



การพัฒนาโปรแกรมเสริมใน Google SketchUp เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV สำหรับประเทศไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญา มัทธนทวี

อาจารย์ ดร. พยากร จารุชัยมนตรี

อาจารย์ ดร. นนท์ คุณคำชู

ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นโปรแกรมเสริม (Plugin) ของ Google SketchUp ที่สามารถนำข้อมูลของอาคารที่สร้างขึ้นในโปรแกรม OpenStudio มาใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ ปีพ.ศ. 2552 ได้โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถทราบค่า OTTV/RTTV และค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่คำนวณได้จากโปรแกรม OpenStudio ได้พร้อมกัน ทั้งค่าในเชิงตัวเลขและการแสดงผลในเชิงกราฟิก เช่น เคนสีแสดงปริมาณการส่งผ่านความร้อนของแต่ละพื้นผิว เพื่อช่วยผู้ออกแบบอาคารได้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบระบบรอบอาคาร ได้สะดวกตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบร่างของอาคาร และสามารถนำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนระบบรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานให้ดียิ่งขึ้น โดยบทความนี้ได้นำเสนอแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าว ผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ตัวอย่างการนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริง ตลอดจนแผนการพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต



1. บทนำ

ในปีพ.ศ. 2552 ได้มีการออกกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หรือหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยได้กำหนดให้การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน โรงแรม โรงมหรสพ โรงแรม อาคารสถานบริการ และอาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า ที่มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยต้องผ่านเกณฑ์ในแต่ละระบบ ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และ การใช้พลังงานโดยรวม¹

ในส่วนของระบบกรอบอาคารนั้น อาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของอาคาร (RTTV) ในส่วนที่ปรับอากาศของอาคาร ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ตามกฎหมาย ทั้งนี้ค่า OTTV และ RTTV ที่กำหนดไว้สำหรับอาคารแต่ละประเภทจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยแบ่งอาคารเป็น 3 ประเภท คือ 1) สำนักงาน สถานศึกษา 2) ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า และ 3) โรงแรม โรงพยาบาล และสถานพักฟื้น เช่น สถานศึกษา และ สำนักงาน จะต้องมียุทธศาสตร์ค่า OTTV และ RTTV ไม่เกิน 50 และ 15 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยระบบกรอบอาคารที่ดีนั้นจะช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลงได้ เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารและเป็นภาระในการทำความเย็นมีสัดส่วนประมาณ 60% ของภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศของอาคารพาณิชย์²

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้พัฒนาโปรแกรม Building Energy Code (BEC) ขึ้น เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพอาคารตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ ในส่วนของการประเมินค่า OTTV และ RTTV นั้นมีขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณหาขนาดพื้นที่ของผนัง หลังคา และพื้นที่โปร่งแสง ตลอดจนการกรอกข้อมูลประกอบอื่นๆ เช่น วัสดุของผนัง หลังคา และกระจก ลงในโปรแกรม BEC เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV และ RTTV [3, 4, 5] ประกอบกับการใส่ข้อมูลพื้นที่ของผนังและหลังคาอาคาร หรือ รูปร่างของอุปกรณ์บังแดด เป็นค่าตัวเลข ไม่ได้มีภาพประกอบรูปลักษณะของอาคาร ทำให้ยากต่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล นอกจากนี้เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปทรงอาคาร หรือ ขนาดของหน้าต่าง จะต้องคำนวณพื้นที่และกรอกข้อมูลลงในโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณใหม่ ดังนั้นโดยส่วนใหญ่การคำนวณดังกล่าวจึงทำเมื่อการออกแบบอาคารใกล้เสร็จแล้ว ซึ่งทำให้การปรับเปลี่ยนแก้ไขอาคารนั้นทำได้ยากขึ้น

โปรแกรม Google SketchUp เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพสามมิติที่ใช้งานได้ง่าย โดยผู้ออกแบบนิยมใช้เป็นเครื่องมือเพื่อศึกษาลักษณะรูปทรงของอาคารตั้งแต่ในขั้นตอนการทำแบบร่าง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมเสริมบน Google SketchUp เพิ่มมากขึ้น หนึ่งในโปรแกรมเหล่านั้นได้แก่ โปรแกรม OpenStudio⁶ โดยผู้ใช้โปรแกรม OpenStudio สามารถเขียนรูปทรงอาคาร โดยใช้เครื่องมือต่างๆ บน Google SketchUp และใส่ข้อมูลของอาคารและกรอบอาคาร เมื่อใส่ข้อมูล



เรียบร้อยแล้ว สามารถรันโปรแกรม EnergyPlus⁷ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการหาอุณหภูมิภายในอาคาร และปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร โดยผ่านเมนูคำสั่งของโปรแกรม OpenStudio ได้โดยตรง

เนื่องจากข้อมูลของอาคารที่ผู้ใช้โปรแกรมสร้างขึ้นในโปรแกรม OpenStudio นั้น สามารถนำมาใช้ประกอบในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ตามเกณฑ์กฎกระทรวงได้ การพัฒนาโปรแกรมเสริมใน SketchUp โดยการทำงานร่วมกับโปรแกรม OpenStudio เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV จึงช่วยให้ผู้ใช้โปรแกรมเสริมนี้สามารถทราบค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และค่า OTTV/RTTV ได้พร้อมกัน ตลอดจนทราบถึงผลของการเปลี่ยนแปลงค่า OTTV/RTTV ที่มีต่อการใช้พลังงานในอาคาร หรืออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงอาคารเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่จะช่วยลดค่าการใช้พลังงานได้สะดวกรวดเร็วตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบร่างอาคาร ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบกรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดียิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin) ใน Google SketchUp ที่ทำงานร่วมกันกับโปรแกรม OpenStudio เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ

3. ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของกฎหมาย และ วิธีการคำนวณค่า OTTV / RTTV ตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ
2. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โปรแกรม EnergyPlus OpenStudio และ BEC
3. ศึกษาภาษาโปรแกรม Ruby ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับ Google SketchUp
4. กำหนดแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม เช่น กลุ่มผู้ใช้ ความสามารถในการทำงานของโปรแกรม โครงสร้างของโปรแกรม วิธีการทดสอบโปรแกรม
5. พัฒนาโปรแกรมและทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม
6. ทดลองการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง และ ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม

4. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

4.1 โปรแกรม OpenStudio

โปรแกรม OpenStudio [6, 8] เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยหน่วยงาน National Renewable Energy Laboratory (NREL) โดยจัดทำให้กับ U.S. Department of Energy ในลักษณะ



ของโปรแกรมเสริม (Plugin) สำหรับเพิ่มความสามารถให้กับโปรแกรมหลัก คือโปรแกรม Google SketchUp เพื่อให้สามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองอาคารในลักษณะสามมิติ ที่จะใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้โปรแกรม EnergyPlus เนื่องจากการใช้โปรแกรม EnergyPlus นั้น มีข้อจำกัดตรงที่การใส่ข้อมูลของอาคารทำได้ด้วยวิธีการพิมพ์ข้อมูลลงในโปรแกรม [9] ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการใส่ข้อมูลและเกิดข้อผิดพลาดในการใส่ข้อมูลได้ง่าย โดยเฉพาะการใส่ข้อมูลรูปทรงของอาคารที่ต้องระบุเป็นพิกัดของแต่ละจุดที่ประกอบขึ้นเป็นพื้นผิว (Surface) โปรแกรม OpenStudio สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรมในการจำลองการใช้พลังงานอาคาร ในระหว่างช่วงกระบวนการออกแบบได้ง่ายและสะดวกขึ้น ในลักษณะของ Open Source License เพื่อส่งเสริมให้เกิดการความร่วมมือกันในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป ปัจจุบันโปรแกรม OpenStudio ได้พัฒนาถึง Version 1.0.7 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมคือ Ruby ซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมในแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming Language) [10] ผู้ใช้โปรแกรม OpenStudio สามารถจำลองรูปแบบอาคารที่จะศึกษา โดยการใช้เครื่องมือในการสร้างภาพสามมิติที่มีอยู่ในโปรแกรม Google SketchUp แต่การใส่ข้อมูลบางส่วน เช่น การเพิ่มรายการวัสดุที่ใช้สำหรับอาคาร จะไม่สามารถทำได้โดยตรงจากโปรแกรม OpenStudio แต่ต้องทำในโปรแกรม EnergyPlus แทน

4.2 โปรแกรม Building Energy Code (BEC 1.0.5)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้พัฒนาโปรแกรม BEC (Building Energy Code) เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพอาคารในแต่ละระบบตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด [3, 4, 5] องค์ประกอบของโปรแกรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการประเมินระบบรอบอาคาร ประกอบด้วยฐานข้อมูลวัสดุ ทั้งวัสดุทึบแสง (Opaque Material) และ วัสดุโปร่งแสง (Glazing Material) องค์ประกอบของวัสดุ (Component) ส่วนของผนัง (Section of Wall) ผนัง/หลังคา (Wall / Roof) และ โซนอาคาร (Zone) ในการประเมินรอบอาคารผู้ใช้โปรแกรมต้องใส่ข้อมูลของวัสดุที่ใช้ ขนาดพื้นที่ของผนังและหลังคา ทิศทางของผนัง/ หลังคา ตลอดจนการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละโซน นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมต้องใส่ค่าข้อมูลของอุปกรณ์บังแดดที่อยู่บริเวณหน้าต่างหรือช่องแสงของหลังคา ลงในโปรแกรมย่อยของ BEC ที่ชื่อ BEC: Shading Calculation เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient, SC) โดยการใส่ข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ทิศ มุมเอียง และค่าพิทักของหน้าต่างและแผงบังแดด ซึ่งข้อมูลที่ปรากฏจะเป็นค่าตัวเลขทั้งหมด ไม่มีภาพประกอบในการใส่ข้อมูลส่วนนี้ เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จ จะแสดงค่าผลประเมินของแต่ละระบบ โดยในส่วนของระบบรอบอาคาร จะแสดงค่า OTTV / RTTV ที่คำนวณได้ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามกฎหมายว่าผ่านเกณฑ์ประเมินหรือไม่ นอกจากนี้โปรแกรมยังแสดงผลการประเมินที่แยกย่อยในระดับโซน ผนัง/ หลังคา และ ตลอดจนข้อมูลอื่นๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ เช่น ค่า U-Value ของวัสดุ ค่ามวลอุณหภาพ เป็นต้น โปรแกรม BEC 1.0.5 สามารถดาวน์โหลดได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย จากเว็บไซต์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน www.2e-building.com

5. แนวทางในการพัฒนาโปรแกรม

จากการศึกษาข้อมูลและการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ โปรแกรม BEC EnergyPlus และ OpenStudio รวมทั้งจากผลทดสอบจากผู้ที่ใช้โปรแกรมดังกล่าว ได้นำมาใช้เป็นข้อพิจารณาในการกำหนดแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ที่ทำงานร่วมกันกับโปรแกรม OpenStudio ซึ่งในที่นี้จะเรียกโปรแกรมห่วงว่า “Plugin-OTTV” มีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้ใช้โปรแกรม กลุ่มผู้ใช้โปรแกรมควรเป็นผู้ที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินระบบปรับอากาศตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดโดยประเมินจากค่า OTTV/RTTV ของอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ที่คุ้นเคยกับการใช้โปรแกรม EnergyPlus และ กลุ่มผู้ที่ไม่เคยใช้โปรแกรม EnergyPlus มาก่อน โดยการพัฒนาโปรแกรมสำหรับผู้ใช้งานกลุ่มหลังนั้น ในกรณีที่ผู้ใช้งานกลุ่มนี้ต้องการทราบเพียงค่า OTTV/RTTV โดยไม่ต้องการทราบค่าการใช้พลังงานที่ได้จากโปรแกรม EnergyPlus ได้พัฒนาให้สามารถใช้ Plugin-OTTV ได้โดยไม่ต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโปรแกรม EnergyPlus มากนัก ดังนั้น รายละเอียดบางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง เช่น การใส่ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ผู้ใช้โปรแกรม Plugin-OTTV ไม่จำเป็นต้องทำในส่วนนี้ โดยเพียงแต่ระบุข้อมูลของโซนว่ามีการใช้งานจัดอยู่ในกลุ่มอาคารประเภทใดตามที่กฎหมายกำหนด (สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม) และ มีการปรับอากาศหรือไม่ ประกอบกับในช่วงการออกแบบร่างเบื้องต้น ผู้ใช้โปรแกรมอาจยังไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะนำมาใส่ในโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณเรื่องพลังงาน เช่น ประเภทและขนาดของเครื่องปรับอากาศ ช่วงเวลาการใช้งาน ภาระในการปรับอากาศ ที่เกิดจากคน และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

2. เนื่องจากโปรแกรม Plugin-OTTV นี้ทำงานร่วมกันกับโปรแกรม OpenStudio ดังนั้น ในการพัฒนาโปรแกรมจึงมีแนวคิดหลักที่จะใช้ความสามารถของโปรแกรม OpenStudio ที่มีในปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้ให้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย เครื่องมือในการเขียนรูปทรงอาคารของโปรแกรม และการใช้ข้อมูลต่างๆ ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม OpenStudio เช่น ข้อมูลของกรอบอาคาร และวัสดุที่ใช้ที่จำเป็นจะต้องนำมาใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV โดยการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV นั้นจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรแกรม OpenStudio

3. การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถเลือกใช้ข้อมูลวัสดุที่มีอยู่ในโปรแกรม EnergyPlus และโปรแกรม BEC 1.0.5 มาใช้ในโปรแกรม Plugin-OTTV ได้ เช่น ข้อมูลวัสดุทึบแสง (Opaque Material) วัสดุกระจก (Transparent Material)

4. ปัจจุบันโปรแกรม OpenStudio (1.0.7) จะไม่สามารถสร้าง ลบ หรือ แก้ไข ข้อมูลวัสดุ ได้โดยตรงจากโปรแกรม แต่ต้องทำผ่านโปรแกรม EnergyPlus ซึ่งไม่สะดวกต่อผู้ใช้งานในกลุ่มที่ไม่เคยใช้โปรแกรม EnergyPlus มาก่อน ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV นี้จึงได้เพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้สามารถสร้าง ลบ และ แก้ไขข้อมูลของวัสดุชนิดต่างๆ ได้โดยไม่ต้องผ่านโปรแกรม EnergyPlus

5. การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงผลของการคำนวณที่มีรายละเอียด ทั้งในระดับ

อาคาร (Building) โซน (Zone) ผนัง (Wall / Surface) และ ข้อมูลของวัสดุ เช่น ค่า U-value ค่า Density Specific Heat (DSH) และ ค่าอื่นๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ เช่น ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq}) เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม รวมทั้งการเปรียบเทียบผลกับโปรแกรม BEC 1.0.5

6. การพัฒนาโปรแกรมที่จะช่วยให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ทราบค่า OTTV/RTTV ของอาคาร และของกรอบอาคารในแต่ละส่วน ทั้งในลักษณะของค่าตัวเลขที่แสดงในตาราง และการนำเสนอข้อมูลในเชิงกราฟิก เช่น เฉดสีบนพื้นผิวของอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจผลการประเมินได้ง่าย ว่าส่วนใดของกรอบอาคารที่ควรพัฒนาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีค่า OTTV/RTTV ที่เหมาะสม

7. การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถประเมินอาคารที่มีลักษณะการใช้สอยหลายประเภท (Mixed Use) ปัจจุบันไฟล์โปรแกรม BEC 1.0.5 หนึ่งไฟล์ สามารถประเมินค่า OTTV/RTTV ของอาคารที่มีการใช้สอยอาคารเพียงประเภทเดียว กรณีที่อาคารมีการใช้สอยมากกว่า 1 ประเภท เช่น ชั้นล่างเป็นห้างสรรพสินค้า และ ชั้นบนเป็นสำนักงาน จะต้องสร้างไฟล์ BEC 2 ไฟล์ และประเมินผลแยกของแต่ละประเภทอาคาร การพัฒนาโปรแกรมนี้นี้จึงได้พัฒนาให้สามารถประเมินอาคารที่มีการใช้สอยหลายประเภทได้ และสามารถแสดงผลของค่า OTTV/RTTV ของการใช้สอยแต่ละประเภทได้พร้อมกันในไฟล์เดียว

8. การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใส่ข้อมูลของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดเป็นภาพสามมิติได้ เนื่องจากโปรแกรม BEC 1.0.5 จะต้องใส่ข้อมูลของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดเป็นค่าพิกัด ซึ่งมักเกิดข้อผิดพลาดในการใส่ค่าพิกัด และตรวจสอบได้ยาก นอกจากนี้ได้พัฒนาให้สามารถรันโปรแกรมเพื่อหา ค่า Shading Coefficient (SC) ของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดหลายชุด ได้ในการรันโปรแกรมครั้งเดียว

6. ข้อมูลจากโปรแกรม EnergyPlus และ OpenStudio ที่นำไปใช้ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV

ในการคำนวณค่า OTTV สามารถนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาจากวัตถุ (Object) ของ Class ต่างๆ ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม OpenStudio ซึ่งเก็บข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานของโปรแกรม EnergyPlus ในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV ได้สร้าง Class ต่างๆ ขึ้น เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลกับ Class ในโปรแกรม EnergyPlus และ OpenStudio โดยชื่อของ Class ในโปรแกรม EnergyPlus OpenStudio และ Plugin-OTTV ที่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่า OTTV / RTTV แสดงไว้ในตารางที่ 1



ตารางที่ 1: ชื่อของ Class ในโปรแกรม EnergyPlus OpenStudio และ Plugin-OTTV และ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่า OTTV / RTTV

ชื่อของ Class *	ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
a) Building b) Building c) BuildingData	- ชื่อของอาคาร - ทิศที่ตั้ง
a) Site:Location b) Location c) LocationData	- ชื่อสถานที่ตั้ง (เช่น จังหวัด) - Latitude / Longitude
a) Zone b) Zone c) ZoneData	- ชื่อของโซน - ประเภทของโซน - พื้นที่ของโซน
a) BuildingSurface:Detailed b) BaseSurface c) OpaqueSurfaceData	- ชื่อของพื้นผิวส่วนที่ทึบแสง - ชื่อของโครงสร้างวัสดุที่ใช้ - ชื่อโซนที่พื้นผิวนี้ประกอบอยู่ - ประเภทของพื้นผิว (ผนัง / พื้น / หลังคา / ฝ้าเพดาน) - สภาพแวดล้อมที่พื้นผิวสัมผัส (ภายนอก / ภายในอาคาร) - ข้อมูลพิกัดแต่ละจุด ที่ประกอบขึ้นเป็นรูปร่างของพื้นผิว
a) FenestrationSurface:Detailed b) SubSurface c) GlazingSurfaceData	- ชื่อของพื้นผิว ในส่วนที่เป็น หน้าต่าง ช่องแสง หรือ ประตู - ชื่อของโครงสร้างวัสดุที่ใช้ - ชื่อของพื้นผิวที่หน้าต่าง ช่องแสง หรือ ประตู นั้นๆ ติดตั้งอยู่ - ประเภทของพื้นผิว (หน้าต่าง / ประตูกระจก / ประตูที่ทึบแสง) - ข้อมูลพิกัดของแต่ละจุด ที่ประกอบขึ้นเป็นรูปร่างของพื้นผิว

ชื่อของ Class *	ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
a) Shading:Building:Detailed b) DetachedShadingSurface c) ShadingData	- ชื่อของพื้นผิวที่เป็นอุปกรณ์บังแดด - ข้อมูลพิกัดของแต่ละจุด ที่ประกอบขึ้นเป็นรูปร่างของพื้นผิว
a) Shading:Zone:Detailed b) AttachedShadingSurface c) ShadingData	- ชื่อของพื้นผิวที่เป็นอุปกรณ์บังแดด - ข้อมูลพิกัดของแต่ละจุด ที่ประกอบขึ้นเป็นรูปร่างของพื้นผิว
a) Material b) InputObject c) OpaqueMaterialData	- ชื่อของวัสดุทึบแสง - คุณสมบัติของวัสดุ (ความหนา ความหนาแน่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์)
a) Material:AirGap b) InputObject c) OpaqueMaterialData	- ชื่อของช่องอากาศที่อยู่ระหว่างวัสดุทึบแสง (Material) - คุณสมบัติของช่องอากาศ (ค่าความต้านทานความร้อน)
a) WindowMaterial:Glazing b) InputObject c) GlazingMaterialData	- ชื่อของวัสดุกระจก - คุณสมบัติของวัสดุกระจก (ความหนา ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน)
a) WindowMaterial:SimpleGlazingSystem b) InputObject c) GlazingMaterialData	- ชื่อของวัสดุกระจก - คุณสมบัติของวัสดุกระจก (U-value, SHGC)
a) Construction b) InputObject c) OpaqueConstructionData และ GlazingConstructionData	- ชื่อของโครงสร้างวัสดุ ที่ประกอบขึ้นจากวัสดุแต่ละประเภท รายการของวัสดุ เรียงลำดับจากภายนอก โชนไปยังภายในโชน

หมายเหตุ: * Class ของโปรแกรม a) EnergyPlus , b) OpenStudio, c) Plugin-OTTV
รายละเอียดของ Class ในโปรแกรม EnergyPlus ได้จาก [11]
รายละเอียดของ Class ในโปรแกรม OpenStudio ได้จาก Source Code ของโปรแกรม OpenStudio



รายละเอียดของข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV มีดังต่อไปนี้

1. ที่ตั้งของอาคาร การคำนวณค่า OTTV และ RTTV นั้นจำเป็นต้องทราบจังหวัดที่ตั้งของอาคาร เนื่องจากที่ตั้งของอาคารจะมีผลต่อการคำนวณค่า Shading Coefficient (SC) โดยในโปรแกรม EnergyPlus ข้อมูลที่ตั้งอาคารจะได้จาก Class ที่ชื่อ Site:Location ในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV ได้สร้างรายการข้อมูลที่ตั้งของทุกจังหวัดในประเทศไทย เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกใช้ได้โดยข้อมูลที่ตั้งอาคาร (ค่า Latitude, Longitude) นี้ได้อ้างอิงมาจากโปรแกรม BEC 1.0.5

2. ประเภทการใช้สอยอาคาร การคำนวณค่า OTTV และ RTTV นั้น จำเป็นต้องทราบประเภทการใช้สอยอาคารของแต่ละโซน เนื่องจากเกณฑ์ในการประเมินค่า OTTV / RTTV จะแตกต่างกันตามแต่ละประเภทอาคาร ในโปรแกรม EnergyPlus ข้อมูลประเภทการใช้สอยของโซน (Zone Type) นี้จะอยู่ใน Class ที่ชื่อ Zone แต่ปัจจุบันค่านี้อย่างไม่ได้นำไปใช้ในการคำนวณของโปรแกรม โดยโปรแกรม EnergyPlus ได้ตั้งค่า Default ของ Zone Type ไว้เท่ากับ 1 ดังนั้นในโปรแกรม OpenStudio จึงไม่ได้ให้ผู้ใช้โปรแกรมระบุค่านี้ การพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV จึงจำเป็นต้องพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถใส่ข้อมูลในส่วนนี้ได้ ซึ่งทำได้สองวิธีดังนี้คือ

วิธีแรก ทำโดยการระบุข้อมูลนี้ต่อท้ายชื่อของโซน เช่น กำหนดให้ประเภทอาคาร คือ 1) สำนักงาน 2) ห้างสรรพสินค้า 3) โรงแรม แทนด้วยคำว่า OFFICE, HYPERMART, HOTEL ตามลำดับ และกรณีที่โซนนั้นมีการปรับอากาศให้แทนด้วยคำว่า “AC” เช่น ZONE1_OFFICE_AC หมายถึง โซนสำนักงานที่มีการปรับอากาศ เป็นต้น โดยที่โปรแกรม Plugin-OTTV จะทราบข้อมูลประเภทอาคารและการใช้เครื่องปรับอากาศได้จากชื่อโซน วิธีนี้มีข้อดีคือไม่จำเป็นต้องแก้ไข Source Code เดิมของโปรแกรม OpenStudio แต่ข้อเสียคือไม่สะดวกต่อผู้ใช้โปรแกรมในการพิมพ์ข้อมูลดังกล่าวต่อท้ายชื่อโซน รวมทั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดในการพิมพ์ชื่อที่ไม่ตรงกับค่าที่โปรแกรมตั้งไว้

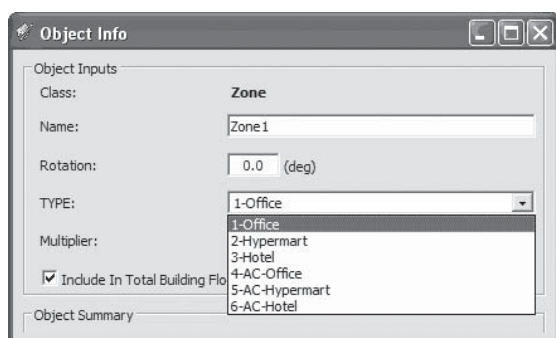
วิธีที่สอง ที่หน้าต่างที่ใช้ในการกรอกข้อมูลเกี่ยวกับโซนของโปรแกรม OpenStudio ให้เพิ่มรายการข้อมูลประเภทของโซนและการปรับอากาศ เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกข้อมูลได้จากรายการใน Drop Down List (ภาพที่ 1) ซึ่งวิธีการที่สองนี้จะสะดวกในการใช้งานโปรแกรมมากกว่า แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องปรับแก้ไข Source Code บางส่วนของโปรแกรม OpenStudio ซึ่งผู้พัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV ได้ทดลองทำตามวิธีการที่สองนี้ และพบว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้ดี แต่เนื่องจากการปรับแก้ไข Source Code เดิม ของโปรแกรม OpenStudio ดังนั้นถ้าจะมีการเผยแพร่โปรแกรม จำเป็นต้องปรึกษากับผู้พัฒนาโปรแกรม OpenStudio ว่ามีขั้นตอนในการดำเนินการอย่างไร ซึ่งขณะนี้อยู่ระหว่างการสอบถามผู้พัฒนาโปรแกรม OpenStudio ในประเด็นดังกล่าว

3. ข้อมูลของผนัง / หลังคา ในโปรแกรม EnergyPlus ข้อมูลของผนังและหลังคาส่วนที่ทึบแสง จะได้จาก Class ที่ชื่อ BuildingSurface:Detailed และ ส่วนที่โปร่งแสง ได้จาก Class ที่ชื่อ FenestrationSurface:Detailed โดยสิ่งที่ต้องทราบเพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV ได้แก่

3.1 ชื่อของ Zone ชื่อของ Zone ที่ผนัง / หลังคา ประกอบอยู่จำเป็นต้องทราบ เนื่องจากการคำนวณค่า OTTV / RTTV ตามกฎหมาย จะคำนวณเฉพาะส่วนของผนังและหลังคาที่อยู่ใน Zone ที่ปรับอากาศ



3.2 ประเภทของ Surface โปรแกรม EnergyPlus แยกประเภทของ Surface ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ Wall, Roof, Ceiling, Floor ในการคำนวณค่า OTTV จึงเลือกคำนวณเฉพาะ Surface ส่วนที่เป็น Wall และ ในการคำนวณ RTTV เลือกเฉพาะ Surface ส่วนที่เป็น Roof



ภาพที่ 1: การเพิ่มประเภทของอาคารและการปรับอากาศ ในหน้าต่าง Object Info ของโปรแกรม OpenStudio

3.3 สภาพแวดล้อม โปรแกรม EnergyPlus แบ่งประเภทของสภาพแวดล้อมที่ Surface นั้นๆ สัมผัสอยู่เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่สัมผัสกับภายนอก (Outdoor) และ ส่วนที่สัมผัสกับภายในอาคาร (Surface, Zone, Adiabatic) ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV จึงเลือกคำนวณเฉพาะผนัง / หลังคา ที่อยู่ติดกับภายนอก

3.4 ขนาดพื้นที่ ในโปรแกรม OpenStudio นั้น Class ที่ชื่อ BaseSurface จะมีข้อมูลขนาดพื้นที่รวมของผนัง (gross area) ขนาดพื้นที่หน้าต่าง / ประตู (glazing area) และ ขนาดพื้นที่ของผนังที่ไม่รวมหน้าต่างและประตู (net area) ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV

3.5 ทิศและมุมเอียงของผนัง / หลังคา โปรแกรม OpenStudio กำหนดให้ทิศเหนือจริง อยู่ในแนวแกน Y กรณีที่อาคารวางเอียงทำมุมทิศอื่น จะต้องหมุน Model ให้เอียงตามทิศที่อิงจากทิศเหนือจริง คือ แกน Y นี้ โดยการหาทิศของแต่ละ Surface คำนวณได้โดยหาค่าเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับพื้นผิว (Surface Normal) นั้นๆ ก่อน จากนั้นจึงคำนวณค่ามุมอะซิมุท (Azimuth) และมุมเอียง (Tilt) ของผนัง / หลังคา เนื่องจากในโปรแกรม BEC กำหนดให้ทิศใต้ มีค่ามุม Azimuth = 0 และวัดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา ดังนั้น เมื่อคำนวณหาค่ามุมตามวิธีการคิดค่ามุมของ OpenStudio แล้ว จะต้องทำการเทียบค่าให้ตรงกับค่ามุมตามที่กำหนดในโปรแกรม BEC

3.6 วัสดุที่ใช้ในส่วนของผนัง / หลังคา การคำนวณค่า OTTV / RTTV จะต้องทราบชนิดของวัสดุที่ใช้สำหรับผนังและหลังคา ซึ่งข้อมูลนี้สามารถได้จากชื่อของโครงสร้างวัสดุ (Construction) ที่แต่ละ Surface นั้นใช้อยู่ ซึ่งในโปรแกรม EnergyPlus รายละเอียดของวัสดุแต่ละชั้นที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นผนัง / หลังคา นี้จะอยู่ใน Class ที่ชื่อ “Construction”



4. ข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุ

แหล่งที่มาของข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุทึบแสง และ วัสดุโปร่งแสง ที่นำมาใช้โปรแกรม Plugin-OTTV นี้ อ้างอิงมาจากสองแหล่งข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลวัสดุของโปรแกรม BEC 1.0.5 และ ข้อมูลวัสดุของโปรแกรม EnergyPlus โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 วัสดุทึบแสง (Opaque Material) ข้อมูลวัสดุทึบแสง ประกอบด้วย วัสดุ หลังคา ผนัง พื้น และ ฉนวน ข้อมูลที่อ้างอิงมาจากโปรแกรม BEC มีด้วยกัน 107 ชนิด และ จาก โปรแกรม EnergyPlus มีด้วยกันทั้งสิ้น 204 ชนิด การที่จะนำข้อมูลวัสดุของโปรแกรม BEC ไปใช้ในการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในโปรแกรม EnergyPlus นั้น ข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลใน Class “Material” เพื่อให้โปรแกรม EnergyPlus สามารถอ่านและประมวลผลข้อมูลได้ ซึ่งจะต้องใส่ข้อมูลเพิ่มเติม ได้แก่ ค่า Thickness, Thermal Absorptance, Solar Absorptance, Visible Absorptance และ Roughness โดยการพัฒนาโปรแกรมนี้มีวิธีการในการเพิ่มข้อมูลส่วนนี้ เช่น ค่าความหนาของวัสดุ จะใช้ค่าความหนาของวัสดุที่ใช้กันทั่วไป เช่น วัสดุฉนวนอยู่แห้ง ใช้ค่าความหนา 7 ซม. ส่วนค่า Thermal Absorptance สำหรับวัสดุทั่วไปกำหนดให้มีค่า 0.9 ยกเว้นวัสดุประเภท อะลูมิเนียมพอยล์ ให้ค่าเท่ากับ 0.05 ส่วนค่า Solar Absorptance และ Visible Absorptance ใช้ค่าเท่ากับ 0.5 และ ความหยาบของผิววัสดุแบบปานกลาง (Medium Smooth) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ผู้ใช้ โปรแกรม Plugin-OTTV สามารถปรับแก้ไขให้ตรงกับวัสดุที่ใช้จริงได้ในภายหลัง

4.2 ข้อมูลคุณสมบัติของช่องอากาศที่อยู่ระหว่างวัสดุทึบ ในโปรแกรม EnergyPlus ข้อมูลคุณสมบัติของช่องว่างอากาศที่อยู่ในผนังหรือหลังคา จะอยู่ใน Class ที่ชื่อ Material:AirGap ในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV ได้สร้างข้อมูลช่องว่างอากาศของผนังและหลังคาไว้ส่วนหนึ่ง เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมจะสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องสร้างขึ้นใหม่ โดยค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศภายในผนังและหลังคา ใช้ค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม BEC 1.0.5 นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรม Plugin-OTTV สามารถสร้างวัสดุของช่องอากาศเพิ่มเติมได้ โดยโปรแกรมจะคำนวณหา ค่าความต้านทานความร้อนของช่องอากาศให้ตามวิธีการที่ระบุไว้ในกฎหมายฯ

4.3 ข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุโปร่งแสง ข้อมูลวัสดุกระจกในโปรแกรม BEC 1.0.5 มีทั้งหมด 232 ชนิด ประกอบด้วย กระจกใส กระจกสี กระจกสะท้อนแสง กระจกฉนวนที่เคลือบสาร Low-e และ กระจก Laminate ข้อมูลคุณสมบัติของกระจก ได้แก่ ค่า Thickness, Visible Transmittance, Solar Reflectance, Solar Transmittance, Solar Absorptance, U-value, และ ค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลของ Class “WindowMaterial:SimpleGlazingSystem” เพื่อให้โปรแกรม EnergyPlus สามารถอ่านและประมวลผลข้อมูลได้

โปรแกรม EnergyPlus มีข้อมูลชนิดของกระจกให้เลือกใช้ 207 ชนิด ประกอบด้วย กระจกใส กระจกสี กระจกสะท้อนแสง กระจกที่มีการเคลือบด้วย low-E โดยมีทั้งกระจกชั้นเดียว และ กระจกสองชั้น ช่องว่างของกระจกแต่ละชั้น มีทั้งที่บรรจุด้วยอากาศ หรือก๊าซเฉื่อย ข้อมูลกระจกดังกล่าวเกิดจากการนำข้อมูลวัสดุกระจก (WindowMaterial:Glazing) และช่องอากาศ



(WindowMaterial:Gas) มาใช้ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างของชั้นวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างของหน้าต่างกระจก (“Construction”) คุณสมบัติของกระจก ได้แก่ค่า U-value, SHGC ของกระจกที่ต้องนำไปใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV จะทราบค่าได้หลังจากการรันไฟล์ (.idf) ของโปรแกรม EnergyPlus ที่มีข้อมูลของชนิดของกระจกนั้น ดังนั้น ในการพัฒนาโปรแกรม Plugin นี้ จึงได้รับไฟล์ข้อมูลของวัสดุกระจกทั้งหมด เพื่อนำค่าดังกล่าวมาใส่ไว้ในไฟล์ข้อมูลที่ชื่อว่า “glazing.txt” โดยโปรแกรม Plugin-OTTV จะนำค่าจากไฟล์ข้อมูลดังกล่าวมาเพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป แต่ทั้งนี้ค่า U-value ของวัสดุกระจกนี้ จะคำนวณโดยใช้สภาพอากาศแบบ Winter Condition [12] ซึ่งจะแตกต่างจากข้อมูลกระจกในโปรแกรม BEC ที่ได้จาก Summer Condition³ ในการสร้างฐานข้อมูลวัสดุได้แบ่งออกแหล่งที่มาของข้อมูล โดยข้อมูลวัสดุจากโปรแกรม BEC ใช้ค่านำหน้าชื่อวัสดุ “BEC_” ส่วนของ EnergyPlus ใช้ค่านำหน้าชื่อวัสดุ “EPL_” โปรแกรม OpenStudio จะนำข้อมูลของวัสดุมาจากไฟล์ต้นแบบ “NewFileTemplate.idf” ซึ่งจัดเก็บไว้ในโฟลเดอร์ Plugin ของโปรแกรม OpenStudio

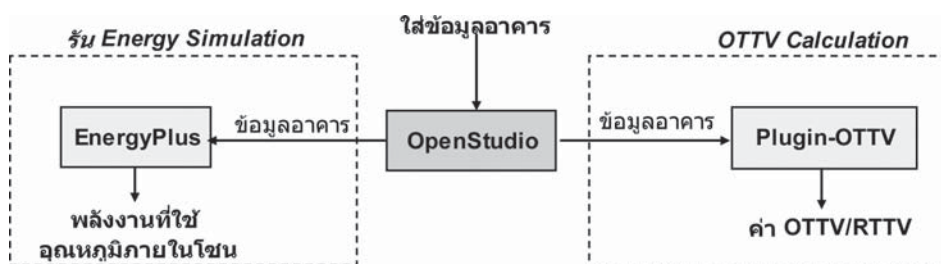
7. วิธีการคำนวณค่า OTTV / RTTV

การคำนวณค่า OTTV / RTTV ใน Plugin-OTTV ได้ใช้ตามวิธีการที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯ [1] และ ประกาศกระทรวงพลังงาน [13] ส่วนวิธีการในการคำนวณค่า Shading Coefficient (SC) ทำโดยการแปลงค่าข้อมูลของหน้าต่าง และอุปกรณ์บังแดดที่สร้างขึ้นในโปรแกรม OpenStudio ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ข้อมูลที่โปรแกรม BEC-Shading ที่เป็นโปรแกรมย่อยของโปรแกรม BEC ที่ใช้ในการคำนวณค่า Shading Coefficient จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณได้ โดยข้อมูลในไฟล์ ได้แก่ ค่าละติจูด และ ลองติจูด ของตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ค่าพิสัยของหน้าต่าง และ อุปกรณ์บังแดด เมื่อสร้างไฟล์ข้อมูลได้แล้ว จึงใช้คำสั่งเพื่อรันโปรแกรม BEC-Shading และอ่านค่าจากไฟล์ข้อมูลที่คำนวณได้ เพื่อนำค่า SC ไปใช้ในการคำนวณค่า OTTV / RTTV ในลำดับต่อไป โดยการคำนวณค่า SC ของโปรแกรม BEC จะมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนอุปกรณ์บังแดดที่สามารถคำนวณได้มากที่สุดไม่เกิน 10 ชิ้น⁴

8. ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Plugin-OTTV

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Plugin-OTTV จะเริ่มจากผู้ใช้โปรแกรมใส่ข้อมูลของอาคารในโปรแกรม OpenStudio ได้แก่ ที่ตั้งอาคาร โชนอาคาร ประเภทการใช้สอย พื้นผิวต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นรูปทรงอาคาร วัสดุที่ใช้ และ ทิศทางการวางอาคาร หลังจากใส่ข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้ว ผู้ใช้โปรแกรมสามารถที่จะเลือกใช้คำสั่ง “Run OTTV Calculation” ในเมนูของโปรแกรม Plugin-OTTV โดยโปรแกรม Plugin-OTTV จะนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้ใส่ไว้ในโปรแกรม OpenStudio ไปใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV เมื่อคำนวณเสร็จโปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณค่า OTTV/RTTV ในรูปของตารางข้อมูล และ กราฟิกเป็นแผนผังของผนัง / หลังคา นอกจากนี้ ผู้ใช้โปรแกรมสามารถที่จะเลือกใช้คำสั่ง Run Simulation ในเมนูของโปรแกรม OpenStudio โดยโปรแกรม OpenStudio จะ

ส่งข้อมูลของอาคารไปยังโปรแกรม EnergyPlus เพื่อคำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในอาคาร หรือ การใช้พลังงานของอาคาร (ในกรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมได้ใส่ข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ) ซึ่งการรันทั้งสองโปรแกรมนี้ ผู้ใช้โปรแกรมจะได้ทราบทั้งค่า OTTV/RTTV ของอาคาร อุณหภูมิภายในโซน และการใช้พลังงานของอาคาร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Plugin-OTTV

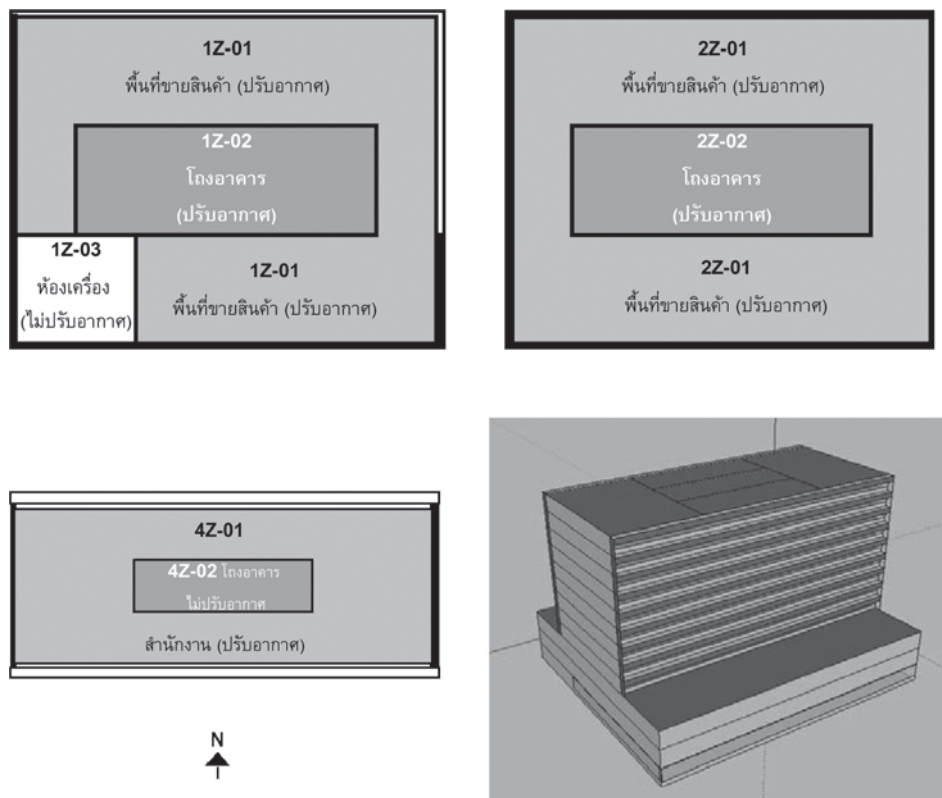
9. การตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม

ในระหว่างการพัฒนาโปรแกรมได้มีการสร้างสูตรการคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณในแต่ละขั้นตอนย่อยๆ ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เมื่อการคำนวณของทุกขั้นตอนครบถ้วนแล้ว การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในขั้นต่อไป ทำโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ กับผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC 1.0.5)

อาคารที่ทำการจำลองในโปรแกรม นำมาจากตัวอย่างอาคารในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ "การตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย"⁵ เป็นอาคารสูง 12 ชั้น ประกอบด้วยการใช้สอยสองประเภท คือ ห้างสรรพสินค้า และ สำนักงาน โดยส่วนของห้างสรรพสินค้า ตั้งอยู่ที่ชั้นที่ 1-3 และ ส่วนสำนักงาน ตั้งอยู่ระหว่างชั้นที่ 4 - 12 ด้านยาวของอาคารหันไปทางด้านทิศเหนือ-ใต้

ส่วนห้างสรรพสินค้า รูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 48 เมตร ยาว 56 เมตร ความสูง ชั้นละ 3.50 เมตร ชั้นที่ 1 มีจำนวน 3 โซน ส่วนชั้นที่ 2 และ 3 มีลักษณะการแบ่งโซนที่เหมือนกัน โดยมีชั้นละ 2 โซน โซนที่มีการปรับอากาศและอยู่ติดกับภายนอกอาคารที่จะต้องคำนวณค่า OTTV / RTTV มีเพียงสามโซน เรียงตามลำดับชั้น ดังนี้ โซน 1Z-01, 2Z-01, และ 3Z-01 (ภาพที่ 3)

ส่วนสำนักงาน รูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 24 เมตร ยาว 56 เมตร ความสูง ชั้นละ 3.50 เมตร และมีแผงกันแดดยื่นออกไปจากผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้ ยาว 1.2 เมตร ในแต่ละชั้นแบ่งออกเป็น 7 โซน ทุกโซนมีการปรับอากาศ แต่โซนที่มีการปรับอากาศและอยู่ติดกับภายนอกอาคารที่จะต้องคำนวณค่า OTTV / RTTV มีเพียง 9 โซน ได้แก่ โซน 4Z-01 ถึง 12Z-01 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผังแสดงการแบ่งโซนของอาคารห้างสรรพสินค้า สำนักงาน และ แบบจำลองในโปรแกรม OpenStudio

ผนังทึบของอาคารเป็นคอนกรีตมวลเบาหนา 0.10 เมตร ฉาบปูนหนา 0.01 เมตร ทั้งสองด้าน สีของผนังภายนอกใช้สีผิวอ่อน (ค่า Solar Absorptance = 0.5) ส่วนของห้างสรรพสินค้าจะมีหน้าต่างเฉพาะบริเวณผนังชั้นที่ 1 ทางด้านทิศเหนือทั้งหมด และผนังทางด้านทิศตะวันออกบางส่วน หน้าต่างเป็นกระจกใส หนา 10 มิลลิเมตร ขอบหน้าต่างอยู่สูงจากพื้น 1 เมตร และ สูง 2.5 เมตร ส่วนของสำนักงาน มีหน้าต่างเฉพาะที่ผนังทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ หน้าต่างเป็นกระจกสีเขียว หนา 6 มิลลิเมตร ขอบหน้าต่างอยู่สูงจากพื้น 0.8 เมตร และ สูง 1.6 เมตร

หลังคาของส่วนห้างสรรพสินค้า (ชั้นที่ 3) และสำนักงาน (ชั้นที่ 12) เป็นคอนกรีตหนา 0.10 เมตร มีช่องว่างอากาศ 0.10 เมตร ระหว่างชั้นคอนกรีตและฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยแก้ว หนา 0.05 เมตร ติดตั้งบนแผ่นยิปซัม หนา 0.01 เมตร

จากผลการเปรียบเทียบค่า OTTV/RTTV ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Plugin-OTTV และโปรแกรม BEC 1.0.5 พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 0.86 \%$ (ตาราง

ที่ 2 และ 3) สาเหตุที่ทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกันนี้พบว่าเนื่องมาจากการปิดค่าตำแหน่งทศนิยมที่ใช้ในการคำนวณ และการคำนวณค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq}) กล่าวคือ โปรแกรม Plugin-OTTV นั้น คำนวณค่า TD_{eq} โดยใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในแต่ละช่วงที่ต้องการตามค่าในตารางที่กำหนดในกฎหมาย [13] แต่จากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรม BEC ค่า TD_{eq} ที่คำนวณในโปรแกรม BEC นั้น ไม่ได้ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่า แต่ได้มาจากการใช้สมการในการคำนวณ ซึ่งสมการนั้นไม่ใช่สมการเชิงเส้นตรง ดังนั้นค่าที่ได้ของทั้งสองโปรแกรมจึงไม่เท่ากันแต่ใกล้เคียงกันมาก แต่เนื่องจากในกฎหมายไม่ได้ระบุรายละเอียดของสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า TD_{eq} จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการประมาณค่าด้วยวิธีเชิงเส้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ระบุไว้ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ^๕ ที่จัดขึ้นโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ของอาคารห้างสรรพสินค้า ที่คำนวณได้จากโปรแกรม BEC 1.0.5 และ ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Plugin-OTTV

ชื่อโซน	ค่า OTTV			ค่า RTTV		
	(A) ค่าจาก BEC 1.0.5	(B) ค่าจาก Plugin- OTTV	ค่าความ แตกต่าง % $(B-A)*100/A$	(A) ค่าจาก BEC 1.0.5	(B) ค่าจาก Plugin- OTTV	ค่าความ แตกต่าง % $(B-A)*100/A$
1Z-01	66.85	66.763	-0.130	-	-	-
2Z-01	28.81	28.697	-0.392	-	-	-
3Z-01	28.81	28.697	-0.392	9.16	9.133	-0.295
ทั้งอาคาร	40.12	40.014	-0.264	9.16	9.133	-0.295

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ของอาคารสำนักงาน ที่คำนวณได้จากโปรแกรม BEC 1.0.5 และ ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Plugin-OTTV

ชื่อโซน	ค่า OTTV			ค่า RTTV		
	(A) ค่าจาก BEC 1.0.5	(B) ค่าจาก Plugin- OTTV	ค่าความ แตกต่าง % $(B-A)*100/A$	(A) ค่าจาก BEC 1.0.5	(B) ค่าจาก Plugin- OTTV	ค่าความ แตกต่าง % $(B-A)*100/A$
4Z-01	40.59	40.731	0.347	—	—	—
12Z-01	40.59	40.731	0.347	8.98	9.057	0.857
ทั้งอาคาร	40.59	40.731	0.347	8.98	9.057	0.857

หมายเหตุ: ค่า OTTV และ RTTV ของแต่ละโซนที่แสดงในโปรแกรม BEC แสดงค่าทศนิยมเพียงสองตำแหน่ง
ค่า OTTV ของส่วนสำนักงาน ในชั้นที่ 5 -11 มีค่าเท่ากับค่า OTTV ของโซนในชั้นที่ 4 (โซน 4Z-01)

10. ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Plugin-OTTV

ในการใช้โปรแกรม Plugin-OTTV นี้ จะต้องทำการติดตั้งโปรแกรม Google SketchUp ก่อน จากนั้นจึงติดตั้งโปรแกรม EnergyPlus, OpenStudio, BEC-1.0.5 และ Plugin-OTTV ตามลำดับ หลังจากติดตั้งครบแล้ว จะปรากฏ Menu และ Tool ของโปรแกรม OpenStudio (ภาพที่ 4) และ Plugin-OTTV โดยเมนูดังกล่าวจะอยู่ในเมนูหลัก “Plugin” ขั้นตอนการใช้โปรแกรมมีดังนี้

1) ใส่ข้อมูลรูปทรงอาคารที่จะนำมาคำนวณค่า OTTV/RTTV โดยการใช้เครื่องมือการเขียนภาพสามมิติ ที่มีอยู่ในโปรแกรม Google SketchUp และเครื่องมือเพิ่มเติมที่สร้างจากโปรแกรม OpenStudio การใส่ข้อมูลอาคาร ในขั้นแรกจะต้องสร้างโซนของอาคาร โดยการใช้เครื่องมือ New Zone Tool  คลิกลงไปในจุดที่ต้องการให้เป็นจุดเริ่มต้นของโซน จะปรากฏขอบเขตของโซนที่สร้างขึ้นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมแสดงด้วยเส้นประ จากนั้นจึงดับเบิลคลิกเข้าไปในโซน เพื่อสร้างพื้นผิวต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นอาคาร ได้แก่ ผนัง หน้าต่าง พื้น ฝ้าเพดาน และ หลังคา ของแต่ละโซน (ภาพที่ 5) โดยใช้เครื่องมือการสร้างภาพสามมิติของโปรแกรม Google SketchUp

จากนั้นให้คลิกเลือกโซน และเลือกเครื่องมือ Object Info  จะปรากฏหน้าต่างให้ใส่ข้อมูลของโซนที่ถูกเลือก ได้แก่ ชื่อของโซน ประเภทการใช้สอยและการปรับอากาศ (ภาพที่ 6)

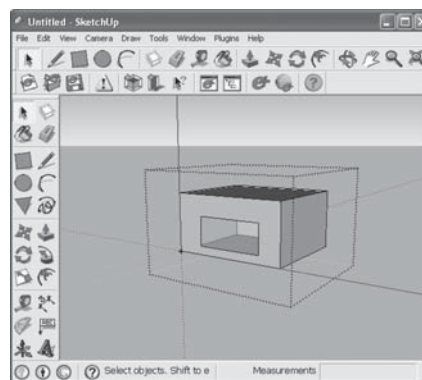
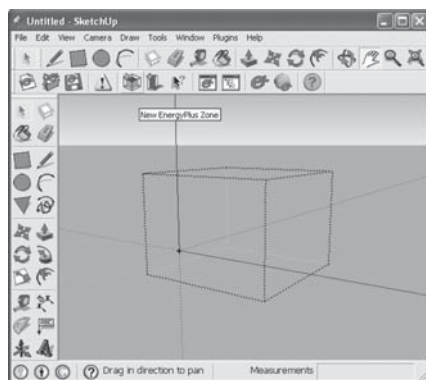
2) เลือกข้อมูลวัสดุของผนัง / หลังคา และ ช่องแสง และ สภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นผิวว่าเป็นผนัง / หลังคา ภายนอก หรือ ภายในอาคาร โดยการคลิกเลือกที่ผนังหรือหลังคา จากนั้นให้เลือกเครื่องมือ Object Info  จะปรากฏหน้าต่างให้ใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (ภาพที่ 7) ในกรณีวัสดุที่เลือกใช้ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลวัสดุที่มากับโปรแกรม สามารถสร้างขึ้นใหม่โดยเลือกจากรายการในเมนูของ Plugin-OTTV เช่น การสร้างวัสดุทึบ ให้เลือกเมนู Material จะปรากฏหน้าต่างให้ใส่ข้อมูลของวัสดุที่จะสร้างขึ้นใหม่ (ภาพที่ 8)



3) สร้าง Shading ให้เลือกเครื่องมือ Shading  ของโปรแกรม OpenStudio จากนั้นให้สร้าง Surface ของ Shading เนื่องจากโปรแกรม BEC-Shading สามารถคำนวณอุปกรณ์บังแดดได้ไม่เกิน 10 ชิ้น ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรมจึงจำเป็นต้องให้ผู้ใช้งานระบุกลุ่มของอุปกรณ์บังแดด ที่ต้องการจะนำมาคำนวณหาค่า SC โดยใช้วิธีการตั้งชื่อหน้าต่าง และ อุปกรณ์บังแดด ตัวอย่างเช่น $WN1 < SC1 > = \$1, \$2, \$3$ หมายถึง หน้าต่าง WN1 ที่มีรหัสของชุดอุปกรณ์บังแดด คือ SC1 ซึ่งกลุ่มนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์บังแดดจำนวนสามชิ้น ที่มีชื่อ \$1 \$2 และ \$3 ส่วนกรณีของหน้าต่างอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันกับหน้าต่างชุดนี้ เช่น หน้าต่าง WN2 ที่มีขนาดหน้าต่าง และ ชุดของอุปกรณ์บังแดดที่เหมือนกัน ให้ระบุเพียงชื่อรหัสของชุดอุปกรณ์บังแดด คือ $WN2 < SC1 >$ โดยโปรแกรมจะนำค่า SC ที่คำนวณได้ของหน้าต่าง WN1 มาใช้กับหน้าต่าง WN2 นี้ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณค่าใหม่ (ภาพที่ 9)



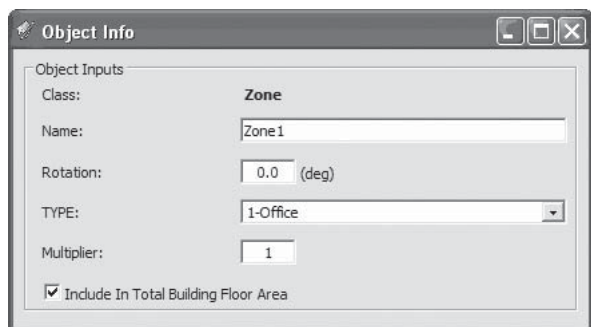
ภาพที่ 4: Tool ต่างๆ ของโปรแกรม OpenStudio



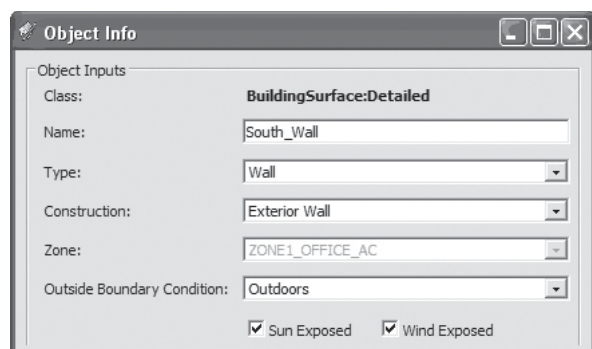
ภาพที่ 5: การสร้างโซน และ Surface ที่อยู่ภายในโซน ของโปรแกรม OpenStudio



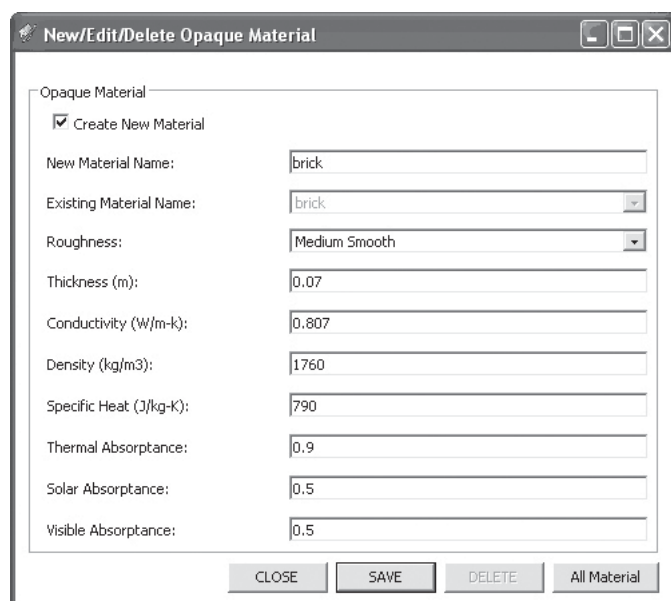
402 หน้าจั่ว: ว่าด้วยสถาปัตยกรรม การออกแบบ และสภาพแวดล้อม
วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



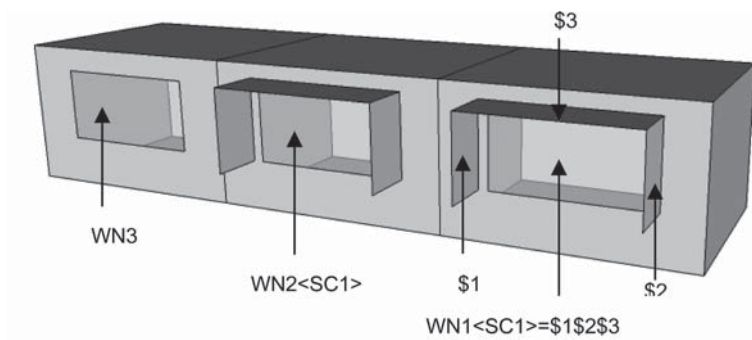
ภาพที่ 6: การใส่ข้อมูลของโซน



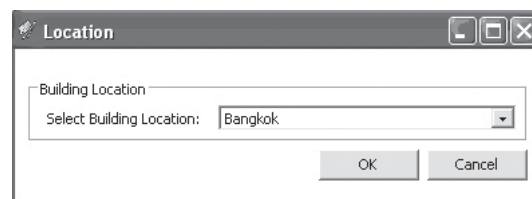
ภาพที่ 7: การใส่ข้อมูลของ Surface โดยกำหนดให้เป็น "Wall" และ อยู่ติดกับภายนอก (Outdoors)



ภาพที่ 8: หน้าต่างที่ใช้ในการสร้าง แก้ไข และ ลบ วัสดุทึบ (Opaque Material)



ภาพที่ 9: ตัวอย่างการตั้งชื่อหน้าต่าง และอุปกรณ์บังแดด



ภาพที่ 10: หน้าต่างที่ใช้ในการเลือกชื่อจังหวัดที่ตั้งของอาคาร

4) เลือกจังหวัดที่เป็นที่ตั้งของอาคาร (ภาพที่ 10)

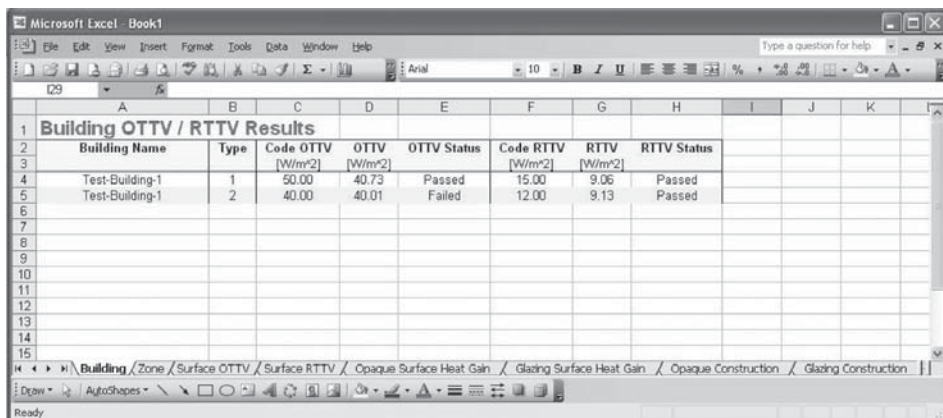
5) เมื่อใส่ข้อมูลครบถ้วนแล้ว ให้รันโปรแกรมการคำนวณผลค่า OTTV/RTTV โดยเลือกจากรายการในเมนู “OTTV Calculation” เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จจะแสดงผลในรูปแบบของตารางในโปรแกรม Spreadsheet โดยมีทั้งหมด 8 Worksheet ได้แก่ Building, Zone, Surface OTTV, Surface RTTV, Opaque Surface Heat Gain, Glazing Surface Heat Gain, Glazing Construction, Opaque Construction ที่แสดงผลของค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ เช่น ในส่วนของ Worksheet ที่ชื่อ “Building” แสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในส่วนของผนังและหลังคาว่าอาคารนั้น ผ่านเกณฑ์ OTTV / RTTV หรือไม่ กรณีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จะปรากฏแถบสี (ฟ้า) ในช่องนั้นๆ เป็นต้น (ภาพที่ 11)

6) กรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการทราบค่า OTTV ของแต่ละ Surface ให้ใช้เครื่องมือ  ลากไปวางบน Surface ที่ต้องการทราบค่า กรณีที่ต้องการให้แสดงเป็นแถบสีของค่า OTTV / RTTV บนแต่ละ Surface ให้เลือกคำสั่ง “OTTV Rendering Settings” เพื่อตั้งช่วงค่าของแถบสีที่ต้องการ โดย Default ของค่าที่แสดง เป็นค่า minimum และ ค่า maximum ของค่า OTTV / RTTV ที่โปรแกรมคำนวณได้ เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วจะปรากฏแถบสีบนผนังและหลังคาในแบบจำลองอาคารตามค่าที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 12)



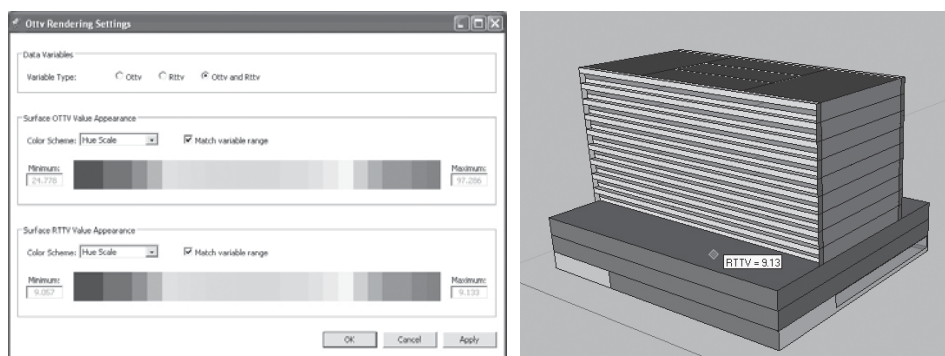
1.1. ตัวอย่างการนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้ในการประเมินอาคารจริง

ในการทดสอบการทำงานของ Plugin-OTTV ได้ทดลองใช้ในการประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคารจริง ซึ่งเป็นอาคารสถานศึกษา สูง 6 ชั้น มีดาดฟ้า อาคารกว้าง 14 เมตร ยาว 60 เมตร สูง 19.05 เมตร (ความสูงถึงระดับหลังคา 20.70 เมตร) พื้นทั้งหมด 3,915 ตารางเมตร แบ่งเป็นโซนที่ปรับอากาศ 20 โซน และ โซนที่ไม่ปรับอากาศ 22 โซน ผนังส่วนใหญ่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีอ่อน หน้าต่างส่วนใหญ่เป็นกระจกใสและกระจกสีชาหนา 6 มิลลิเมตร มีแผงบังแดดบริเวณด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร หลังคาเป็นพื้นคอนกรีต และหลังคา Metal Sheet ที่พันด้วยฉนวน Polyethylene (ภาพที่ 13) โดยผลการคำนวณพบว่าอาคารหลังนี้มีค่า OTTV เท่ากับ 63.89 W/m^2 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (50 W/m^2) เนื่องจากมีสัดส่วนพื้นที่กระจกค่อนข้างสูง และผนังส่วนใหญ่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนที่ไม่สูงมาก ส่วนหลังคามีค่า RTTV เท่ากับ 61.84 W/m^2 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก (15 W/m^2) เนื่องจากหลังคาคอนกรีตในพื้นที่ปรับอากาศบางส่วน ไม่มีการติดตั้งฉนวนบนฝ้าเพดาน จึงมีปริมาณการส่งผ่านความร้อนมาก

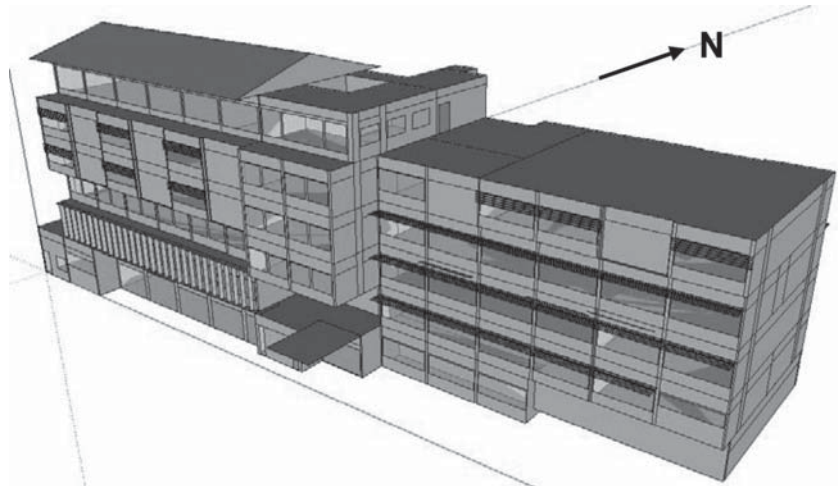


Building OTTV / RTTV Results								
Building Name	Type	Code OTTV [W/m²]	OTTV [W/m²]	OTTV Status	Code RTTV [W/m²]	RTTV [W/m²]	RTTV Status	
Test-Building-1	1	50.00	40.73	Passed	15.00	9.06	Passed	
Test-Building-1	2	40.00	40.01	Failed	12.00	9.13	Passed	

ภาพที่ 11: ข้อมูลแสดงผลการคำนวณค่า OTTV / RTTV



ภาพที่ 12: (ซ้าย) การตั้งค่าแถบสีที่ใช้แสดงปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกรอบอาคารในส่วนของผนังและหลังคา และ (ขวา) แถบสีที่แสดงบนตัวอาคาร และ ค่า RTTV ของหลังคา



ภาพที่ 13: การจำลองอาคารสถานศึกษา ในโปรแกรม OpenStudio

12. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาโปรแกรมเสริมของ Google SketchUp เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม OpenStudio ผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม Plugin-OTTV โดยเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม BEC 1.0.5 พบว่าค่า OTTV/RTTV ที่คำนวณได้มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก (คลาดเคลื่อน $\pm 0.86\%$) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศของอาคารจริง โดยมีข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาเพิ่มเติมดังนี้

1. ผู้ใช้โปรแกรมบางครั้งอาจใส่ค่าความหนาของวัสดุในแต่ละชั้นที่ประกอบขึ้นเป็นผนัง / หลังคา ไม่ถูกต้อง ซึ่งมีผลต่อค่า OTTV / RTTV ที่คำนวณได้ ดังนั้น การพัฒนาขั้นต่อไป ควรให้มีภาพความหนาของชั้นวัสดุตามมาตรฐานที่เป็นจริงประกอบ เพื่อลดข้อผิดพลาดในส่วนนี้
2. ในกรณีที่ผลการประเมินระบบปรับอากาศไม่ผ่านตามเกณฑ์กฎหมาย ผู้ออกแบบอาจปรับปรุงแก้ไขโดยการลดขนาดพื้นที่ช่องแสง กรณีอาคารที่มีช่องแสงจำนวนมาก จะต้องใช้เวลานานในการปรับแก้ไขแบบจำลอง การพัฒนาต่อไปจึงควรสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการปรับเปลี่ยนขนาดของช่องแสงที่สะดวกขึ้น เช่น ผู้ใช้โปรแกรมสามารถกำหนดขนาดพื้นที่ช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์ และ วิธีการปรับแก้ไขรูปร่างของช่องแสง เช่น โดยการลดความสูง หรือ ความกว้าง ของหน้าต่าง โดยโปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนขนาดให้ได้โดยอัตโนมัติ
3. พัฒนาการแสดงผลในไฟล์ Spreadsheet ให้มีการแสดงผลเป็นแผนภูมิประกอบ เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์เปรียบเทียบ



4. ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใส่ข้อมูลอุปกรณ์บังแดดได้สะดวกขึ้น และ ลดข้อจำกัดของจำนวนอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการคำนวณค่า SC ซึ่งปัจจุบันคำนวณได้มากที่สุด 10 ชิ้น ต่อหนึ่งหน้าต่าง

5. โปรแกรม Plugin-OTTV นี้ สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม OpenStudio เพื่อหาการใช้พลังงานของอาคารได้ จึงควรที่จะพัฒนาเพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบทราบว่า การปรับปรุงระบบรอบอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ตามกฎหมายนั้น ควรจะปรับปรุงด้วยวิธีการใด จึงจะมีความคุ้มค่าในการลงทุน เช่น พัฒนาโปรแกรมให้สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายที่เพิ่มในการปรับปรุงรอบอาคาร ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศที่สามารถประหยัดได้ และระยะเวลาในการคืนทุน เป็นต้น

อนึ่งบทความนี้ได้นำเสนอแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV ทั้งนี้การพัฒนาโปรแกรมโดยการใช้ Open Source Code ของโปรแกรม OpenStudio จะต้องมีส่วนขั้นตอนการดำเนินงานในการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติม เพื่อให้สอดคล้องกับเอกสารลิขสิทธิ์ เกี่ยวกับการใช้ Open Source Code ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษานี้ ขอขอบคุณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ในการเผยแพร่โปรแกรม BEC 1.0.5 และจัดฝึกอบรมการใช้โปรแกรม BEC 1.0.5 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลและความรู้ที่สำคัญในการพัฒนาโปรแกรม Plugin-OTTV นี้ ขอขอบคุณผู้พัฒนาโปรแกรม OpenStudio รวมทั้งหน่วยงานที่ได้สนับสนุนในด้านการพัฒนาโปรแกรม OpenStudio ในลักษณะของ Open Source Code ที่ได้นำมาพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV/RTTV ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์ และ รองศาสตราจารย์ จิตติพัฒน์ ประทานทรัพย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโปรแกรม และ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พัฒนะ รักความสุข อาจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล อาจารย์ ดร.ทศพล เขตเจนการ และ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโปรแกรม BEC 1.0.5ทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม BEC 1.0.5

เอกสารอ้างอิง

¹ “กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552” ใน **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 126, ตอนที่ 12 (20 กุมภาพันธ์) หน้า 9-15. 2552.

² Chirarattananon, S., Rakwamsuk, P., Hien, V. D., Taweekun, J., Mettanant, V. (2004). “Development of a Building Energy Code for New Buildings in Thailand.” **The Joint International Conference on Sustainable Energy**



- and Environment (SEE), Hua Hin, Thailand, 1-3 December, pp. 859-867.
- ³ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **Building Energy Code (BEC 1.0.5)** [โปรแกรมคอมพิวเตอร์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.2e-building.com/detail.php?id=32>. 2554.
- ⁴ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. คู่มือ โปรแกรม Building Energy Code (BEC) การตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย. 2553.
- ⁵ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. “คู่มือ มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง” เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจสอบประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง เพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย. 2553.
- ⁶ U.S. Department of Energy. **Legacy Open-Studio Plug-in for Google SketchUp**. 2011. Accessed December 15. Available from <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/openstudio.cfm>.
- ⁷ U.S. Department of Energy. **EnergyPlus**. 2011. Accessed 15 December. Available from <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- ⁸ Ellis, P. G., Torcellini, P. A., and Crawley, D. B. **Energy Design Plugin: An EnergyPlus Plugin for SketchUp**. 2008. Proceedings of the Third National Conference of IBPSA-USA, Berkeley, California, July 30 – August 1, pp. 238-245.
- ⁹ U.S. Department of Energy. **Getting Started with EnergyPlus: Basic Concepts Manual-Essential Information You Need about Running EnergyPlus**. 2011.
- ¹⁰ **About Ruby**. Accessed 1 December 2012. Available from <http://www.ruby-lang.org/en/about/>.
- ¹¹ U.S. Department of Energy. **Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output**. 2011.
- ¹² U.S. Department of Energy. **Output Details and Examples: EnergyPlus Outputs, Example Inputs and Data Set Files**. 2011. pp. 51.
- ¹³ กระทรวงพลังงาน. “ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552.” 14 กรกฎาคม 2552.

A Development of a Google SketchUp Plugin as a Tool for Calculating OTTV/RTTV for Thailand

Assistance Professor Prechaya Mahattanatawe, Ph.D.

Tayagorn Charuchaimontri, Ph.D.

Nond Khuncumchoo, Ph.D.

Department of Architectural Technology
Faculty of Architecture, Silpakorn University

Abstract

This developed program is a plugin for Google SketchUp. The program is able to utilize data from "OpenStudio" to calculate OTTV/RTTV values adhere to the law imposed in 2009. The developed program allows users to obtain results of OTTV/RTTV and building energy consumption in terms of numerical values and results represented in graphic, such as color shade rendering on surfaces of a building model indicating amount of heat transfer. Understanding the impact of OTTV/RTTV on energy consumption at the initial stages of a project, will enable architects to design building enclosures with better energy performance. This paper presents methods used to develop this software, results of software verifications, real world application, and software development plan for more software efficiency.



ฉบับที่ 26 ประจำปีการศึกษา 2554 409





410

