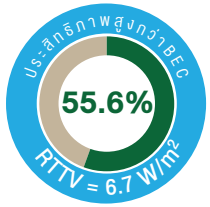
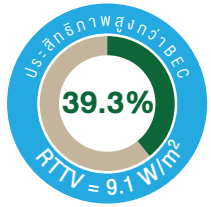
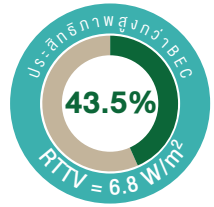










คุณสมบัติวัสดุหลังคาทึบ / สีหลังคา	กลุ่มที่ 1 อาคารสำนักงาน เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 15 W/m²		กลุ่มที่ 2 ศูนย์การค้า เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 12 W/m²		กลุ่มที่ 3 อาคารชุด เกณฑ์ BEC ค่า RTTV ≤ 10 W/m²	
	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม	สีอ่อน	สีค่อนข้างเข้ม
 คอนกรีต ฉนวน และช่องว่างอากาศ • คอนกรีต หนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 7.5 cm • ช่องว่างอากาศ 10-20 cm • แผ่นยิปซั่ม หนา 0.9 cm. U = 0.406 W/m² K						
 คอนกรีต ฉนวน และช่องว่างอากาศ • คอนกรีตหนา 10 cm • ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 kg./m³ หนา 7.5 cm • ช่องว่างอากาศมากกว่า 20 cm • แผ่นยิปซั่มหนา 0.9 cm U = 0.364 W/m² K						

ส่วนที่ 4:
Next Steps สำหรับการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

เราหวังว่าเอกสารเล่มนี้จะสามารถสร้างแรงบันดาลใจให้กับท่านในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง และพร้อมที่จะศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

ทั้งนี้ท่านสามารถเข้าถึงข้อมูลเพิ่มเติมต่างๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

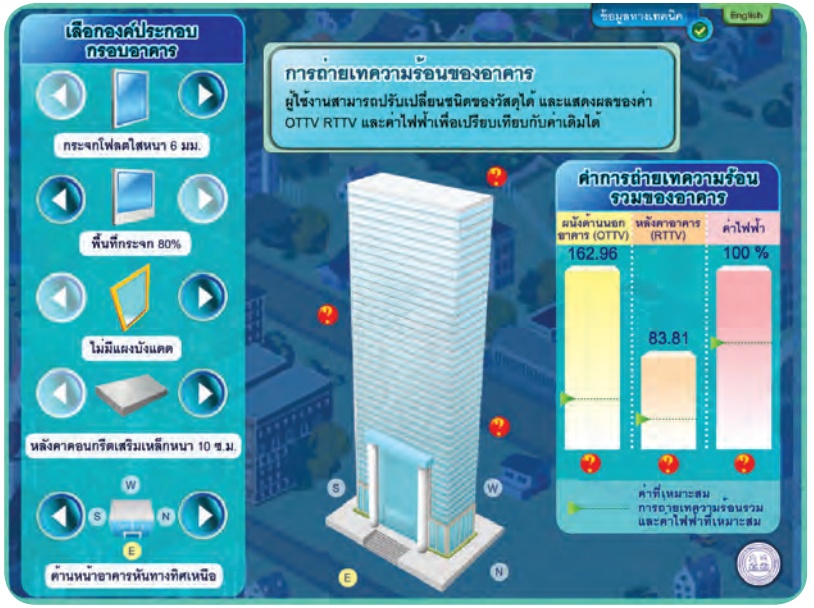
ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเกณฑ์ BEC ของไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

- **ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2E Building Centre)**
  เป็นศูนย์รวมข้อมูลทางวิชาการ ให้คำปรึกษาด้านการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ส่งเสริมและสนับสนุนให้อาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลง มีการออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย และเผยแพร่ให้ความรู้แก่ผู้ออกแบบอาคาร
  http://www.2e-building.com

- **สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (สพบ.)**
  สพบ. เป็นสำนักงานพัฒนาบุคลากรและให้บริการในการบริหารจัดการฝึกอบรมทุกรูปแบบ เพื่อพัฒนาและถ่ายทอดความรู้ด้านการจัดการและเทคโนโลยีด้านพลังงานให้เป็นไปตามกฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพ
  http://www2.dede.go.th/bhrd/

สพบ. ได้พัฒนาเครื่องมือที่สร้างแรงบันดาลใจบนโลกออนไลน์เพื่อช่วยให้เข้าใจว่าองค์ประกอบต่างๆ ของกรอบอาคารมีผลต่อการคำนวณค่า OTTV และ RTTV อย่างไร
http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/swf_com7/07.swf



อภิธานศัพท์ (Glossary)

OTTV Overall Thermal Transfer Value คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (W/m^2)

RTTV Roof Thermal Transfer Value คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (W/m^2)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ ($W/m^2 K$)

WWR Window-to-Wall-Ratio คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนัง

TD_{eq} Temperature Difference Equivalent คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (K)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (K)

SHGC Solar Heat Gain Coefficient คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC Shading Coefficient คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR Effective Solar Radiation คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m^2)

T_{vis} Visible Transmittance คือ ค่าส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น

LSG Light to Solar Gain คือ อัตราส่งผ่านของแสงต่อความร้อนมีค่าเท่ากับ Tvis/SHGC

SC_{eff} Effective Shading Coefficient คือ ค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดดมีค่าเท่ากับ SCxTvis

จัดทำโดย

TGP-EEDP
Thai - German Programme on Energy Efficiency Development Plan

Energy Policy and Planning Office
MINISTRY OF ENERGY

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

On behalf of:
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety
of the Federal Republic of Germany

Department of Alternative Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY

JGSEE